

# Сверхбыстрые лазеры

для промышленных и  
научных применений



25  
ЛЕТ

В ОБЛАСТИ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ  
РЕШЕНИЙ

# Сверхбыстрые лазеры для промышленных и научных применений



## Что мы делаем

Мы являемся мировым лидером в производстве сверхбыстрых перестраиваемых источников света, основанных на оптических параметрических усилителях (OPA) серии TOPAS и ORPHEUS, а также твердотельных фемтосекундных лазерах с диодной накачкой (DPSS) серии PHAROS и CARBIDE. Система PHAROS, являющаяся самой универсальной лазерной системой, представленной на рынке, и ультракомпактный и экономически эффективный лазер CARBIDE имеют лучшие выходные характеристики наряду с надежной конструкцией, что привлекает большое количество пользователей, как из промышленных областей, так и из научных сфер деятельности.

Благодаря тому, что крупные промышленные предприятия работают в таких областях производства, как производство дисплеев, автомобильная промышленность, медицинское оборудование и LED дисплеи, надежность лазерных систем PHAROS и CARBIDE была подтверждена приобретением и установкой сотен систем по всему миру, работающих в режиме 24/7. Наши лазеры, в основном, используются для сверления и резки таких материалов, как металлы, керамика, сапфир, стека, а также для абляции в масс-спектрометрии. Однако наши клиенты постоянно находят новые области применения и пути развития для лазерных систем PHAROS и CARBIDE, чтобы сделать существующие технологические процессы еще более эффективными. В дополнение к нашим лазерным усилителям мы предлагаем широкий ассортимент фемтосекундной продукции: модули гармоник (с доступом излучения на 515 нм, 343 нм, 257 нм и 206 нм), ОПУ (обеспечивающие непрерывный диапазон перестройки от 190 нм до 20 мкм), спектрометры HARPIA, автокоррелятора TiPA и GECO. Вся продукция может быть подстроена под Ваши задачи, предоставляя Вам возможность анализа наиболее интересных областей.

## Кто мы такие

Компания Light Conversion (оригинальное название UAB MGF «Šviesos konversija»), основанная в 1994 году, – это частная компания с более чем 200 сотрудниками. Основное производство занимает площадь более 6500 м<sup>2</sup> и включает в себя отделы разработки, проектирования, производства и продаж – то есть, все ключевые этапы создания лазерных систем сосредоточены в одном месте.

С более чем 3000 систем, установленных по всему миру, компания Light Conversion зарекомендовала себя как инновационный разработчик оптических устройств и крупнейший производитель фемтосекундных оптических параметрических усилителей (ОПУ) и неколлинеарных ОПУ. В дополнение к широкой дистрибьютерской сети, мы также предлагаем OEM решения для любых компаний, занимающихся производством систем на основе лазерного оборудования.

## Сверхбыстрые лазеры

	<b>ЛАЗЕРЫ</b>	<b>4</b>
<b>PHAROS</b>	Высокомощная фемтосекундная лазерная система	4
	Автоматизированный генератор гармоник	7
<b>CARBIDE</b>	Промышленный оптический параметрический усилитель	8
	Фемтосекундный лазер для промышленных и медицинских применений	10
	Автоматизированный генератор гармоник	13
	Примеры применения	14
	<b>ГЕНЕРАТОРЫ</b>	<b>20</b>
<b>FLINT</b>	Сверхбыстрый иттербиевый генератор	20

## Исследовательские приборы

	<b>ГЕНЕРАТОРЫ ГАРМОНИК</b>	<b>22</b>
<b>HIRO</b>	Генератор гармоник	22
<b>SHBC</b>	Компрессор для второй гармоники	24
	<b>ОПТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ</b>	<b>26</b>
<b>ORPHEUS</b>	Коллинеарный оптический параметрический усилитель	26
<b>ORPHEUS-HP</b>	Высокомощный оптический параметрический усилитель	28
<b>ORPHEUS-F</b>	Широкополосный оптический параметрический усилитель	30
<b>ORPHEUS-N</b>	Неколлинеарный оптический параметрический усилитель	32
<b>ORPHEUS-HE</b>	Высокоэнергетический оптический параметрический усилитель	34
<b>ORPHEUS-TWINS</b>	Два независимых перестраиваемых оптических параметрических усилителя	36
<b>ORPHEUS-PS</b>	Узкополосный оптический параметрический усилитель	38
	<b>ПРИБОРЫ СЕРИИ TOPAS</b>	<b>39</b>
<b>TOPAS</b>	Оптический параметрический усилитель для титан-сапфировых лазеров	39
<b>NIRUVIS</b>	Смеситель частоты	40
	<b>ПРИБОРЫ СЕРИИ ОРСПА</b>	<b>42</b>
<b>ОРСПА-HE</b>	ОРСПА системы с высокой энергией накачки	43
<b>ОРСПА-HR</b>	Высокочастотные ОРСПА системы	44
	<b>СПЕКТРОМЕТРЫ</b>	<b>46</b>
<b>HARPIA-TA</b>	Сверхбыстрый спектрометр переходного поглощения	46
<b>HARPIA</b>	Расширенные спектроскопические системы	48
<b>HARPIA-TF</b>	Расширение для фемтосекундной флуоресцентной ап-конверсии и TCSPC	50
<b>HARPIA-TB</b>	Расширение для получения третьего сканирующего луча	52
<b>HARPIA Software</b>	Программное обеспечение анализа полученных данных спектроскопии	54
	<b>АВТОКОРРЕЛЯТОРЫ</b>	<b>56</b>
<b>GECO</b>	Сканирующий автокоррелятор	56
<b>TIPA</b>	Одноточечный автокоррелятор	58

new

new

new

new

# PHAROS

## Мощная фемтосекундная лазерная система



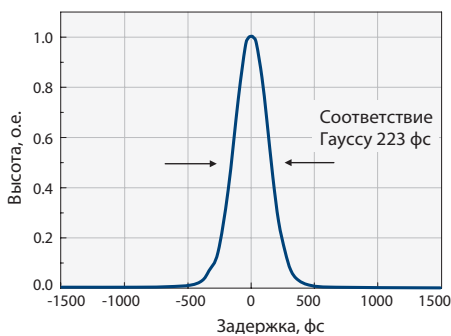
### ОСОБЕННОСТИ

- Перестраиваемая длительность импульса 190 фс – 10 пс
- Энергия импульса до 2 мДж
- Средняя мощность до 20 Вт
- Диапазон изменения частоты следования импульсов 1 кГц – 1 МГц
- Встроенный селектор импульсов для работы в переменном импульсном режиме
- Прочная конструкция для промышленных применений
- Автоматические преобразователи частоты (515 нм, 343 нм, 257 нм, 206 нм)
- Опция стабилизации фазы несущей частоты (СЕР)
- Возможность синхронизации с внешним оборудованием

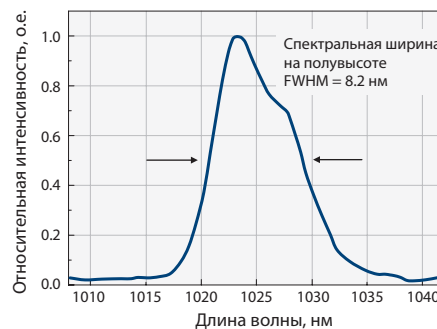
PHAROS представляет собой интегрированную фемтосекундную лазерную систему, сочетающую в себе импульсы с энергией нескольких миллиджоулей и высокой средней мощностью. Механическая конструкция и оптическая схема PHAROS оптимизированы под промышленное производство, например точную механическую обработку. Обладая самыми компактными размерами среди конкурентов, встроенной системой температурной стабилизации и герметичной конструкцией, PHAROS может встраиваться в промышленные системы обработки материалов. Использование твердотельных лазерных диодов для накачки кристалла Yb (иттербий) значительно снижает затраты на техническое обслуживание и увеличивает срок службы лазерной системы. Большинство выходных параметров фемтосекундной лазерной системы PHAROS можно регулировать с помощью пульта управления или ПК, за считанные секунды настроив лазер для работы в конкретной области применения.

Регулируемость выходных параметров позволяет использовать фемтосекундную систему PHAROS в тех областях, где обычно требуются лазеры разных классов.

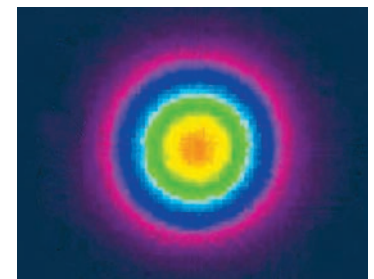
Настраиваемые параметры: длительность импульса (190 фс - 10 пс), частота следования импульсов (от единичного импульса до 1 МГц), энергия импульса (до 2 мДж) и средняя мощность (до 20 Вт). Выходной мощности достаточно для обработки на высокой скорости большинства материалов. Фемтосекундная система PHAROS поставляется с расширенным пакетом программ для надежной автоматической работы и интеграции в разные системы обработки материалов. В PHAROS применяется стандартная методика усиления chirпированного импульса, которая включает в себя модуль осциллятора, регенеративного усилителя и импульсного расширителя/компрессора.



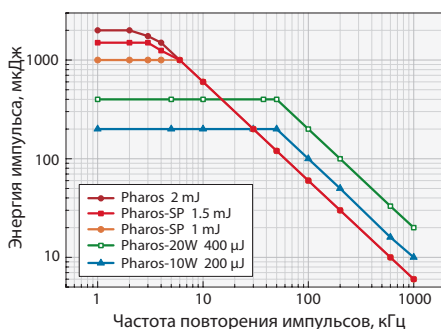
Длительность импульса системы PHAROS



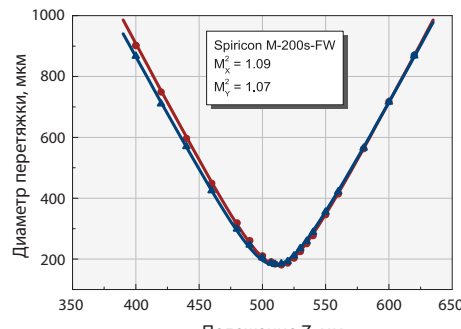
Спектр излучения системы PHAROS



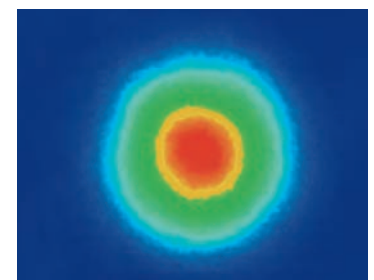
Типичный профиль пучка системы PHAROS в дальнем поле при частоте следования импульса 200 кГц



Энергия импульса в зависимости от частоты повторения импульсов



Типичные данные измеренного M<sup>2</sup> системы PHAROS



Типичный профиль пучка системы PHAROS в ближнем поле при частоте следования импульсов 200 кГц

**ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ**

Модель	PH1-10	PH1-15	PH1-20	PH1-SP-1mJ	PH1-SP-1.5mJ	PH1-SP-10W	PH1-2mJ
Средняя мощность	10 Вт	15 Вт	20 Вт	6 Вт		10 Вт	6 Вт
Длительность импульса	< 290 фс			< 190 фс			< 300 фс
Диапазон изменения длительности импульса	290 фс – 10 пс (20 пс по запросу)			190 фс – 10 пс (20 пс по запросу)			300 фс – 10 пс
Энергия импульса	> 0.2 мДж / > 0.4 мДж			> 1 мДж	> 1.5 мДж	> 1 мДж	> 2 мДж
Качество пучка	TEM <sub>00</sub> ; M <sup>2</sup> < 1.2			TEM <sub>00</sub> ; M <sup>2</sup> < 1.3			
Частота следования импульсов	1 кГц – 1 МГц <sup>1)</sup>						
Вывод импульсов	Единый импульс, «импульс-по-требованию», любое базовое деление по частоте						
Длина волны излучения	1028 нм ± 5 нм						
Стабильность от импульса к импульсу	СКО < 0.5% на протяжении 24 часов <sup>2)</sup>						
Стабильность мощности	< 0.5% на протяжении 100 часов						
Контраст пред-импульса	< 1 : 1000						
Контраст пост-импульса	< 1 : 200						
Поляризация	Линейная, горизонтальная						
Стабильность наведения луча	< 20 мкрад/°С						
Выход для осциллятора	Опционально (см. характеристики системы FLINT ниже)						
Режим пачки импульсов							

**ГАБАРИТЫ**

Лазерная головка	670 (Д) × 360 (Ш) × 212 (В) мм <sup>3)</sup>
Стойка для источника питания и охлаждения	642 (Д) × 553 (Ш) × 673 (В) мм

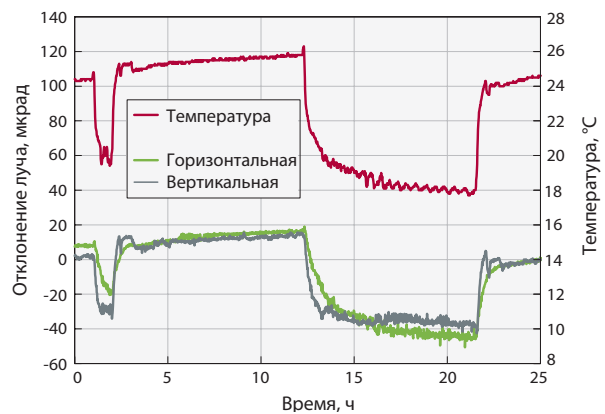
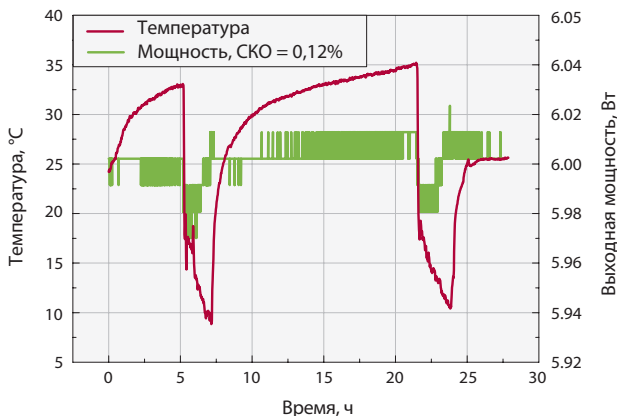
**ТРЕБОВАНИЯ К ВНЕШНИМ УСЛОВИЯМ**

Электропитание	110 В переменного тока, 50-60 Гц, 20 А или 220 В переменного тока, 50-60 Гц, 10 А
Температура в помещении	15-30 °С (рекомендуется кондиционирование воздуха)
Относительная влажность	< 80 % (без конденсата)

<sup>1)</sup> Некоторые отдельные частоты повторения импульсов отклоняются программным обеспечением в виду конструкции системы.

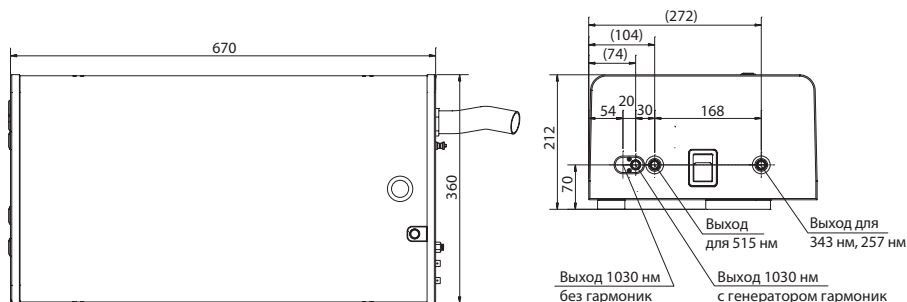
<sup>2)</sup> При нормальных внешних условиях.

<sup>3)</sup> Габаритные размеры могут увеличиться при создании лазера с нестандартными характеристиками.



Значение выходной мощности лазерной системы PHAROS с удержанием мощности при нестабильных внешних условиях

Чертеж лазера PHAROS



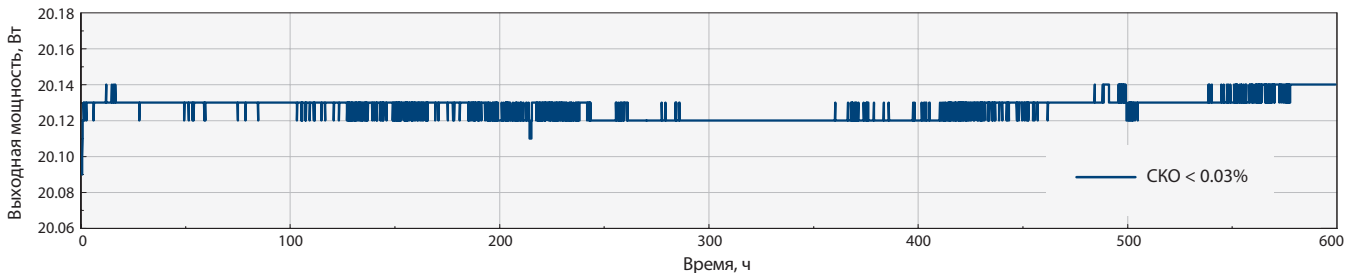
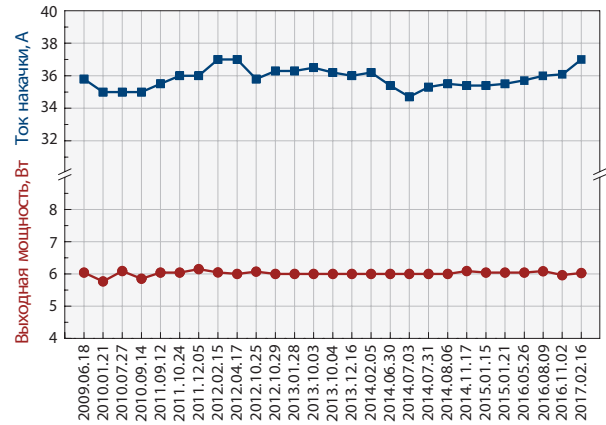
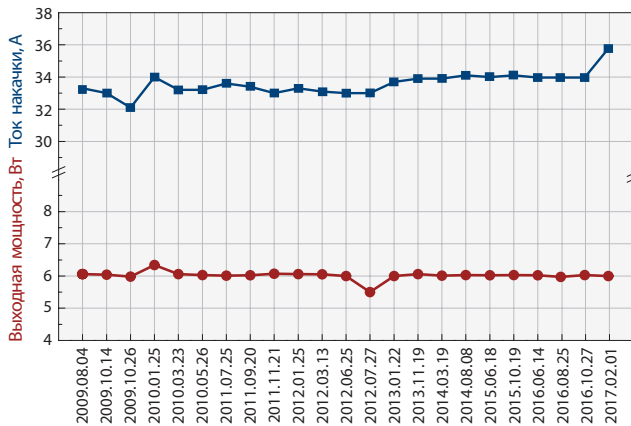
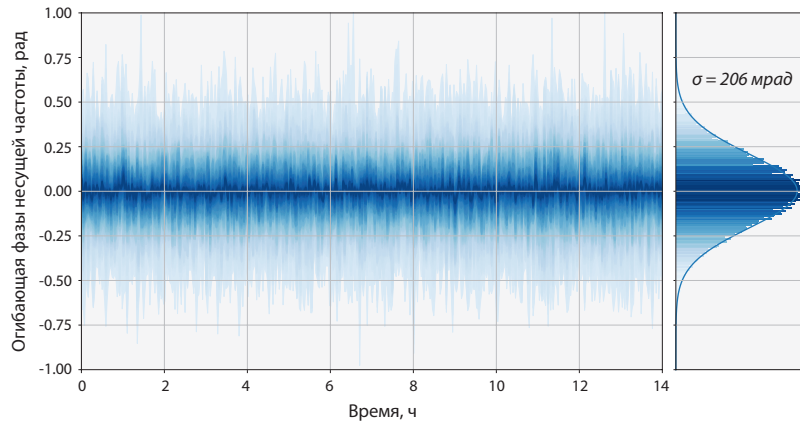


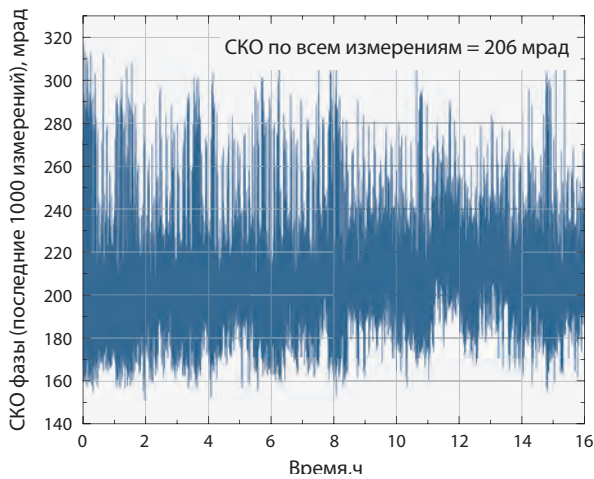
График долговременной стабильности системы PHAROS



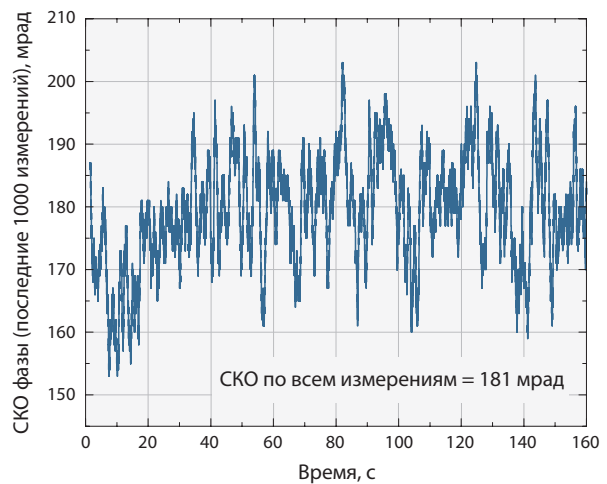
Выходная мощность промышленных систем PHAROS, работающих в режиме 24/7 и значение тока накачки на диодах с течением времени



Огибающая фазы несущей частоты (СЕР) на протяжении длительного периода времени при активированной фазовой стабилизации системы



Стабильность СЕР на протяжении длительного периода времени



Стабильность СЕР на протяжении короткого периода времени

Стабильность СЕР лазера PHAROS, когда он изолирован от всех существенных источников шума – вибрации пола, акустические шумы, воздушные потоки, электромагнитные помехи. Система позволяет получать СКО стабильности СЕР менее 300 мрад на протяжении > 8 часов и менее 200 мрад на протяжении < 5 мин.

# PHAROS

## Автоматизированный генератор гармоник



### ОСОБЕННОСТИ

- Гармоники 515 нм, 343 нм, 257 нм, 206 нм
- Выбор выходного излучения с помощью программы
- Крепится непосредственно на лазерную головку внутри корпуса системы
- Прочный дизайн для промышленных применений

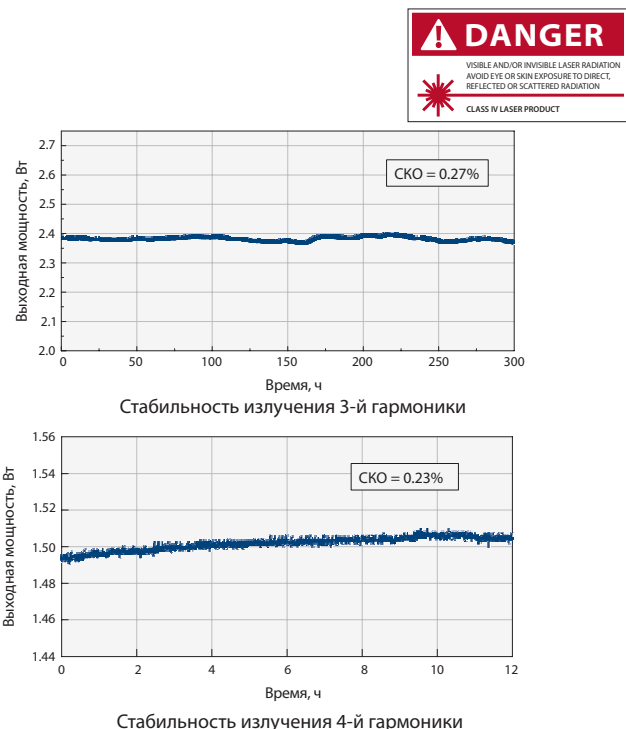
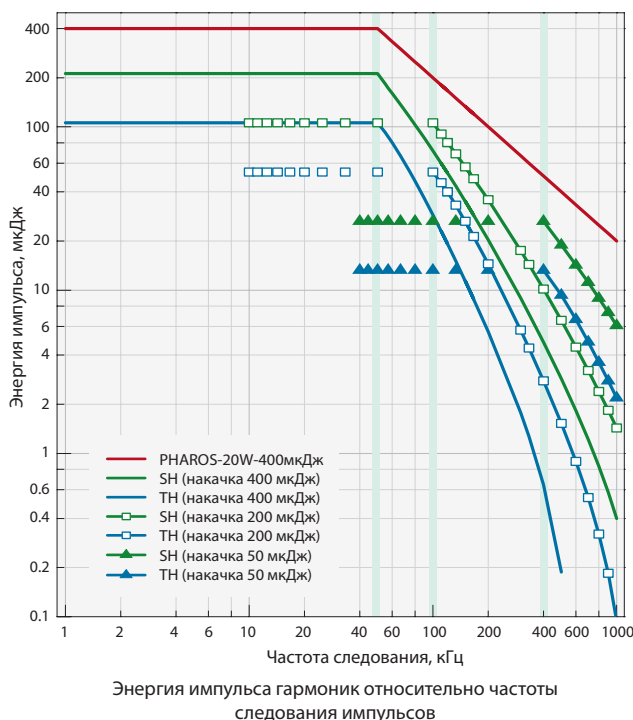
Лазерная система PHAROS может быть оснащена автоматизированным генератором гармоник. Выбор длины волны на соответствующей гармонике (1030 нм, 515 нм, 343 нм, 257 нм, 206 нм) осуществляется с помощью программного обеспечения. Данный генератор гармоник используется в тех областях, где необходима одна длина волны. Данный генератор гармоник встраивается непосредственно в саму лазерную систему.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ

Модель	2Н	2Н-3Н	2Н-4Н	4Н-5Н
Выходная длина волны (автоматический выбор)	1030 нм 515 нм	1030 нм 515 нм 343 нм	1030 нм 515 нм 257 нм	1030 нм 257 нм 206 нм
Входная энергия импульса	20 – 2000 мкДж	50 – 1000 мкДж	20 – 1000 мкДж	200 – 1000 мкДж
Длительность импульса накачки	190 – 300 фс			
Эффективность преобразования	> 50 % (2Н)	> 50 % (2Н) > 25 % (3Н)	> 50 % (2Н) > 10 % (4Н) <sup>1)</sup>	> 10 % (4Н) <sup>1)</sup> > 5 % (5Н) <sup>2)</sup>
Качество пучка (M <sup>2</sup> ) при энергии накачки ≤ 400 мкДж	< 1.3 (2Н), типовое < 1.15	< 1.3 (2Н), типовое < 1.15 < 1.4 (3Н), типовое < 1.2	< 1.3 (2Н), типовое < 1.15 Нет данных (4Н)	Нет данных
Качество пучка (M <sup>2</sup> ) при энергии накачки > 400 мкДж	< 1.4 (2Н)	< 1.4 (2Н) < 1.5 (3Н)	< 1.4 (2Н) Нет данных (4Н)	Нет данных

<sup>1)</sup> Максимальная выходная мощность 1 Вт.

<sup>2)</sup> Максимальная выходная мощность 0,15 Вт.





# PHAROS

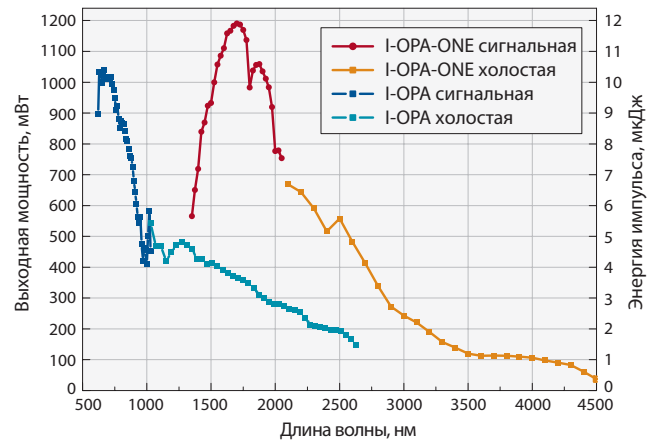
## Промышленный оптический параметрический усилитель



### ОСОБЕННОСТИ

- Основан на проверенных опытом моделях ORPHEUS
- Смена длины волны вручную
- Промышленный дизайн гарантирует долгую и стабильную работу
- Занимает очень мало места
- Доступны конфигурации с короткой длительностью импульса или ограниченной шириной линии
- Опция CEP стабилизации

I-OPA представляет собой оптический параметрический усилитель (OPA) континуума белого света, накачиваемый лазером PHAROS. Данный усилитель предназначен для генерации стабильного излучения без лишних внешних воздействий со стороны оператора. Регулируемый вручную диапазон перестройки расширяет возможности его использования, заменяя одним устройством несколько лазеров. Сравнивая данный усилитель с другими усилителями серии ORPHEUS можно отметить, что ему не достаёт компьютерного контроля по выбору длины волны, а с другой стороны, встроенный в конструкцию самого лазера данный узел механически стабилен и исключает эффекты воздействия турбулентности в атмосфере, обеспечивая стабильную работу и минимизируя флуктуации энергии.



Кривые перестройки усилителя модели I-OPA.  
Параметры накачки: система PHAROS-10W, 100 мкДж, 100 кГц

### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА МОДЕЛЕЙ I-OPA

Модель	I-OPA	I-OPA-F	I-OPA-ONE
Основа системы	ORPHEUS	ORPHEUS-F	ORPHEUS-ONE
Энергия накачки	10 – 500 мкДж	10 – 500 мкДж	20 – 1000 мкДж
Частота следования импульсов	До 1 МГц		
Диапазон перестройки (сигнальная)	630 – 1030 нм	650 – 900 нм	1350 – 2060 нм
Диапазон перестройки (холостая)	1030 – 2600 нм	1200 – 2500 нм	2060 – 4500 нм
Эффективность преобразования (холостая + сигнальная)	> 12% при энергии накачки 20 – 500 мкДж > 6% при энергии накачки 10 – 20 мкДж	> 10 %	> 14% при энергии накачки 30 – 1000 мкДж > 10% при энергии накачки 20 – 30 мкДж
Стабильность энергии импульса СКО <2% за 1 мин <sup>1)</sup>	80 – 150 см <sup>-1</sup> на 700 – 960 нм при накачке с помощью PHAROS 100 – 220 см <sup>-1</sup> на 700 – 960 нм при накачке с помощью PHAROS-SP	200 – 750 см <sup>-1</sup> на 650 – 900 нм 150 – 500 см <sup>-1</sup> на 1200 – 2000 нм	60 – 150 см <sup>-1</sup> на 1450 – 2000 нм
Длительность импульса <sup>2)</sup>	130 – 290 фс при накачке с помощью PHAROS 120 – 190 фс при накачке с помощью PHAROS-SP	< 55 фс на 800 – 900 нм < 70 фс на 650 – 800 нм < 100 фс на 1200 – 2000 нм	200 – 300 фс
Сферы применения	Микромашининг Микроскопия Спектроскопия	Нелинейная микроскопия Сверхбыстрая спектроскопия	Микромашининг Генерация среднего ИК

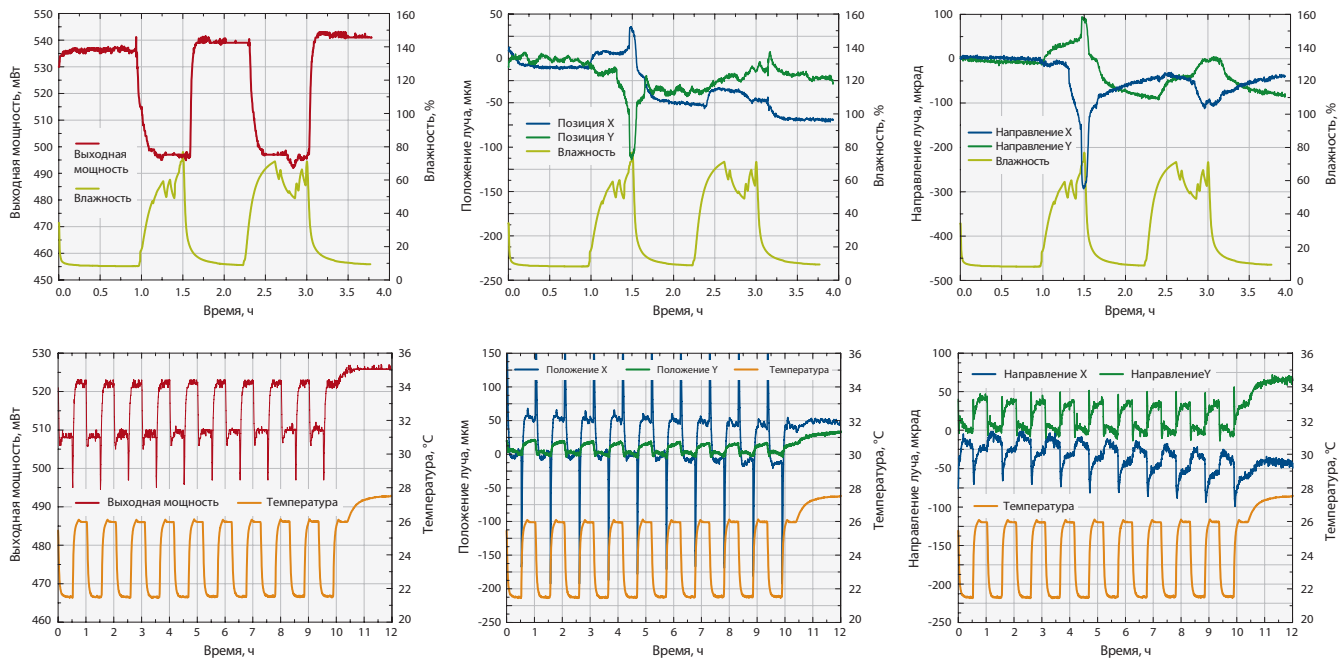
<sup>1)</sup> Импульсы с широкой полосой на выходе i-OPA-F сжимаются внешне.

<sup>2)</sup> Длительность импульса зависит от длины волны и длительности импульса накачки.

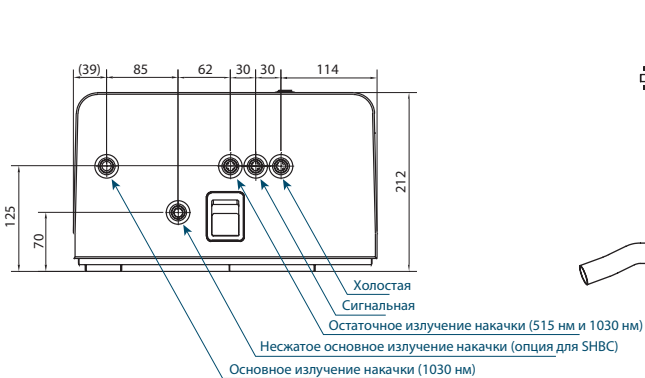
**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА С ДРУГИМИ ФЕМТОСЕКУНДНЫМИ И ПИКОСЕКУНДНЫМИ ЛАЗЕРАМИ**

Лазер	Наше решение	HG или HIRO	I-OPA-F	I-OPA-ONE
Энергия импульса при 100 кГц (использовался PHAROS-10W)				
Эксимерный лазер (193 нм, 213 нм)	5-ая гармоника PHAROS (205 нм)	5 мкДж	–	–
3-я гармоника Ti:Sapphire (266 нм)	4-ая гармоника PHAROS (257 нм)	10 мкДж	–	–
3-я гармоника Nd:YAG (355 нм)	3-я гармоника PHAROS (343 нм)	25 мкДж	–	–
2-ая гармоника Nd:YAG (532 нм)	2-ая гармоника PHAROS (515 нм)	50 мкДж	35 мкДж	–
Ti:Sapphire (800 нм)	Излучение из OPA (750 – 850 нм)	–	10 мкДж	–
Nd:YAG (1064 нм)	Излучение из PHAROS (1030 нм)	–	100 мкДж	–
Cr:Forsterite (1240 нм)	Излучение из OPA (1200 – 1300 нм)	–	5 мкДж	–
Erbium (1560 нм)	Излучение из OPA (1500 – 1600 нм)	–	3 мкДж	15 мкДж
Thulium / Holmium (1.95 – 2.15 мкм)	Излучение из OPA (1900 – 2200 нм)	–	2 мкДж	10 мкДж
Другие системы (2.5 – 4.0 мкм)	Излучение из OPA	–	–	1 – 5 мкДж

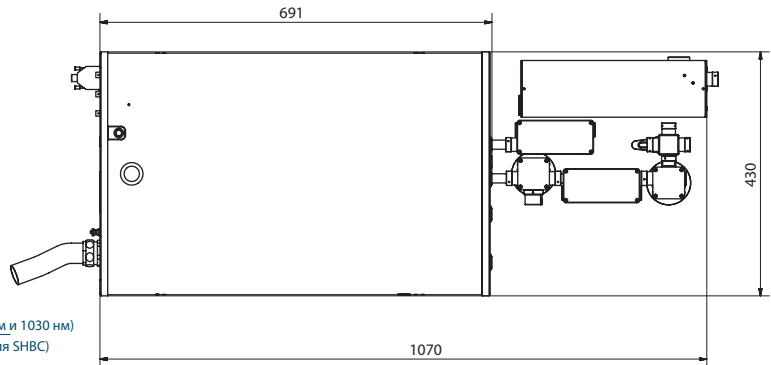
Значение энергии импульса линейно в широком диапазоне параметров усиления. Например, при использовании PHAROS-20W с частотой 50 кГц (энергия 400 мкДж), значение выходной мощности увеличится в два раза, энергии импульса в 4 раза по сравнению с данными, приведенными в таблице. Длительность импульса менее 300 фс во всех случаях. Диапазон перестройки OPA не ограничивается значениями, указанными в таблице.



Графики изменения и флуктуации выходной мощности и точности наведения луча модулей I-OPA при жестких внешних условиях (циклические изменения влажности и температуры)



Лазерная система PHAROS с выходными портами модуля I-OPA



Лазерная система PHAROS с модулем I-OPA-F и внешними компрессорами



СВЕРХБЫСТРЫЕ ЛАЗЕРЫ

ГЕНЕРАТОРЫ

ГЕНЕРАТОРЫ ГАРМОНИК

ОПТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ

СПЕКТРОМЕТРЫ

АВТОКОРРЕЛЯТОРЫ

# CARBIDE

## Фемтосекундный лазер для промышленных и медицинских применений



### ОСОБЕННОСТИ

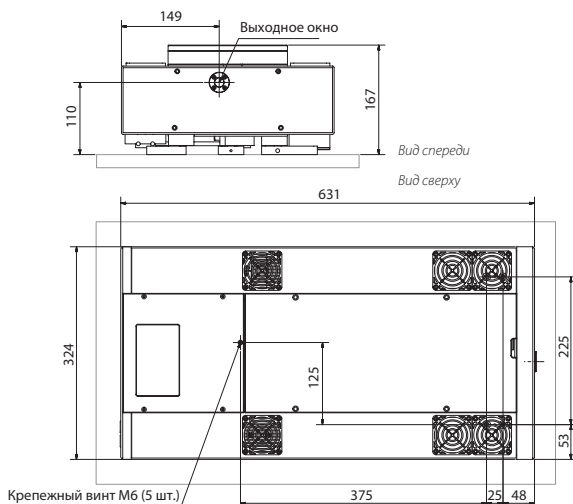
- Регулируемая длительность импульса 290 фс - 10 пс
- Энергия импульса более 400 мкДж
- Выходная мощность более 40 Вт
- Частота следования импульсов 60 - 1000 кГц
- Оснащен селектором импульсов для задания количества выходных импульсов
- Надежная конструкция для промышленных применений
- Воздушное или водяное охлаждение
- Автоматический генератор гармоник (515 нм, 343 нм, 257 нм)
- Оптимизированный дизайн, повышающий гибкость интеграции в другие системы

Лазер генерирует одиночные импульсы высокого контраста ( $> 1:200$ ) с энергиями до 400 мкДж без каких-либо искажений по качеству пучка, а также обладает высокой надежностью и стабильностью выходных параметров вне зависимости от условий окружающей среды. Базовые частоты следования имеют возможность перестройки в непрерывном диапазоне 60 – 1000 кГц за счет интегрированного селектора импульсов, что позволяет осуществлять удобное управление. Дополнительно, с помощью ПО, может быть изменена длительность импульса в диапазоне 290 фс – 10 пс, сохраняя при этом превосходную стабильность выходной мощности с СКО не более 0.5%.

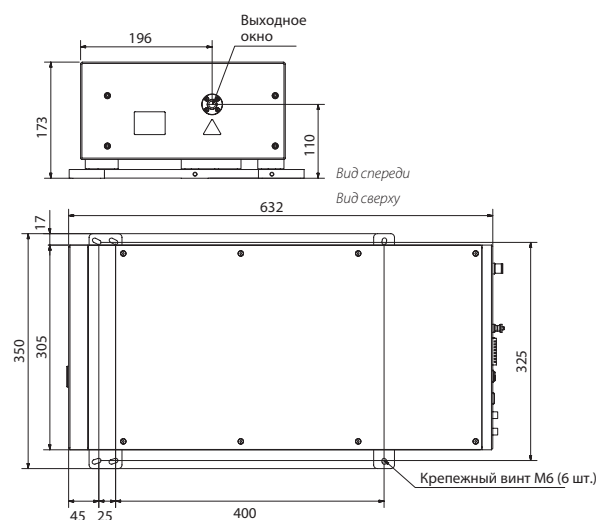
Единый монолитный блок лазерной головки позволяет сократить время ее прогрева. Лазер не требует никакого дополнительного обслуживания, а простой доступ к электрическим и большинству оптических компонентов

на месте конечного пользования позволяет с легкостью проводить их обновление.

Лазер CARBIDE по умолчанию поставляется со встроенным затвором, позволяющим проводить работу с лазерными источниками по требованиям класса d в соответствии с нормативом EN 13849-1. Благодаря встроенному микроконтроллеру управление лазером простое и осуществляется через стандартный пакет программного обеспечения. Кроме того, доступно большое количество пользовательских опций управления, например, когда лазер интегрируется в медицинское оборудование или промышленную систему для микрообработки. В дополнение, CARBIDE может быть оснащен рядом опциональных узлов: расширитель пучка, автоматизированный аттенуатор, генераторы гармоник или использоваться как источник накачки параметрических усилителей или ОРСПА систем сверхвысокой пиковой мощности.



Габаритный чертеж лазера CARBIDE с воздушным охлаждением



Габаритный чертеж лазера CARBIDE с водяным охлаждением

**ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Модель	CB5-05	CB5-04	CB3-40-200	CB3-40-400
<b>ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ</b>				
Охлаждение	Воздушное <sup>1)</sup>		Водяное	
Макс. средняя выходная мощность	> 5 Вт	> 4 Вт	> 40 Вт	
Длительность импульса	< 290 фс			
Диапазон изменения длительности импульса	290 фс – 10 пс			
Энергия импульса	> 85 мкДж	> 65 мкДж	> 200 мкДж	> 400 мкДж
Частота следования импульсов <sup>2)</sup>	60 – 1000 кГц		200 – 1000 кГц	100 – 1000 кГц
Выход импульсов	Единичный импульс, «импульс-по-требованию», любое базовое деление по частоте			
Длина волны излучения <sup>3)</sup>	1028 ± 5 нм			
Стабильность энергии от импульса к импульсу	СКО < 0.5% на протяжении 24 часов <sup>4)</sup>			
Стабильность выходной мощности	СКО < 0.5% на протяжении 100 часов			
Качество луча	TEM <sub>00</sub> ; M <sup>2</sup> < 1.2			
Селектор импульсов	встроенный	встроенный, АОМ <sup>5)</sup>	встроенный	
Утечка селектора импульсов	< 2 %	< 0.1 %	< 0.5 %	
Стабильность наведения луча	< 20 мкрад/°С			
<b>ТРЕБОВАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ</b>				
Рабочая температура	17 – 27 °С		15 – 30 °С	
Относительная влажность	< 65 % (не конденсированный воздух)		< 80 % (не конденсированный воздух)	
Напряжение питания	110 – 220 В, перем. ток, 50/60 Гц			
Потребляемая мощность	100 Вт		1.5 кВт	
<b>ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ</b>				
Габаритные размеры лазерной головки	631 (Д) × 324 (Ш) × 167 (В) мм		632 (Д) × 305 (Ш) × 173 (В) мм	
Габаритные размеры системы питания	220 (Д) × 95 (Ш) × 45 (В) мм		280 (Д) × 144 (Ш) × 49 (В) мм	
Габаритные размеры чиллера	–		590 (Д) × 484 (Ш) × 267 (В) мм	

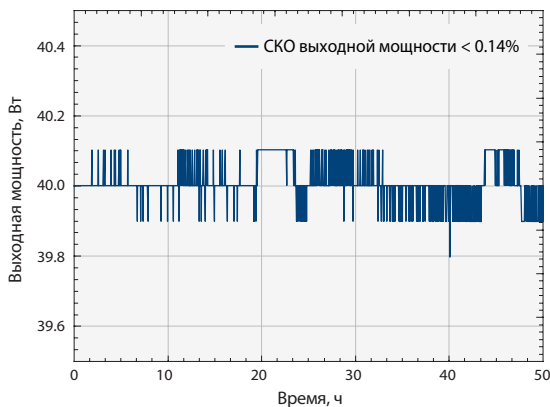
<sup>1)</sup> Водяное охлаждение доступно по запросу

<sup>2)</sup> Более низкие частоты следования доступны за счет контроля селектором импульсов

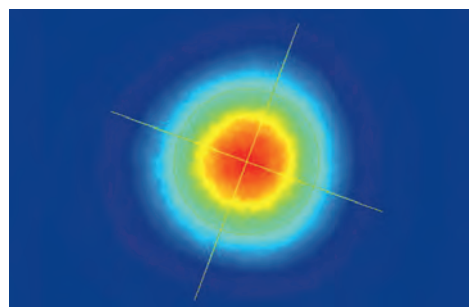
<sup>3)</sup> Доступен вывод излучения на второй (515 нм) и третьей (343 нм) гармониках

<sup>4)</sup> При нормальных внешних условиях

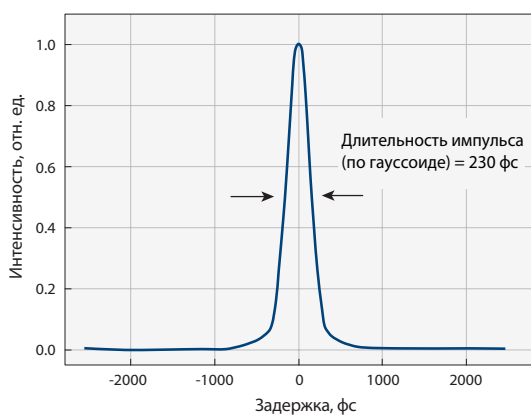
<sup>5)</sup> Обеспечивает быстрый контроль амплитуды выходной последовательности импульсов с помощью акустооптической модуляции



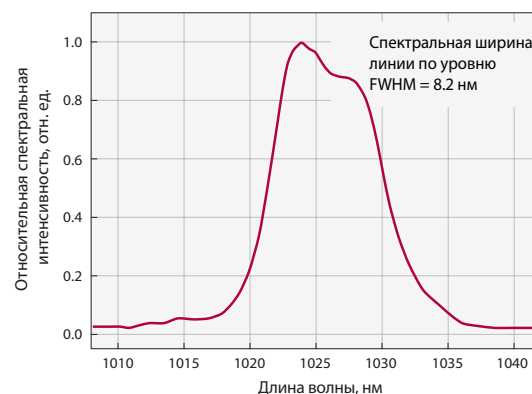
Долговременная стабильность мощности (версия с водяным охлаждением)



Типичный профиль луча лазера CARBIDE (версия с водяным охлаждением)



Длительность импульса лазера CARBIDE (версия с водяным охлаждением)



Спектр линии излучения лазера CARBIDE (версия с водяным охлаждением)

СВЕРХБЫСТРЫЕ ЛАЗЕРЫ

ГЕНЕРАТОРЫ

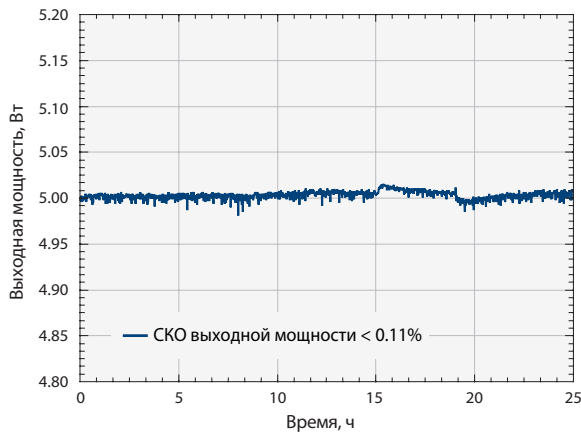
ГЕНЕРАТОРЫ ГАРМОНИК

ОПТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ

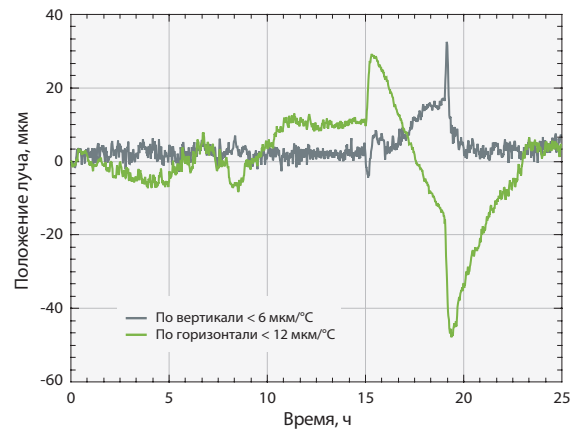
СПЕКТРОМЕТРЫ

АВТОКОРРЕЛЯТОРЫ

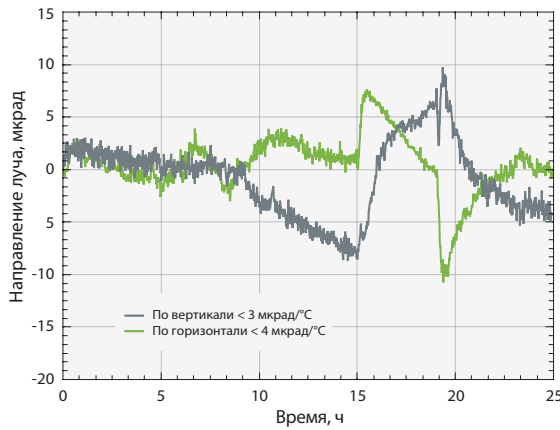
СТАБИЛЬНОСТЬ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРА CARBIDE С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ



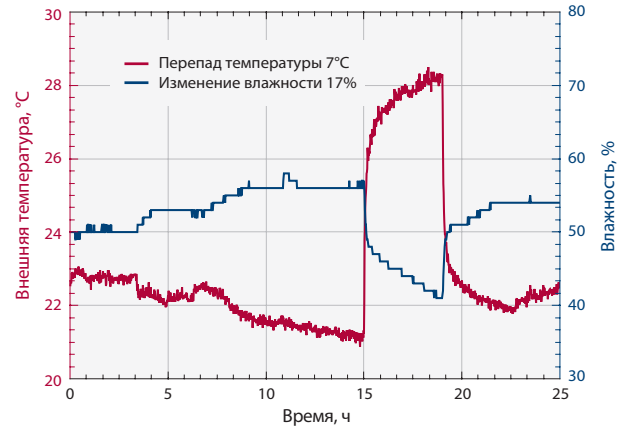
Стабильность выходной мощности при жестких внешних условиях (версия с воздушным охлаждением)



Точность позиционирования луча при жестких внешних условиях (версия с воздушным охлаждением)

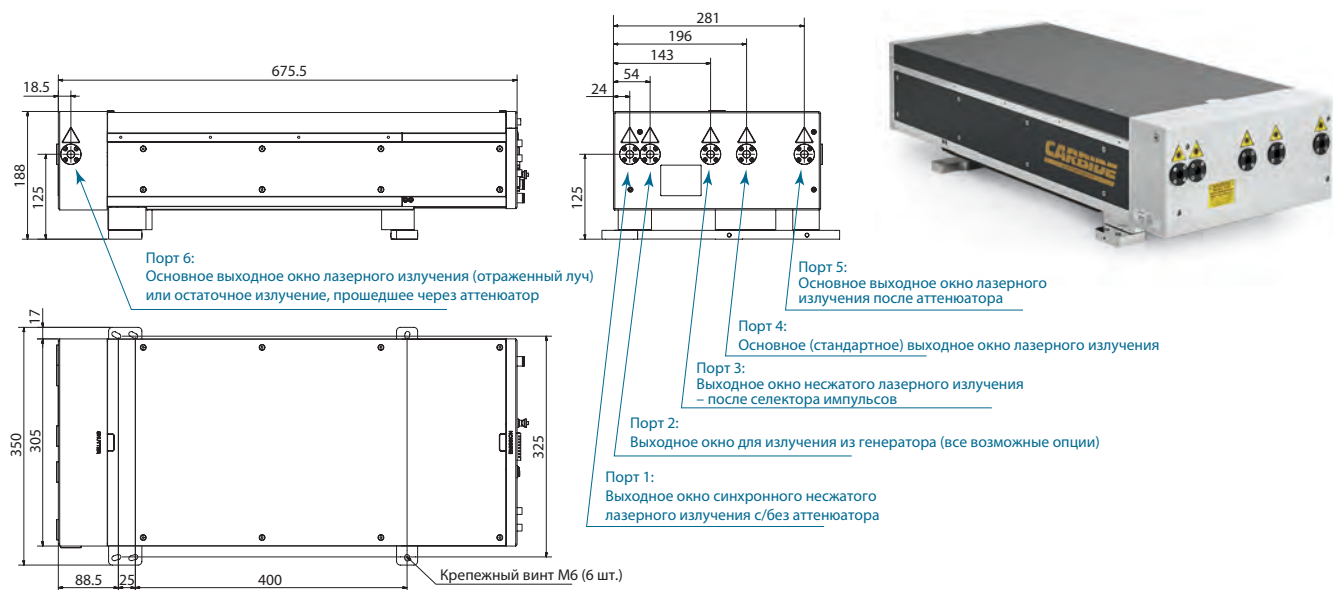


Точность наведения луча при жестких внешних условиях (версия с воздушным охлаждением)



Флуктуации параметров жестких внешних условий (версия с воздушным охлаждением)

ЛАЗЕР CARBIDE С ВОДЯНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ С ОПТИМИЗИРОВАННЫМ ДИЗАЙНОМ



Габаритные размеры лазера CARBIDE с оптимизированным дизайном

# CARBIDE

## Автоматизированный генератор гармоник



Лазер CARBIDE с воздушным охлаждением с генератором гармоник

Лазер CARBIDE может быть оснащен автоматизированным генератором гармоник. Выбор основной (1030 нм), второй (515 нм), третьей (343 нм) или четвертой (257 нм) гармоники осуществляется с помощью управляющего программного

обеспечения.

Генератор гармоник разработан для использования в промышленных отраслях, где требуется использование одной определенной длины волны.

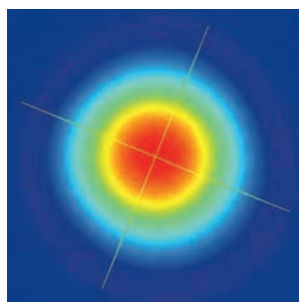
### ОСОБЕННОСТИ

- Гармоники 515 нм, 343 нм, 257 нм
- Выбор длины волны с помощью программы
- Крепится непосредственно на лазерную головку
- Прочный дизайн для промышленных применений

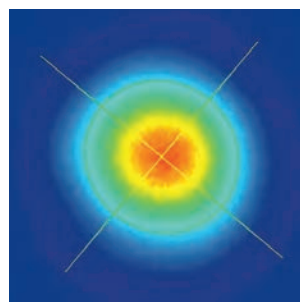
### ХАРАКТЕРИСТИКИ

Модель	2Н	2Н-3Н	2Н-4Н
Выходная длина волны (автоматический выбор)	1030 нм 515 нм	1030 нм 515 нм 343 нм	1030 нм 515 нм 257 нм
Входная энергия импульса	20 – 400 мкДж		
Длительность импульса накачки	< 300 фс		
Эффективность преобразования	> 50 % (2Н)	> 50 % (2Н) > 25 % (3Н)	> 50 % (2Н) > 10% (4Н) <sup>1)</sup>
Качество пучка (M <sup>2</sup> )	< 1.3 (2Н), типовое < 1.15	< 1.3 (2Н), типовое < 1.15 < 1.4 (3Н), типовое < 1.2	< 1.3 (2Н), typical < 1.15 нет данных (4Н)

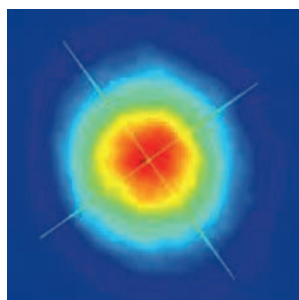
<sup>1)</sup> Максимальная выходная мощность 1 Вт.



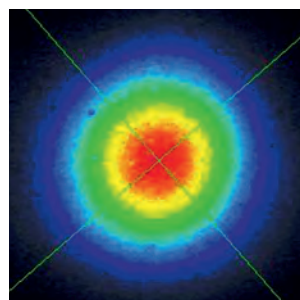
Типичный профиль луча лазера CARBIDE 1H (60 кГц, 5 Вт)



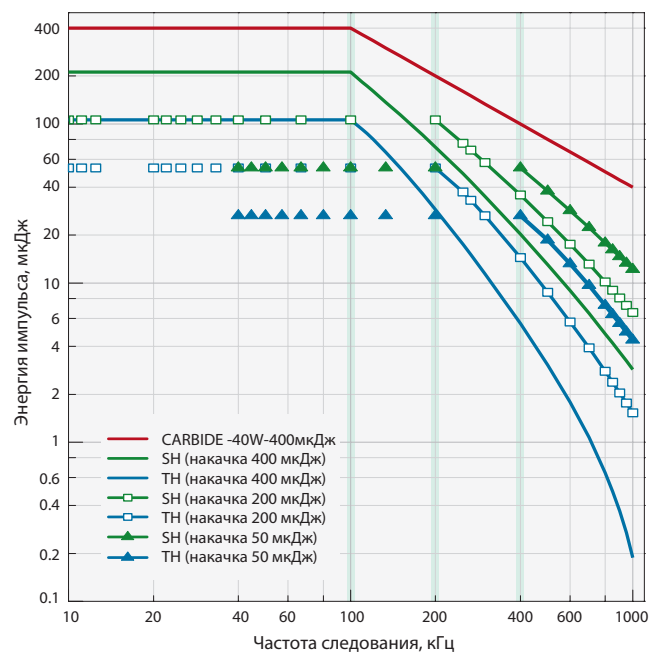
Типичный профиль луча лазера CARBIDE 2H (100 кГц, 3.4 Вт)



Типичный профиль луча лазера CARBIDE 3H (100 кГц, 2.2 Вт)



Типичный профиль луча лазера CARBIDE 4H (100 кГц, 0.1 Вт)

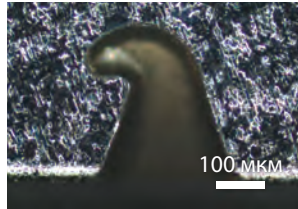


Графики зависимости энергии на высших гармониках от частоты следования импульсов

# ПРИМЕРЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

## МИКРООБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

- Трёхмерная структура на поверхности металла
- Высокая точность и гладкость поверхности

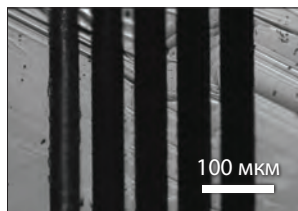


## РЕЗКА АЛМАЗОВ

- Низкая карбонизация
- Безопасно
- Минимальный расход материала

### Применение:

- Алмазная резка
- Нанесение рисунков и текстур на алмазы
- Придача формы аналогично стружкорезу

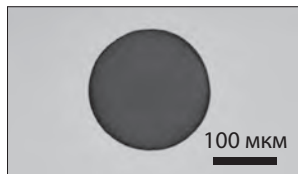


## ОТВЕРСТИЯ В СТЕКЛЕ

- Отверстия разных размеров под конусным углом 5 град.
- Минимальное количество продуктов обработки по краям отверстий

### Применение:

- Микрогидродинамика
- VIAs



Вид сверху



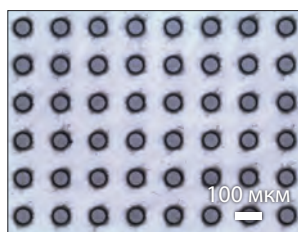
Поперечное сечение

## СВЕРЛЕНИЕ ТОНКИХ ПРОЗРАЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

- Контроль угла конуса
- Низкое тепловое воздействие
- Отсутствие сколов вокруг получаемых отверстий

### Применение:

- VIAs



## СВЕРЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ В СТЕКЛЯННОМ ЦИЛИНДРЕ

- Контроль глубины сверления
- Диаметр отверстий составляет несколько микрон

### Применение:

- Медицина
- Оборудование для биопсии тканей

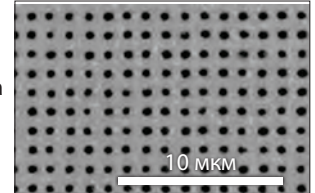


## ВЫПОЛНЕНИЕ МИКРООТВЕРСТИЙ В МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОЛЬГЕ

- Отсутствует плавка металла
- Диаметр отверстий микронного размера

### Применение:

- Фильтры
- Рабочие поверхности

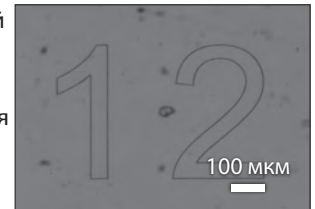


## МАРКИРОВКА КОНТАКТНЫХ ЛИНЗ

- Маркировка в теле контактной линзы с сохранением поверхностных слоёв и оптического преломления
- Точное позиционирование маркировок - трехмерный текстовый формат

### Применение:

- Защита продукции от подделки
- Разработка новой продукции

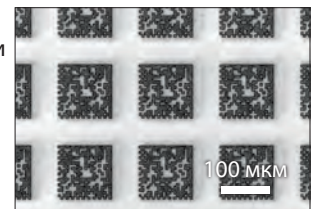


## НАНЕСЕНИЕ МАТРИЧНЫХ КОДОВ

- Данные наносятся на стеклянные поверхности
- Чрезвычайно малые размеры: до 5 мкм

### Применение:

- Маркировка продукции

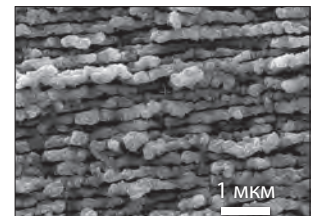


## НАНОШЕРОХОВАТОСТЬ

- Шероховатость до 200 нм формируется с использованием ультракоротких лазерных импульсов
- Размер каждой шероховатости: 10-50 нм
- Контролируемый период, рабочий цикл и соотношение геометрических размеров неровностей

### Применение:

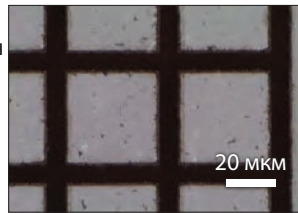
- Выявление материалов повышенной чувствительности с помощью поверхностно-усиленной рамановской спектроскопии (SERS)
- Биочувствительные материалы, контроль загрязнения воды, обнаружение взрывчатых веществ и др.



Разработано совместно с университетом Суинберн, Австралия

### ГРАВИРОВАНИЕ ФЕРРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

- Отсутствует или минимальная плавка металла
- Простое удаление продуктов обработки
- Высокое качество структуры



#### Применение:

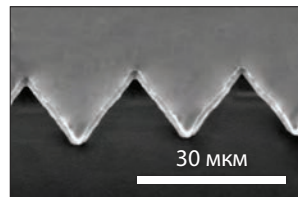
- Инфракрасные датчики камер
- Платы памяти

### ГРАВИРОВАНИЕ СИЛИКОНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ЛАЗЕРОМ

- Безопасно
- Отсутствует плавка

#### Применение:

- Производство солнечных элементов
- Производство полупроводников



### МАСКИРОВАНИЕ ТРАФАРЕТА ДЛЯ РАСЩЕПИТЕЛЯ ПУЧКА

- Боросиликатное стекло
- Толщина 150 мкм
- 900 отверстий в маске
- Диаметр отверстий 25,4 мкм

#### Применение:

- Селективное покрытие

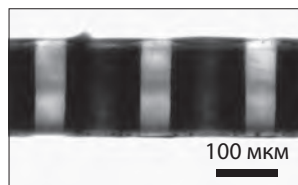
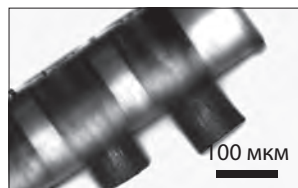


### РЕЗКА СТЕНТА

- Отверстия в стенках стента в поперечном направлении
- Полимерный стент
- Без нагрева, без продуктов обработки
- Минимальная конусность

#### Применение:

- Сосудистая хирургия

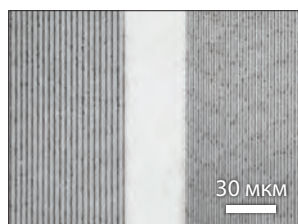


### ТЕКСТУРИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ САФИРА

- Микронное разрешение
- Обработка большой площади поверхности
- Однократные импульсы для формирования кратеров на поверхности

#### Применение:

- Распространение света в оптических волокнах
- Увеличение структуры полупроводника



### МАРКИРОВКА И ОБРАБОТКА

- Мельчайшие крапинки до 3 мкм
- Микронное позиционирование
- Отсутствует нагрев



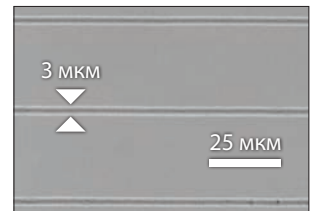
Металл

### ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОКАНАЛОВ

- Широкий диапазон материалов: от кварцевых стекол до полимеров
- Контролируемая форма каналов
- Малое количество отходов и осколков
- Гладкая поверхность

#### Применение:

- Микрофлюидные сенсоры
- Волноводы и световоды



### СВЕРЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ В ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКНАХ

- Диаметр отверстия <math>< 10 \mu\text{m}</math>
- Возможность получения отверстий разной конфигурации
- Контроль угла и глубины сверления

#### Применение:

- Оптоволоконные датчики
- Материаловедение

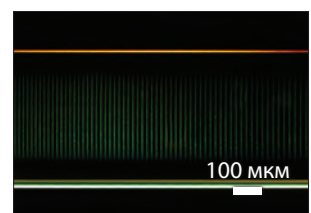


### РАССЕЯНИЕ В ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКНАХ

- Отсутствие влияния на прочность волокна
- Отсутствие повреждения поверхности
- Равномерная дисперсия света

#### Применение:

- Медицинские волокна
- Онкология

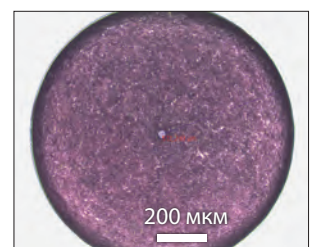


### СВЕРЛЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО РУБИНА

- Отсутствие сколов после сверления
- Контроль конусности

#### Применение:

- Высокоточное изготовление механических деталей



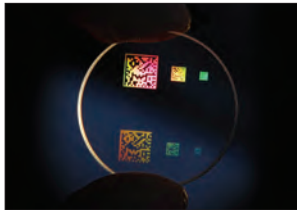


### ОБРАБОТКА СТЕКЛА

- Изменение индекса преломления
- Изготовление решеток Брэгга с дифракционной эффективностью 99%
- Изготовление решеток и элементов с двулучепреломлением
- Низкое влияние на подложки



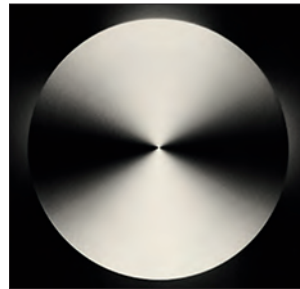
Изменение двулучепреломления в кварцевом стекле. Фото в поляризованном свете



Сапфир



Стекло

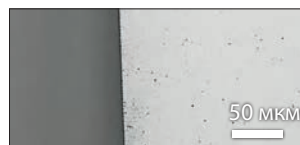
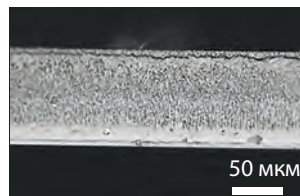
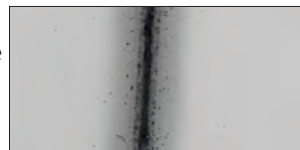


Волновая пластина S-типа \*

\* M. Beresna, M. Gecevičius, P. G. Kazansky and T. Gertus, Radially polarized optical vortex converter created by femtosecond laser nanostructuring of glass, Appl. Phys. Lett. 98, 201101 (2011).

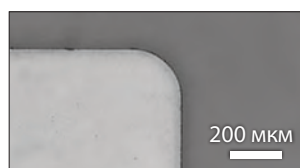
### РЕЗКА НЕЗАКАЛЕННОГО СТЕКЛА

- Толщина: 0.03 – 0.3 мм
- Механическое разламывание после скрайбирования
- Скорость реза: до 800 мм/с
- Произвольная форма реза
- Закругленные углы
- Качество реза: шероховатость (Ra) менее 2 мкм



### РЕЗКА САПФИРА

- Толщина: 100 – 900 мкм
- Легко разламывается после резки
- Диаметр получаемых окружностей: 3 – 15 мм
- Радиус скруглённых углов: от 0.5 мм
- Скорость реза: до 800 мм/с
- Качество реза: шероховатость (Ra) менее 2 мкм
- Отсутствие сколов и крошения
- Отсутствие процесса абляции



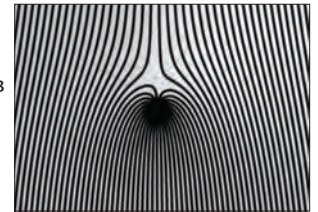
Толщина: 420 мкм, чистый сапфир

### ВЫБОРОЧНОЕ ПОСЛОЙНОЕ УДАЛЕНИЕ МЕТАЛЛА

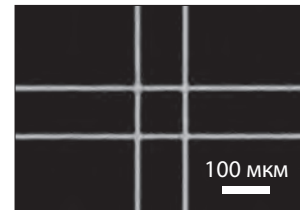
- Выборочное удаление слоев металла с разных поверхностей
- Возможность изменения глубины и геометрии снимаемого слоя

#### Применение:

- Производство литографических шаблонов
- Элементы формирования светового пучка
- Оптические апертуры
- Другое



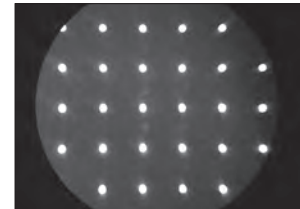
Формирование амплитудной решетки



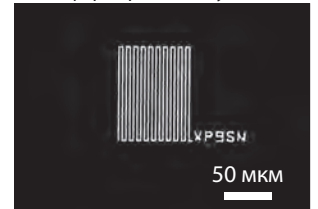
Селективная абляция покрытия из Титана



Абляция Хрома для формирования пучка



Производство массива апертур



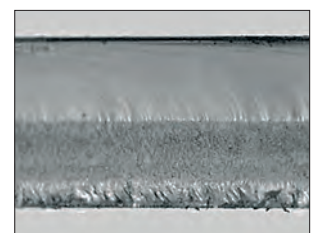
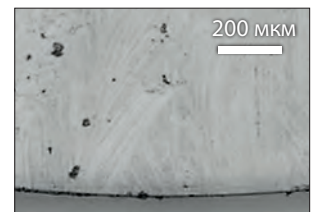
Удаление слоя золота без повреждения подложки из MgO, удаление слоя Au без повреждения



Абляция хрома со стеклянной подложки

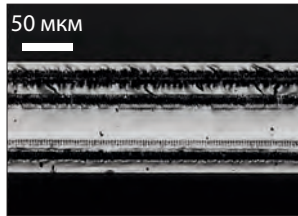
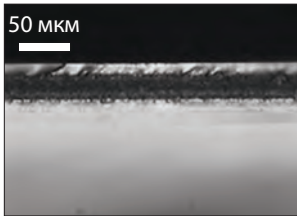
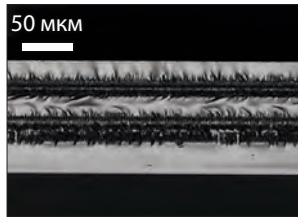
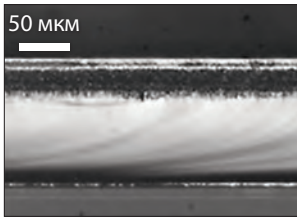
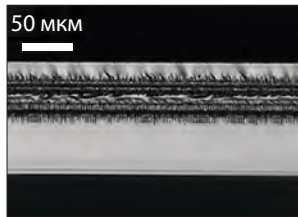
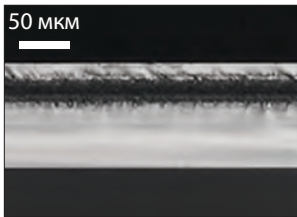
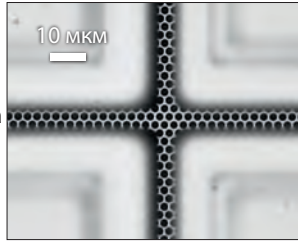
### РЕЗКА ЗАКАЛЕННОГО СТЕКЛА

- Однопроходный режим
- Резка внутри стекла (поверхность остается неповрежденной)
- Гомогенный процесс



### НАРЕЗАНИЕ САПФИРА НА КРИСТАЛЛЫ ДЛЯ LED ДИОДОВ

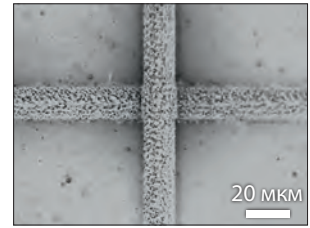
- Толщина пластин: 50 – 330 мкм
- Узкая ширина реза: до 10 мкм
- Сопротивление на изгиб: 650 – 900 МПа
- Высокая эффективность испускания света
- Контролируемая длина реза
- Легко разламывается после резки
- Скрайбирование сапфира с DBR покрытием на задней стороне



EVANA  
TECHNOLOGIES

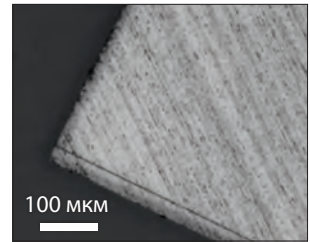
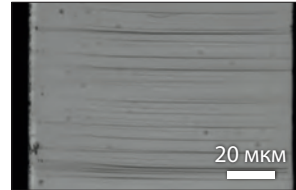
### НАРЕЗАНИЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ НА КРИСТАЛЛЫ

- Отсутствие сколов на краях
- Шероховатость поверхности менее 1 мкм
- Легко разламывается после резки



#### Применение:

- Высокая мощность, высокочастотная электроника



Образцы предоставлены  
Evana Technologies  
[www.evanatech.com](http://www.evanatech.com)

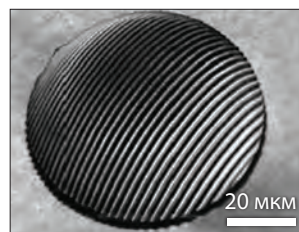
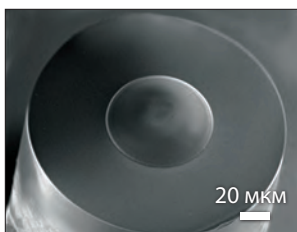
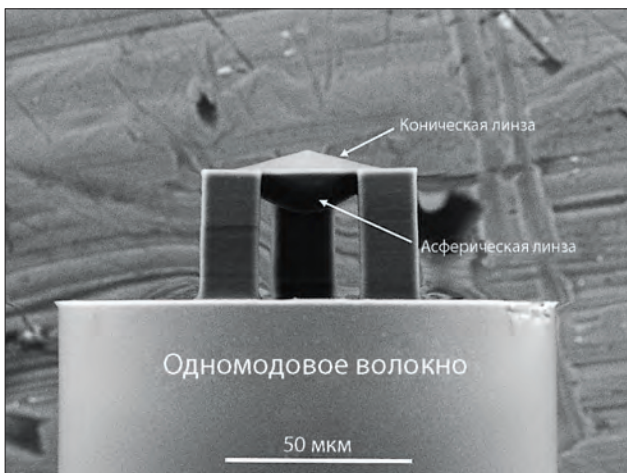
# МНОГОФОТОННАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ

Многофотонная полимеризация (МФП) – это уникальный метод, позволяющий создавать 3D-микроструктуры с разрешением порядка 100 нм. Данная технология основана на нелинейном поглощении сфокусированного лазерного излучения фемтосекундной длительности, которое обеспечивают локализованные процессы фотополимеризации. Длительность импульса менее 290 фс и частота следования импульсов более 100 кГц являются основными преимуществами для модификации материала за счет лавинной ионизации – данный процесс позволяет изготавливать материалы состоящие из различных веществ: от гибридных смесей до чистых белков.

## ПРИМЕНЕНИЕ В МИКРО-ОПТИКЕ

Большинство фотополимеров, используемых в МФП, прозрачны в видимой области спектра и могут напрямую применяться в различных областях микро-оптики. Различные механические, а также оптические свойства могут быть с легкостью изменены.

Примеры применений: призмы, асферические линзы, микролинзы на конце оптоволокна, многолинзовые массивы, генераторы вихревых пучков, дифракционные оптические элементы и т.д.



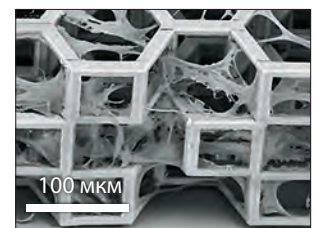
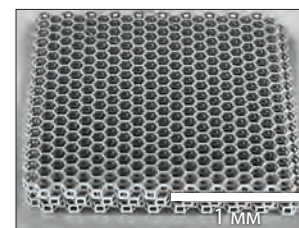
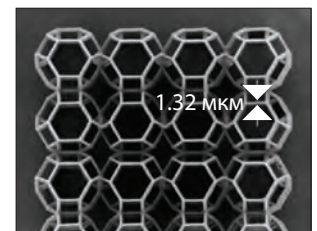
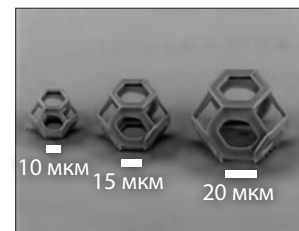
M. Malinauskas et al. Femtosecond laser polymerization of hybrid/integrated micro-optical elements and their characterization. *J. Opt.* 12, 124010 (2010).

M. Oubaha et al. Novel tantalum based photocurable hybrid sol-gel material employed in the fabrication of channel optical waveguides and three-dimensional structures, *Appl. Surf. Sci.* 257(7), 2995–2999 (2011).

## ПРИМЕНЕНИЕ В БИО- И ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ

МФП может применяться совместно с биосовместимыми и даже биологически разлагаемыми материалами, таким образом, данная технология является идеальной платформой для восстановительной медицины.

Примеры применений: изготовление полимерного 3D клеточного каркаса, устройства доставки лекарственных препаратов, микрофлюидные устройства, цитотоксические элементы.

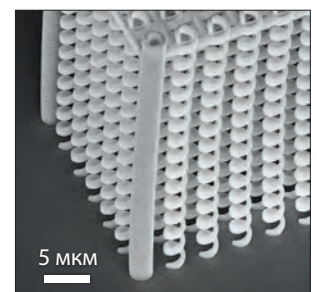
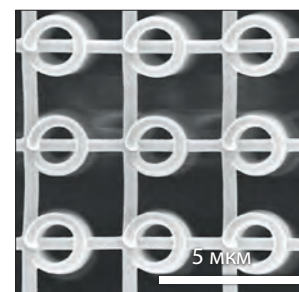


M. Malinauskas et al. 3D artificial polymeric scaffolds for stem cell growth fabricated by femtosecond laser. *Lithuanian J. Phys.*, 50 (1), 75–82, (2010).

## ПРИМЕНЕНИЕ В ФОТОНИКЕ

Высоко повторяемый и стабильный технологический процесс позволяет изготавливать различные фотонные устройства из кристаллов для контроля пространственных и временных свойств света на микрометровых дистанциях.

Примеры применений: фотонные пространственные кристаллы, суперколлиматоры, структурное окрашивание и т.д.



L. Maigyte et al. Flat lensing in the visible frequency range by woodpile photonic crystals, *Opt. Lett.* 38(14), 2376 (2013).

V. Purlys et al. Spatial filtering by chirped photonic crystals, *Phys. Rev. A* 87(3), 033805 (2013).

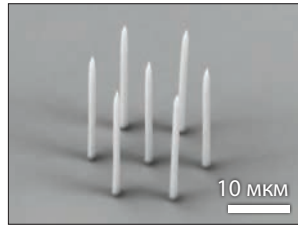
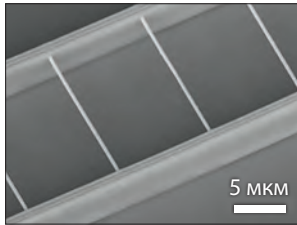
V. Purlys et al. Super-collimation by axisymmetric photonic crystals, *Appl. Phys. Lett.* 104(22), 221108 (2014).

V. Mizeikis et al. Realization of Structural Colour by Direct Laser Write Technique in Photoresist, *J. Laser Micro Nanoen.* 9(1), 42 (2014).

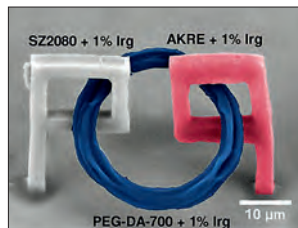
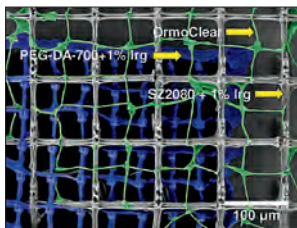
## ПРИМЕНЕНИЕ В МИКРОМЕХАНИКЕ

Технология МФП дает пользователю возможность создавать многокомпонентные 3D объекты из различных веществ с разными физическими, химическими и биологическими свойствами.

Примеры применений: изготовление кантилеверов, клапанов, фильтров с контролируемыми размерами микропор, механических переключателей.<sup>1)</sup>



Примеры многокомпонентных структур.<sup>2)</sup>

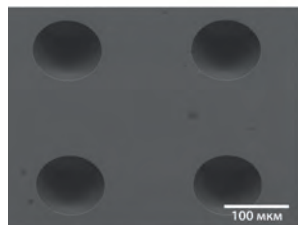
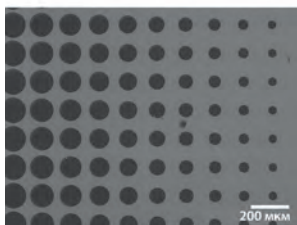
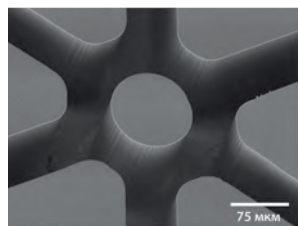
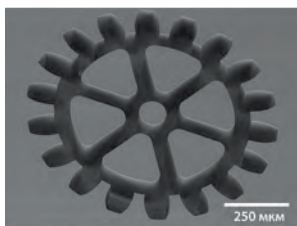


<sup>1)</sup> V. Purlys, Three-dimensional photonic crystals: fabrication and applications for control of chromatic and spatial light properties, Ph.D. Thesis. Vilnius University: Lithuania (2015).

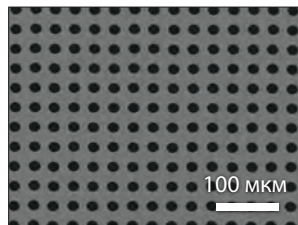
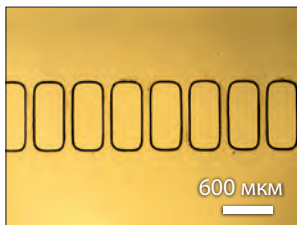
<sup>2)</sup> M. Malinauskas et al. Ultrafast laser processing of materials: from science to industry, Light: Sci. Appl., to be published, (2015).

## ЛАЗЕРНАЯ ВЫБОРОЧНАЯ ГРАВИРОВКА И ТРАВЛЕНИЕ

Может применяться в микрооптике, микромеханике, медицинской инженерии и т.д.



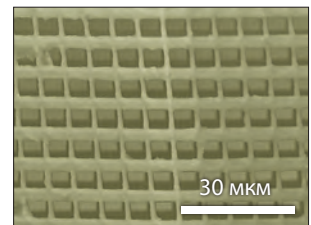
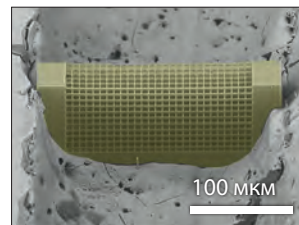
## ЛАЗЕРНАЯ АБЛЯЦИЯ



## Гибридное микропроизводство

### АБЛЯЦИЯ И ЛИТОГРАФИЯ

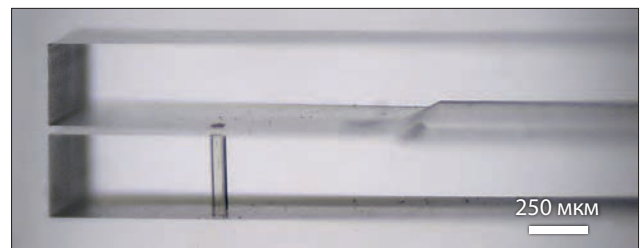
Лазерная абляция позволяет осуществлять быстрое изготовление стеклянных микроканалов, тогда как 3D лазерная литография используется для интеграции фильтров тонкой очистки в эти каналы. Далее вся система герметизируется с помощью лазерной сварки.



Jonušauskas et al., Opt. Eng. 56(9), 094108 (2017).

### ТРАВЛЕНИЕ И ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ

Объединение селективного лазерного травления и фотополимеризации позволяет изготавливать АСМ кантилеверы для анализа высокочувствительных и тонких структур.



Tičkūnas et al., Opt. Express, 25(21), 26280-26288 (2017).



For Scientific Inquiries  
mangirdas.malinauskas@ff.vu.lt  
www.lasercenter.vu.lt



For Production Tool Inquiries  
info@femtika.lt  
www.femtika.lt

# FLINT

## Фемтосекундный иттербиевый генератор



### ОСОБЕННОСТИ

- Длительность импульса менее 40 фс без необходимости использования дополнительных компрессоров
- Максимальная энергия импульса 250 нДж
- Выходная мощность до 20 Вт
- Стандартная частота следования импульсов 76 МГц
- Практически отсутствует спонтанное излучение
- Прочный дизайн для промышленных применений
- Автоматизированный генератор гармоник (515 нм)
- Опция стабилизации фазы несущей частоты (СЕР)
- Возможность синхронизации с внешним оборудованием

Генератор FLINT выполнен на основе кристалла иттербия (Yb) с продольной накачкой модулем лазерного диода высокой яркости. Генерация фемтосекундных импульсов осуществляется за счет синхронизации мод с помощью линзы Керра. После запуска системы, синхронизация мод остается постоянной на протяжении длительного

периода времени и невосприимчива к незначительным механическим воздействиям. Для контроля длины резонатора по запросу пользователя в нем может быть установлен пьезоэлектрический актюатор. Также имеется возможность оснащения генератора FLINT опцией стабилизации фазы несущей частоты (СЕР).

### ХАРАКТЕРИСТИКИ

Модель	FL1-02	FL1-08	FL2-12	FL2-20	FL1-SP
Макс. средняя мощность	2 Вт	8 Вт	> 12 Вт	> 20 Вт	до 2 Вт
Длительность импульса (считая, что импульс имеет форму гауссоиды)	< 100 фс	< 120 фс	< 120 фс	< 160 фс	< 40 фс
Энергия импульса	> 25 нДж	> 100 нДж	> 150 нДж	> 250 нДж	до 25 нДж
Частота следования импульсов	~ 76 МГц <sup>1)</sup>		~ 76 МГц		~ 76 МГц <sup>2)</sup>
Центральная длина волны	1035 ± 10 нм				
Стабильность выходного излучения	СКО < 0.5% на протяжении 24 часов <sup>3)</sup>				
Поляризация	Линейная, горизонтальная				
Стабильность пучка	< 10 мкрад/°С				
Качество пучка	TEM <sub>00</sub> ; M <sup>2</sup> < 1.2				
Генератор второй гармоники (опционально)	Эффективность преобразования > 30% на 517 нм				

### ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Лазерная головка (Д × Ш × В)	430 × 195 × 114 мм	542 × 322 × 146 мм	430 × 195 × 114 мм
Лазерная головка с генератором 2-й гармоники (Д × Ш × В)	442 × 270 × 114 мм	542 × 322 × 146 мм	
Источник питания (4НУ, 19") (Д × Ш × В)	642 × 553 × 540 мм	642 × 553 × 673 мм	642 × 553 × 540 мм
Чиллер (< 100 Вт)	Разные модификации		

### ТРЕБОВАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Электропитание	110 В переменного тока, 50-60 Гц, 2 А или 220 В переменного тока, 50-60 Гц, 1 А
Температура в помещении	15 - 30 °С (рекомендуется кондиционирование воздуха)
Относительная влажность	< 80 % (без конденсата)

<sup>1)</sup> Доступна другая частота следования импульсов в диапазоне от 60 до 100 МГц.

<sup>2)</sup> Доступна другая частота следования импульсов в диапазоне от 70 до 80 МГц.

<sup>3)</sup> При постоянных условиях окружающей среды.

### ОПЦИОНАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Генератор гармоник HIRO	см. стр. 22
-------------------------	-------------



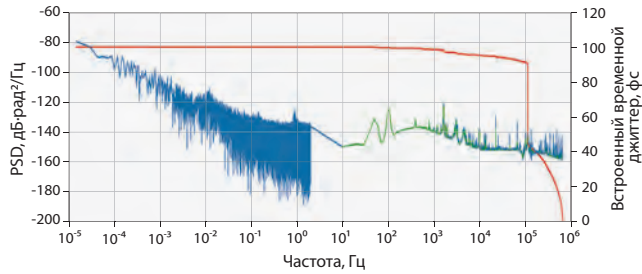
### СИНХРОНИЗАЦИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСА ПО ВНЕШНЕМУ СИГНАЛУ

Осциллятор PHAROS может оснащаться пьезо-актуаторами, которые позволяют управлять длиной резонатора.

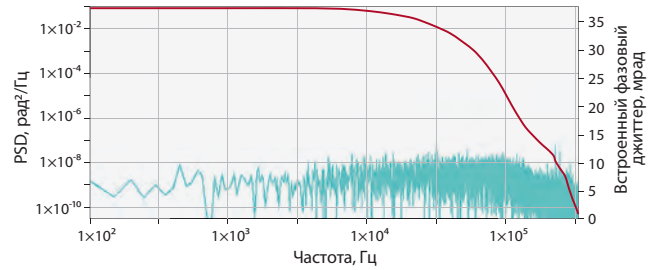
### СТАБИЛИЗАЦИЯ ФАЗЫ НЕСУЩЕЙ ЧАСТОТЫ (ФНЧ)

Осциллятор PHAROS можно оснастить нелинейным интерферометром и обратной связью по току накачки лазерного диода для стабилизации ФНЧ.

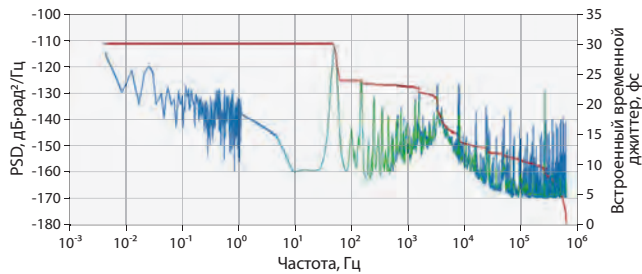
### АНАЛИЗ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ГАРМОНИК ПРИ АКТИВНОЙ ФУНКЦИИ «LOCK» (40 ЧАСОВ)



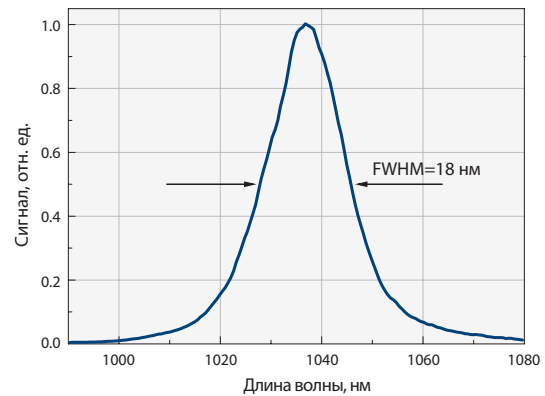
Осциллятор лазера (62.513 МГц) привязан к опорной задающей частоте в 500.104 МГц (задающий генератор – R&S SMB 100A). Измеренная ширина линии встроенного временного джиттера\* в диапазоне 0.01 мГц – 600 кГц составила 110 фс



Односторонняя спектральная плотность мощности (PSD) фазового шума фНЧ (в цикле) и встроенный фазовый джиттер

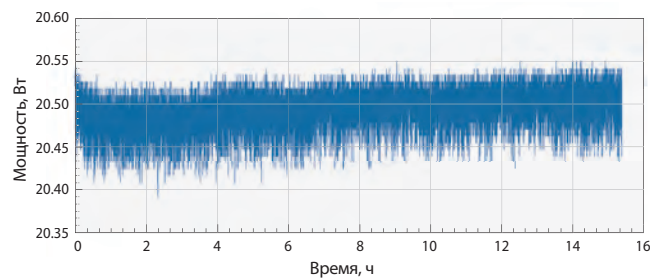


Осциллятор лазера (72.656 МГц) привязан к опорной задающей частоте в 76.656 МГц (задающий генератор – осциллятор лазера). Измеренная ширина линии встроенного временного джиттера\* в диапазоне 0.01 Гц – 600 кГц составила 30 фс.

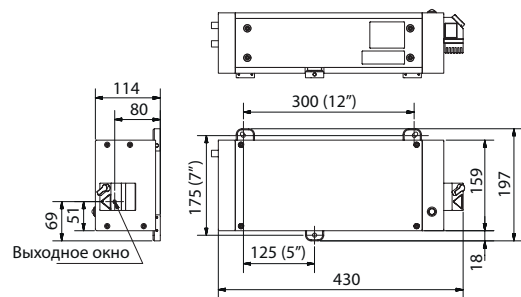


Типовой спектр излучения осциллятора FLINT

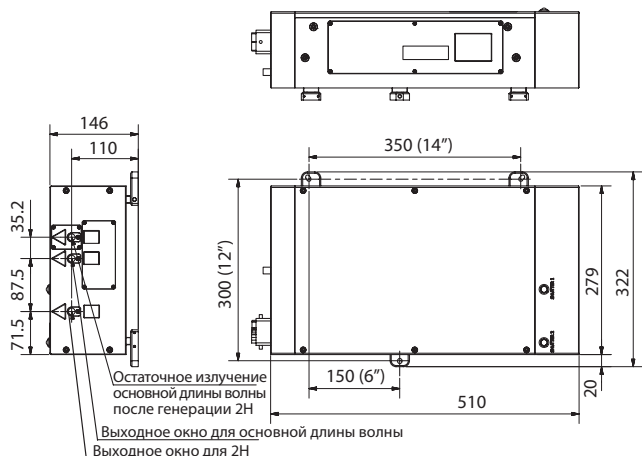
\* Встроенный временной джиттер достигает значения до 100 – 300 фс в зависимости от значения частоты задающего генератора, шума, внешних условия и т.п. Для получения более точных данных, пожалуйста обращайтесь.



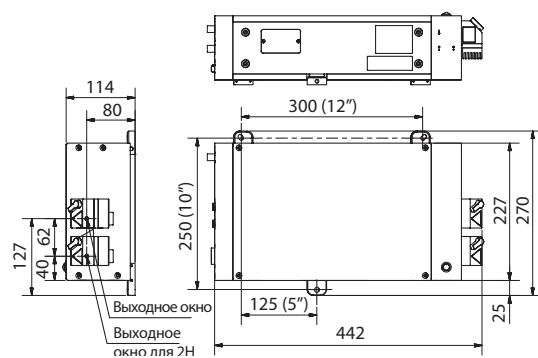
Стабильность выходной мощности осциллятора FLINT 20 Вт



Габаритные размеры осциллятора FLINT



Габаритные размеры осциллятора FLINT 20 Вт



Габаритные размеры осциллятора FLINT с генератором второй гармоники

**HIRO**

## Генератор гармоник

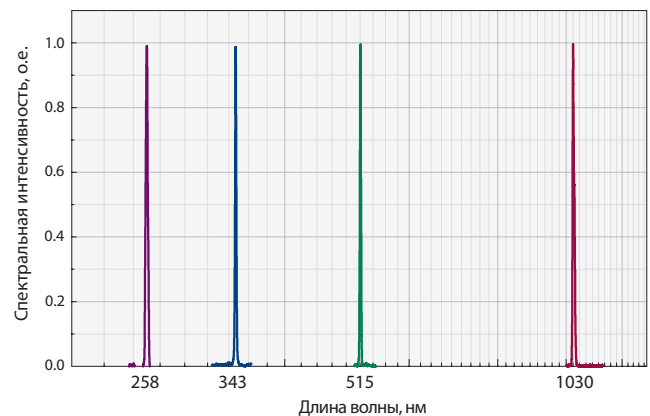


### ОСОБЕННОСТИ

- Гармоники 515 нм, 343 нм, 257 нм
- Простота переключения активных гармоник
- Доступен вывод излучения сразу на нескольких длинах волн
- Встроенный механизм разделения гармоник
- Гибкость в фиксации и легкое перестроение конструкции для включения дополнительных опций, таких как разделение гармоник, генератор континуума и возможности расширения или фокусировки пучка

HIRO является преобразователем частоты для лазеров PHAROS и генераторов FLINT и обеспечивает излучение гармоник высокой мощности длиной волны 515 нм, 343 нм и 258 нм. Мы предлагаем несколько стандартных моделей HIRO (с возможностью дооснащения в будущем), которые удовлетворяют наиболее важным потребностям клиентов. Активная гармоника выбирается вручную с помощью регулятора, гармоники меняются в течение нескольких секунд благодаря уникальной конструкции устройства. HIRO наиболее удобный с точки зрения возможности дооснащения преобразователь частоты на рынке. Он может быть модифицирован для получения континуумного белого света, расщепления/расширения/фокусировки луча в одном корпусе, а также разделения луча для одновременного получения трех гармоник.

Необходимо проконсультироваться со специалистами нашей компании для выбора версии генератора HIRO.



Выходные длины волн генератора гармоник HIRO

### МОДЕЛИ HIRO

Модель	Генерируемые гармоники	Выходные длины
PH1F1	2-ая	515 нм
PH1F2	2-ая, 4-ая	515 нм, 258 нм
PH1F3	2-ая, 3-я	515 нм, 343 нм
PH1F4	2-ая, 3-я, 4-ая	515 нм, 343 нм, 258 нм
PH_W1	2-ая, 3-я, 4-ая, КБС	Любая комбинация + континуум белого света

Вывод остаточного излучения на основной длине волны доступен по запросу.

Накачка HIRO импульсами пс длительности доступна по запросу.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ

Эффективности преобразования гармоник даны в процентах от мощности/энергии накачки при частоте следования импульсов до 200 кГц.

Harmonic	Эффективности преобразования для различных моделей HIRO		Поляризация выходного излучения
	PH1F1, PH1F2	PH1F3, PH1F4	
2-ая	> 50 %	> 50 % <sup>1)</sup>	H (V <sup>2)</sup> )
3-я	–	> 25 %	V (H <sup>2)</sup> )
4-ая	> 10 %	> 10 % <sup>1) 3)</sup>	V (H <sup>2)</sup> )

<sup>1)</sup> Когда не используется 3-я гармоника.

<sup>3)</sup> Макс. 1 Вт.

<sup>2)</sup> Опция в зависимости от запроса.

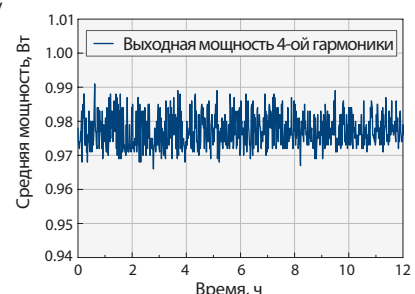


График долговременной стабильности

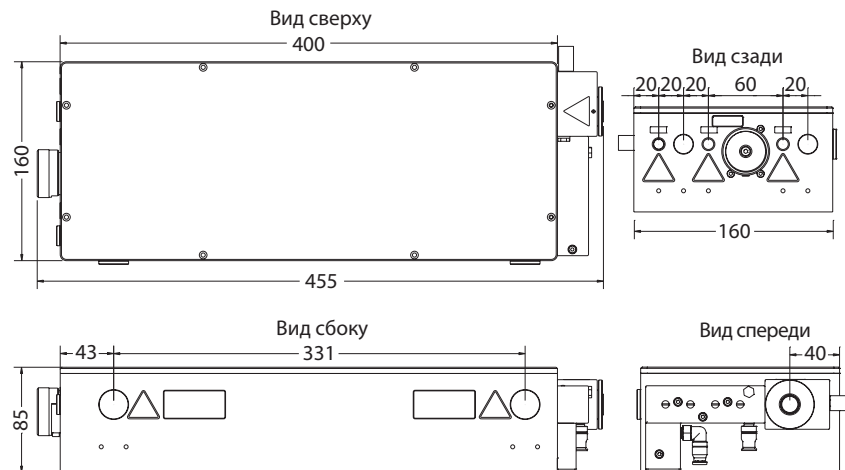
### ГЕНЕРАЦИЯ ГАРМОНИК

Генератор FLINT может быть оборудован дополнительным преобразователем длин волн HIRO для получения излучения гармоник на длинах волн 517 нм, 345 нм и 258 нм.

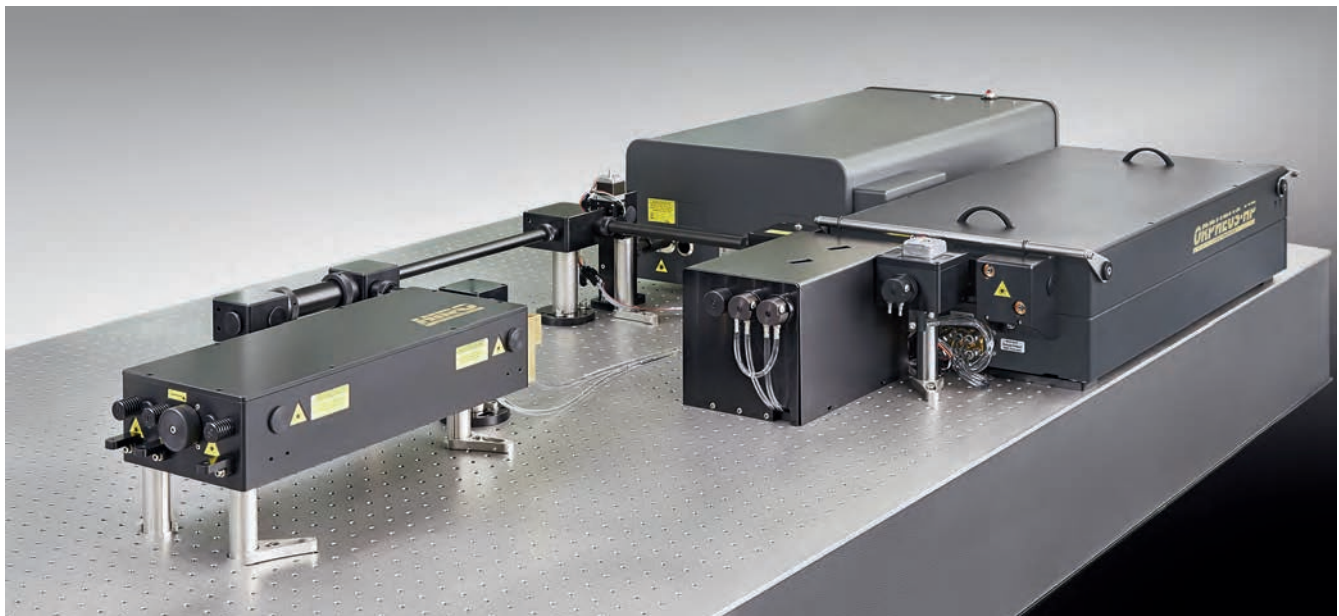
Генерируемые гармоники	2-ая	3-я	4-ая
Выходная длина волны	517 нм	345 нм	258 нм
Эффективность преобразования	> 35 %	> 5 %	> 1 %

### ГАБАРИТЫ (ДЛЯ ВСЕХ МОДЕЛЕЙ HIRO)

	Ш × Д × В (мм)
Общие габариты корпуса	160 × 455 × 85
Рекомендуемая площадь для крепления	255 × 425
Управление лучом/ перехват	55 × 150 × 75



Габаритные размеры системы HIRO с водяным охлаждением и положение входных/выходных портов (мм)



Пример расположения модулей HIRO, PHAROS и ORPHEUS-HP на оптическом столе.





## Компрессор для второй гармоники



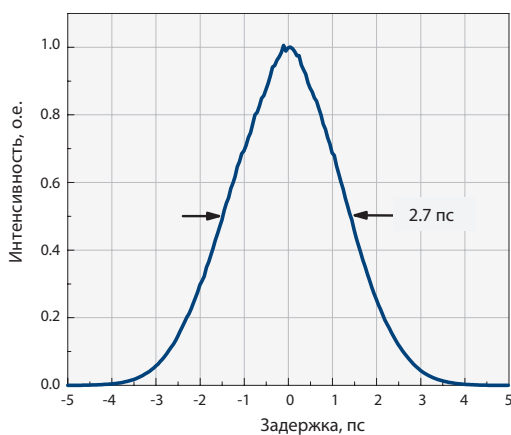
### ОСОБЕННОСТИ

- Высокая эффективность преобразования второй гармоники до узкой линии
- Малая занимаемая площадь

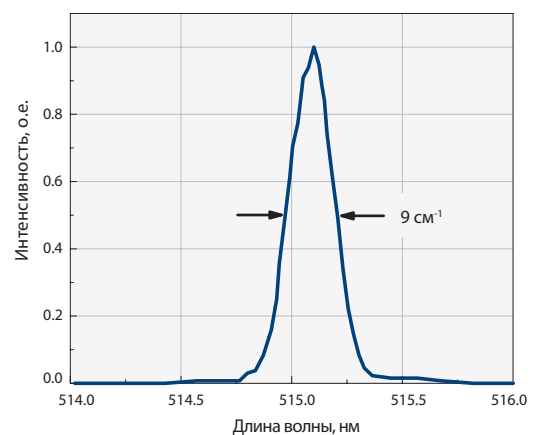
Система SHBC предназначена для формирования излучения с узкой спектральной полосой при накачке широкополосными пикосекундными импульсами высокой частоты следования. Платформа SHBC используется для создания совместно с лазерной системой Pharos гибкой системы с фиксированной длиной волны или с перестраиваемой узкой полосой пикосекундных импульсов в сочетании с перестраиваемой длиной волны широкополосных фемтосекундных импульсов. Эта особенность используется в спектроскопии (например, для генерации суммарной частоты) для смешения импульсов с широкой и узкой полосами излучения. Такая система позволяет проводить эффективную генерацию второй гармоники, тем самым обеспечивая импульсы выходного излучения высокой энергией.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ

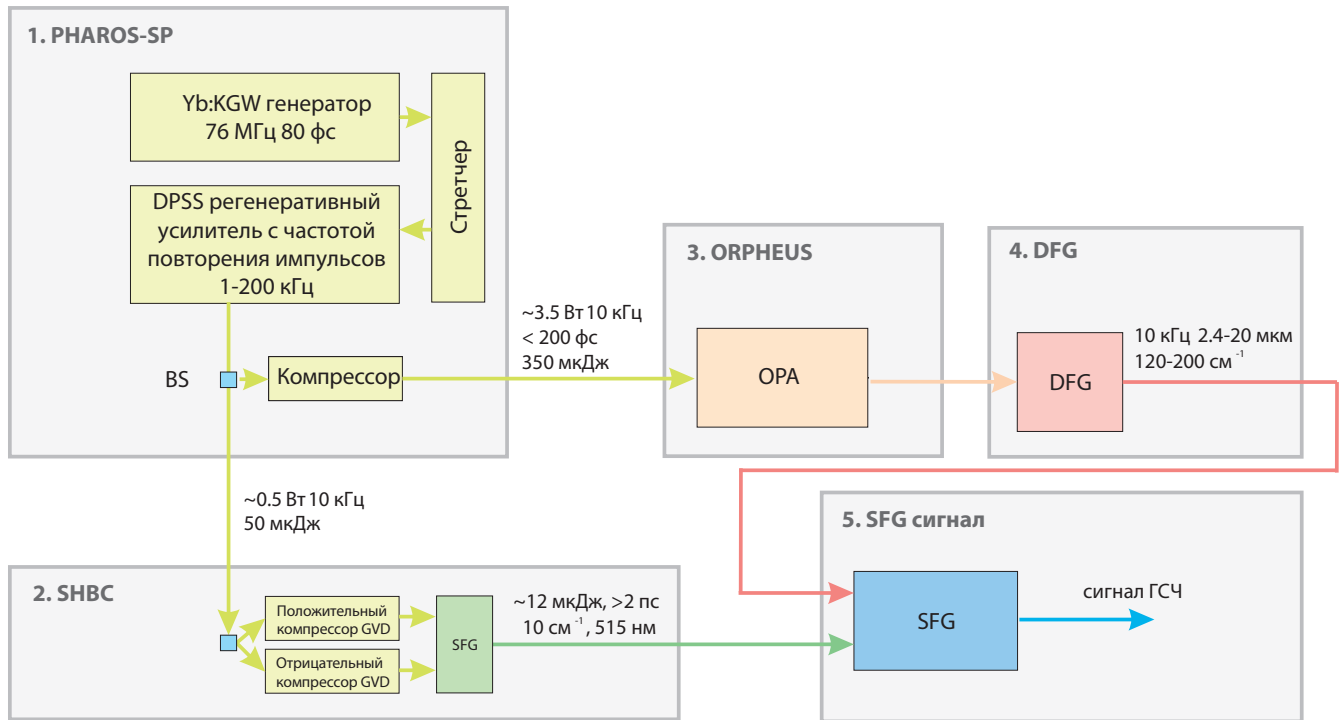
Параметр	Величина
Источник накачки	PHAROS / CARBIDE, 1030 нм, 70 – 120 см <sup>-1</sup> , 10 – 2000 мкДж энергия импульса
Выходная длина волны	515 нм
Эффективность преобразования	> 30 %
Ширина выходного импульса	< 10 см <sup>-1</sup>



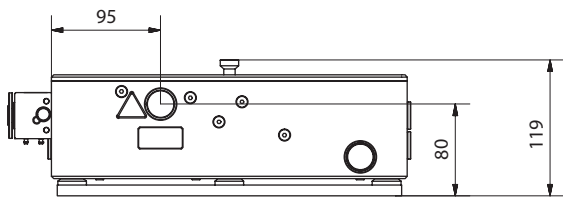
Стандартное значение длительности импульса на выходе SHBC



Стандартный спектр на выходе SHBC

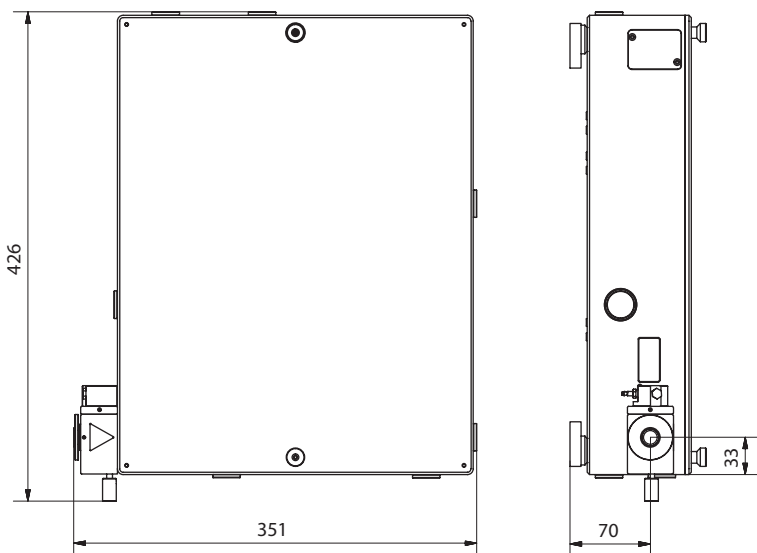


Принципиальная схема спектроскопической системы на основе SFG (генератор суммирования частоты), использующей SHBC для генерации сканирующего луча



**ГАБАРИТЫ**

	Ш × Д × В(мм)
Общие габариты корпуса	351 × 426 × 119 мм
Рекомендуемые размеры для крепления	400 × 450 × 150 мм



# ORPHEUS

## Коллинеарный оптический параметрический усилитель

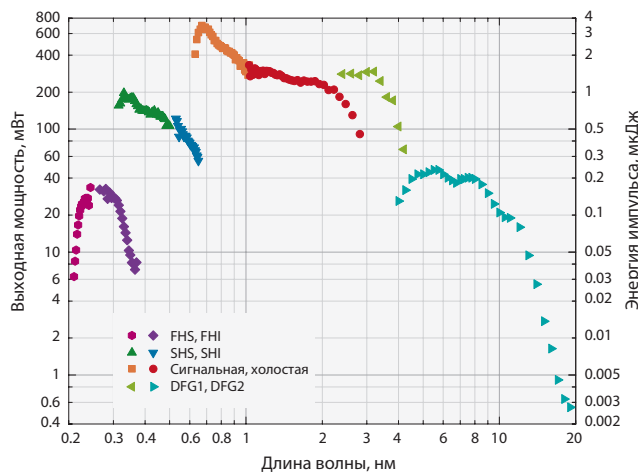


### ОСОБЕННОСТИ

- Диапазон перестройки 210 – 16000 нм
- Частота следования импульсов: от единичного импульса до 1 МГц
- Мощность излучения накачки до 8 Вт
- Энергия импульса накачки до 0.4 мДж (2 мДж по запросу)
- Полное управление от ПК

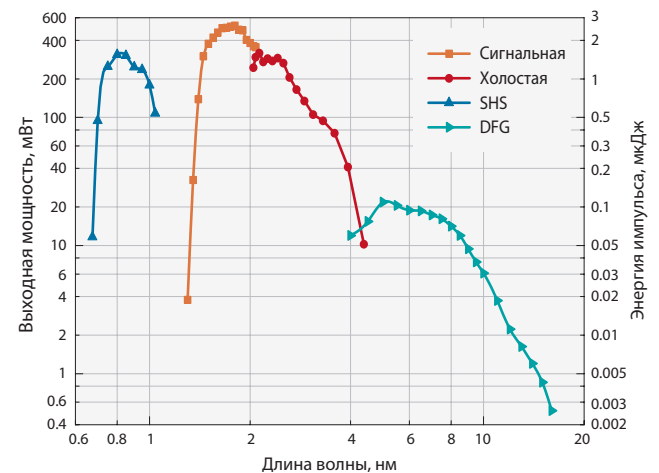
ORPHEUS и ORPHEUS-ONE представляют собой коллинеарные оптические параметрические усилители (ОПУ) континуумного белого света с накачкой лазером PHAROS. ORPHEUS обладает всеми преимуществами усилителей серии TOPAS: высокой выходной стабильностью по всему диапазону настройки, высокой мощностью импульса и качеством пучка, управлением при помощи ПК через порт USB, а также дополнительными смесителями частоты для расширения диапазона настройки от ультрафиолетовых частот до среднего диапазона инфракрасных частот. Излучение генерируется в блоке ОПУ с компьютерным управлением настройкой углового положения. Основное или остаточное излучение основной или второй гармоник (соответственно 1030 нм и 515 нм) доступно через выходные порты. ORPHEUS имеет настраиваемый выход ОПУ (630 - 2600 нм) с одновременным излучением остаточной второй и основной гармоник.

ОПУ модели ORPHEUS-ONE обладает диапазоном перестройки 1350 – 4500 нм для сигнальной и холостой длин волн. Расширение диапазона до 4500 – 16000 нм достигается за счет смешивания сигнальной и холостой составляющих двухкаскадной системы в нелинейном кристалле среднего ИК диапазона. По сравнению со стандартной конфигурацией ORPHEUS + DFG, ОПУ ORPHEUS-ONE обеспечивает более высокую эффективность преобразования в ИК диапазоне. Фемтосекундные импульсы, настраиваемый выход высокой мощности совместно с высокочастотным следованием импульсов делают тандем PHAROS и ORPHEUS незаменимым инструментом в спектроскопии, многофотонной микроскопии, микроструктурировании, спектроскопии. Некоторые системы ORPHEUS можно накачивать одним лазером PHAROS с независимой настройкой длины выходного излучения.



### ORPHEUS

Типовой диапазон перестройки ORPHEUS  
Накачка 6 Вт, 30 мкДж, 200 кГц



### ORPHEUS-ONE

Типовой диапазон перестройки ORPHEUS-ONE  
Накачка 6 Вт, 30 мкДж, 200 кГц

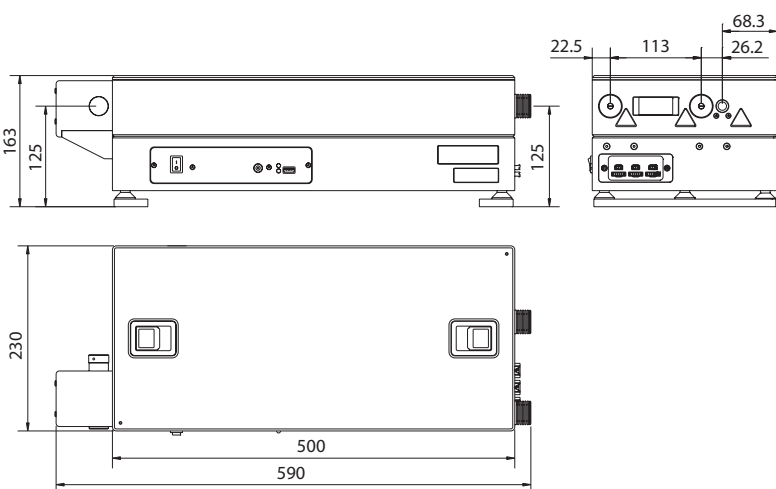
Для интерактивного отображения диапазонов перестройки в зависимости от параметров накачки посетите <http://toolbox.lightcon.com/tools/tuningcurves/>

### ХАРАКТЕРИСТИКИ

Модель		ORPHEUS		ORPHEUS-ONE	
<b>ПАРАМЕТРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВЫХОДЕ ОПУ</b>					
Диапазон перестройки	Сигнальная	630 – 1030 нм		1350 – 2060 нм	
	Холостая	1030 – 2600 нм		2060 – 4500 нм	
Эффективность генерации второй гармоники	Отдельный выходной порт	> 35% (515 нм), порт В		—	
Максимальная мощность накачки		8 Вт		8 Вт	
Пиковая эффективность преобразования	Энергии накачки	8 – 20 мкДж	20 – 400 мкДж	12 – 30 мкДж	30 – 400 мкДж
	Сигнальная + холостая	> 6 %	> 12 %	> 10 %	> 14 %
Длительность импульса		Pharos / Carbide	Pharos-SP	—	
		130 – 290 фс	120 – 190 фс		
Спектральная ширина линии	В диапазоне длин волн	700 – 960 нм		1450 – 2000 нм	
		Pharos / Carbide	Pharos-SP	Pharos / Carbide	Pharos-SP
		80 – 150 см <sup>-1</sup>	100 – 220 см <sup>-1</sup>	60 – 120 см <sup>-1</sup>	
Долговременная стабильность мощности	8 ч	< 2 % на 800 нм		< 2 % на 1550 нм	
Стабильность энергии импульса	1 мин	< 2 % на 800 нм		< 2 % на 1550 нм	

### ПАРАМЕТРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВЫХОДЕ МОДУЛЕЙ РАСШИРЕНИЯ

Пиковые значения	Энергия накачки	8 – 20 мкДж	20 – 400 мкДж	12 – 30 мкДж	30 – 400 мкДж
	315 – 515 нм (вторая гармоника от сигнальной)	> 1.2 %	> 3 %	—	
	515 – 630 нм (вторая гармоника от сигнальной)	> 1.2 %	> 3 %	—	
	720 – 970 нм (вторая гармоника от сигнальной)	Перекрывается сигнальной от ORPHEUS		70 – 150 см <sup>-1</sup> на 800 – 970 нм > 2 %	
	210 – 255 нм (четвертая гармоника от сигнальной)	> 0.3 %	> 0.6 %	—	
	255 – 315 нм (четвертая гармоника от холостой)	> 0.3 %	> 0.6 %	—	
	2200 – 4200 нм (DFG1)	3000 нм		Перекрывается сигнальной и/или холостой от ORPHEUS-ONE	
		> 1.5 %	> 3 %		
4000 – 16000 нм (DFG2)	10000 нм		60 – 150 см <sup>-1</sup> на 5000 – 8000 нм		
		> 0.1 %	> 0.2 %	10000 нм	> 0.2 %



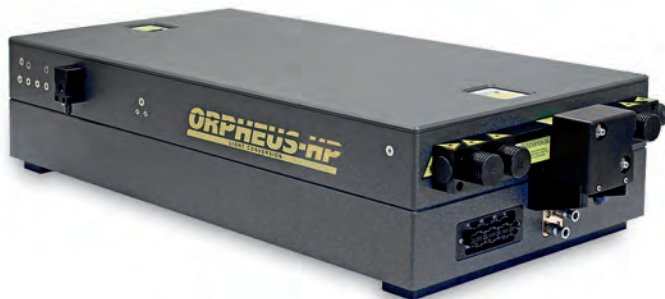
Габаритные размеры системы ORPHEUS



Компактное размещение системы PHAROS с усилителем ORPHEUS на площади 0.5 м<sup>2</sup>

# ORPHEUS-HP

## Высокомощный оптический параметрический усилитель



### ОСОБЕННОСТИ

- Диапазон перестройки 190 – 16000 нм
- Частота следования импульсов: от единичного импульса до 1 МГц
- Мощность излучения накачки до 40 Вт
- Энергия импульса накачки до 0.4 мДж (более высокая энергия по запросу)
- Автоматизированное разделение длин волн
- Встроенный спектрометр для контроля выходной длины волны

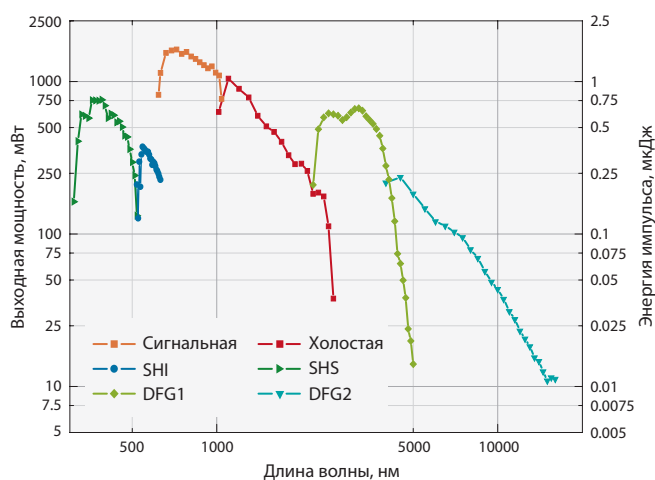
ORPHEUS-HP и ORPHEUS-ONE-HP представляют собой коллинеарные оптические параметрические усилители континуума белого света, накачиваемые фемтосекундными иттербиевыми лазерами. Данные ОПУ являются модифицированной версией стандартного ОПУ ORPHEUS.

ORPHEUS-HP доступен для работы в УФ-видимом диапазоне спектра за счет смесителей частоты, установленных в держатели с температурной стабилизацией. Кроме того, имеются опции расширения диапазона перестройки как в дальний УФ (190 – 215 нм) в дополнение к 210 – 2600 нм, так и в ИК область спектра (2200 – 16000 нм). Оптимизированная модификация ORPHEUS-ONE-HP позволяет получить еще больший диапазон перестройки в среднем ИК (4500 – 16000 нм).

По умолчанию ОПУ ORPHEUS-HP имеет диапазон перестройки 630 – 2600 нм, а ORPHEUS-ONE-HP – 1350 – 4500 нм. Оптическая схема ORPHEUS-ONE-HP оптимизирована под генерацию излучения с шириной линии  $> 150 \text{ см}^{-1}$ , при которой ОПУ сконфигурирован на широкополосное усиление. Дизайн данного ОПУ позволяет осуществлять

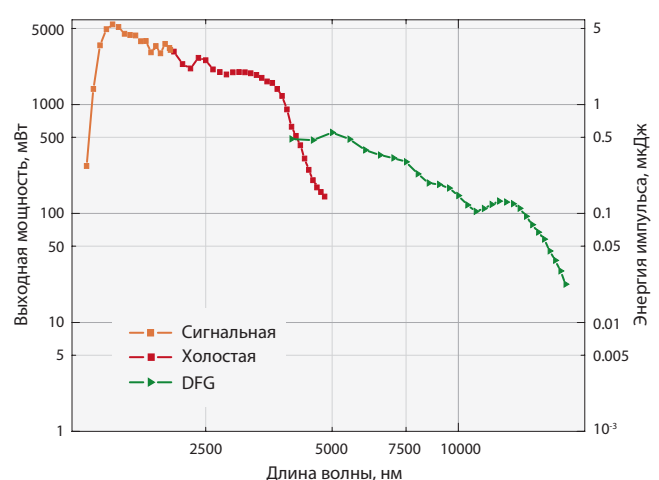
автоматизированную перестройку длины волны с помощью ПО и автоматическое разделение генерируемых длин волн, а также гарантирует вывод излучения во всем рабочем диапазоне в одинаковом положении и направлении. ORPHEUS-HP также оснащен встроенным миниспектрометром для онлайн мониторинга длины волны выходного излучения и поставляется со специализированным ПО, позволяющим проводить автоматическую калибровку за счет механизма обратной связи.

Модификация ORPHEUS-HP будет предпочтительнее стандартного ORPHEUS в тех случаях, когда входная мощность излучения накачки превышает 8 Вт или когда рабочий диапазон требует одновременного перекрытия как в УФ, так и в ИК областях спектра (например, 315 – 5000 нм). Наконец, в сравнении ORPHEUS-HP с DFG опцией расширения, модель ORPHEUS-ONE-HP обладает более высокой эффективностью преобразования излучения накачки в ИК диапазоне спектра.



### ORPHEUS-HP

Типовой диапазон перестройки ORPHEUS-HP  
Накачка 40 Вт, 40 мкДж, 1000 кГц



### ORPHEUS-ONE-HP

Типовой диапазон перестройки ORPHEUS-ONE-HP  
Накачка 40 Вт, 40 мкДж, 1000 кГц

Для интерактивного отображения диапазонов перестройки в зависимости от параметров накачки посетите <http://toolbox.lightcon.com/tools/tuningcurves/>

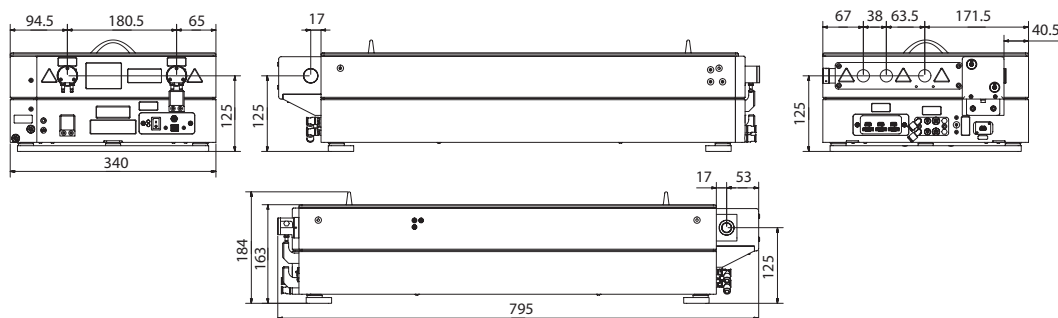
**ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Модель		ORPHEUS-HP		ORPHEUS-ONE-HP		ORPHEUS-ONE-HP (BB)	
<b>ПАРАМЕТРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВЫХОДЕ ОПУ</b>							
Диапазон перестройки	Сигнальная	630 – 1020 нм		1350 – 2060 нм		1350 – 2060 нм	
	Холостая	1040 – 2600 нм		2060 – 4500 нм		2060 – 4500 нм	
Максимальная мощность накачки		40 Вт		40 Вт		40 Вт	
Энергия накачки		8 – 20 мкДж	20 – 400 мкДж	12 – 30 мкДж	30 – 400 мкДж	12 – 30 мкДж	30 – 400 мкДж
Пиковая эффективность преобразования	Сигнальная	> 4.5 %	> 9 %	—		—	
	Холостая	> 2.8 %	> 4 %	—		—	
	Сигнальная + холодая	—		> 10 %	> 14 %	> 10 %	> 14 %
Длительность импульса		Pharos Carbide	Pharos-SP	—		—	
		150 – 290 фс	120 – 190 фс				
Спектральная ширина линии	700 – 960 нм	Pharos Carbide	Pharos-SP	—		—	
		80 – 150 см <sup>-1</sup>	100 – 220 см <sup>-1</sup>				
	1450 – 1550 нм	—		60 – 150 см <sup>-1</sup>		> 200 см <sup>-1</sup>	
	1550 – 2000 нм	—		60 – 150 см <sup>-1</sup>		60 – 140 см <sup>-1</sup>	
Долговременная стабильность мощности, 8 ч		СКО < 2 % на 800 нм		СКО < 2 % на 1550 нм		СКО < 2 % на 1550 нм	
Стабильность энергии импульса, 1 мин		СКО < 2 % на 800 нм		СКО < 2 % на 1550 нм		СКО < 2 % на 1550 нм	

**ПАРАМЕТРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВЫХОДЕ МОДУЛЕЙ РАСШИРЕНИЯ**

Пиковые значения	Энергия накачки	8 – 20 мкДж	20 – 400 мкДж	12 – 30 мкДж	30 – 400 мкДж	12 – 30 мкДж	30 – 400 мкДж
	315 – 510 нм (вторая гармоника от сигнальной)	> 1.2 %	> 2.4 %	—		—	
	520 – 630 нм (вторая гармоника от холостой)	> 1.2 %	> 2.4 %	—		—	
	720 – 970 нм (вторая гармоника от сигнальной)	Перекрывается сигнальной от ORPHEUS-HP		70 – 150 см <sup>-1</sup> на 800 – 970 нм			
				> 2 %		> 2 %	
	190 – 215 нм (четвертая гармоника от сигнальной)	нет данных	> 0.3 % <sup>1)</sup>	—		—	
	210 – 315 нм (четвертая гармоника от холостой)	> 0.4 %	> 0.8 %	—		—	
	2200 – 4200 нм (DFG1)	3000 нм		Перекрывается сигнальной и/или холостой от ORPHEUS-ONE-HP			
		> 1.5 %	> 3.0 %				
	4000 – 16 000 нм (DFG2)	10 000 нм		60 – 120 см <sup>-1</sup> на 5000 – 8000 нм		60 – 120 см <sup>-1</sup> на 5000 – 8000 нм	
			10 000 нм		10 000 нм		
	> 0.1 %	> 0.2 %	> 0.2 %	> 0.3 %	> 0.2 %	> 0.3 %	

<sup>1)</sup> Эффективность преобразования для дальнего УФ указывается только тогда, когда мощность накачки ОПУ < 10 Вт. В случае более высокой мощности накачки эффективность преобразования уменьшается, поэтому максимальная выходная мощность ограничена значением в 40 мВт на 200 нм.



Габаритные размеры ORPHEUS-HP

# ORPHEUS-F

## Широкополосный оптический параметрический усилитель

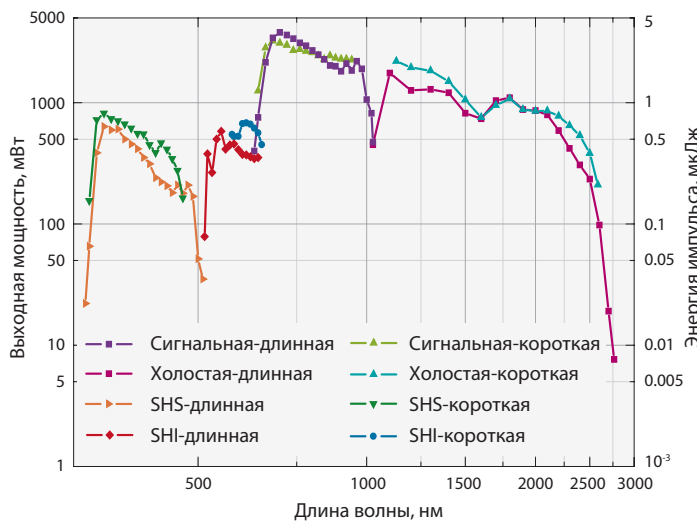


### ОСОБЕННОСТИ

- Объединяет в себе лучшие преимущества коллинеарных и неколлинеарных OPA
- Длительность импульса < 100 фс
- Изменяющаяся спектральная ширина линии
- Частота следования импульсов: от единичного импульса до 1 МГц
- Полное управление через ПК
- Опция заполнения промежутка перестройки двойной длительностью импульса

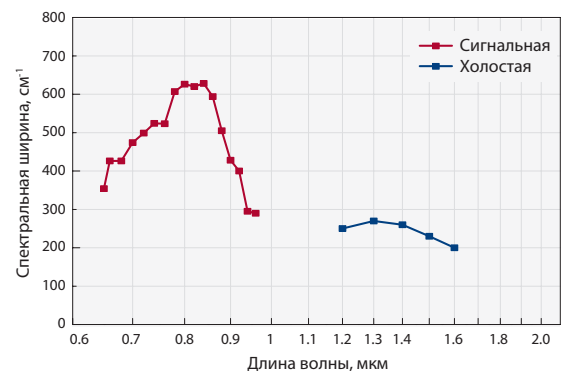
Данный прибор представляет собой гибридный оптический параметрический усилитель (OPA) континуума белого света, накачиваемый усилителями на основе фемтосекундного иттербиевого лазера. Данный OPA сочетает в себе короткую длительность импульсов (за счет неколлинеарного OPA) и широкий диапазон перестройки (за счет коллинеарного OPA). Сигнальная волна может быть легко сжата до длительности менее 60 фс почти во всем спектральном интервале с помощью обычной призмы, тогда как холостая волна сжимается с помощью специального компрессора до длительности 40 - 90 фс в зависимости от длины волны. Переключение на стандартный OPA для перестройки в диапазоне 900 - 1200 нм (250 фс) опционально. Также

возможно ограничить ширину выходного спектра до некоторого значения (в 2-3 раза) без потери выходной мощности. Стандартный OPA ORPHEUS использует спектральное сжатие для генерации узких спектральных импульсов с длительностью 200 - 300 фс с расширенным диапазоном перестройки сигнальной/холостой волны и опциональной возможностью генерации света в УФ и средней ИК области. Неколлинеарный OPA ORPHEUS-N-2H позволяет генерировать даже более широкие полосы с длительностью менее 20 фс, но ограничивается спектральным диапазоном 650 - 900 нм. В большинстве случаев выбор ORPHEUS-F является наиболее подходящим благодаря его производительности.

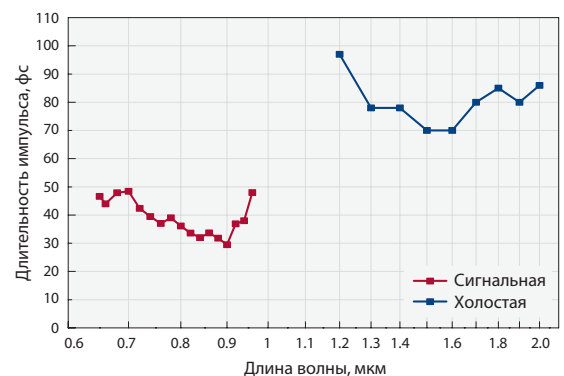


Кривая эффективности преобразования энергии ORPHEUS-F  
Накачка 40 Вт, 40 мкДж, 1000 кГц

Для интерактивного отображения диапазонов перестройки в зависимости от параметров накачки посетите <http://toolbox.lightcon.com/tools/tuningcurves/>



Стандартная ширина линии ORPHEUS-F



Длительность импульса ORPHEUS-F после внешнего сжатия

**ХАРАКТЕРИСТИКИ**

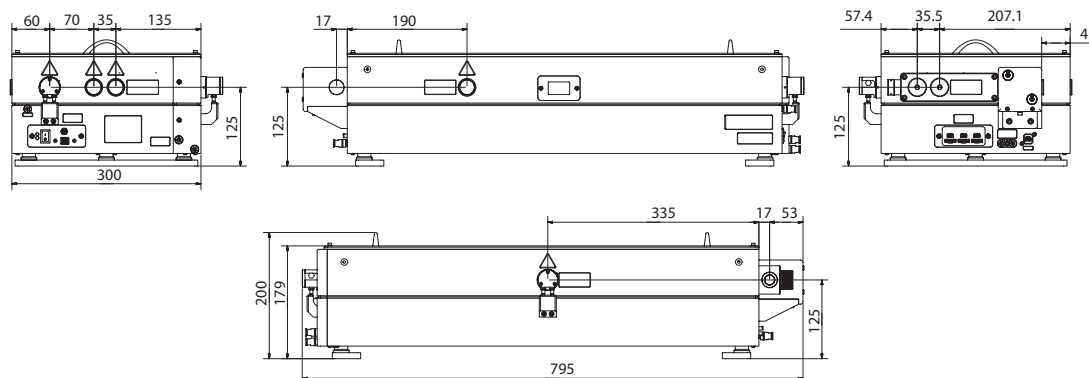
Модель	<b>ORPHEUS-F</b> (режим короткого импульса)		<b>ORPHEUS-F</b> (режим длинного импульса)	

**ПАРАМЕТРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВЫХОДЕ ОПУ**

Диапазон перестройки	Сигнальная	650 – 900 нм	650 – 1010 нм	
	Холостая	1 200 – 2 500 нм	1050 – 2500 нм	
Эффективность генерации второй гармоники	Отдельный выходной порт	> 35% (515 нм), порт G/F	> 35% (515 нм), порт G/F	
Максимальная мощность накачки		40 Вт	40 Вт	
Пиковая эффективность преобразования	Энергии накачки	10 – 500 мкДж	10 – 500 мкДж	
	Сигнальная + холостая	> 10 %	> 10 %	
Длительность импульса до сжатия		< 290 фс	< 290 фс	
Спектральная ширина линии	В диапазоне длин волн 650 – 900 нм	200 – 750 см <sup>-1</sup>	Pharos / Carbide	Pharos-SP
			80 – 150 см <sup>-1</sup>	100 – 220 см <sup>-1</sup>
Длительность импульса после сжатия	800 – 900 нм	< 55 фс	—	
	650 – 800 нм	< 70 фс		
	1200 – 2000 нм	< 100 фс		
	Типовая: 650 – 900 нм	25 – 70 фс		
Передача сжатого излучения	Типовая: 1200 – 2000 нм	40 – 100 фс		
	650 – 900 нм	> 65 %	—	
1200 – 2000 нм	> 80 %			
Долговременная стабильность мощности, 8 ч		СКО < 2 % на 800 нм	СКО < 2 % на 800 нм	
Стабильность энергии импульса, 1 мин		СКО < 2 % на 800 нм	СКО < 2 % на 800 нм	

**ПАРАМЕТРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВЫХОДЕ МОДУЛЕЙ РАСШИРЕНИЯ**

Пиковые значения	325 – 450 нм (вторая гармоника от сигнальной)	> 1 %	—	
	325 – 505 нм (вторая гармоника от сигнальной)	—	> 1 %	
	525 – 650 нм (вторая гармоника от холостой)	—	> 0.5 %	
	600 – 700 нм (вторая гармоника от холостой)	> 0.5 %	—	
	210 – 252 нм (четвертая гармоника от сигнальной)	—	> 0.1 %	
	263 – 325 нм (четвертая гармоника от холостой)	—	> 0.2 %	
	2200 – 4200 нм (DFG1)	По запросу	По запросу	
4000 – 16 000 нм (DFG2)	По запросу	По запросу		



Габаритные размеры ORPHEUS-F



# ORPHEUS-IV

## Неколлинеарный оптический параметрический усилитель



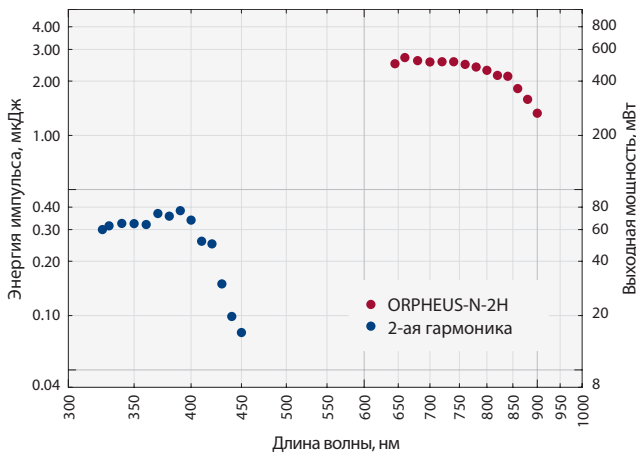
### ОСОБЕННОСТИ

- Длительность импульса < 30 фс
- Встроенный призмный компрессор
- Регулируемая длительность импульса и спектральная ширина линии
- Частота следования импульсов: от единичного импульса до 1 МГц
- Полное управление от ПК

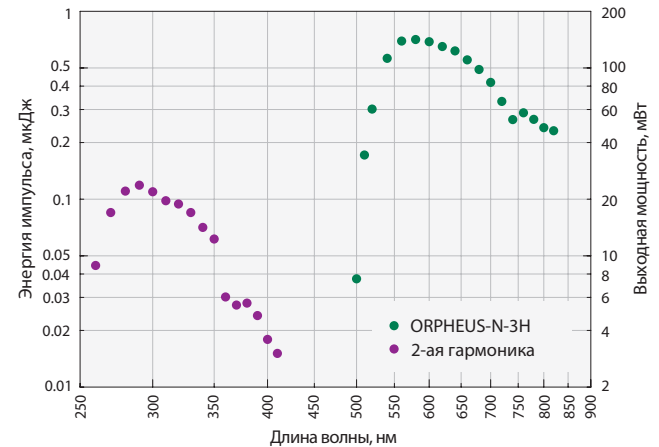
ORPHEUS-N представляет собой неколлинеарный оптический параметрический усилитель (НОПУ) с накачкой лазерной системой PHAROS. В зависимости от модели ORPHEUS-N имеет встроенный генератор второй и третьей гармоник (515 нм и 343 нм). ORPHEUS-N с накачкой второй гармоникой (ORPHEUS-N-2H) формирует импульсы длительностью менее 30 фс в диапазоне 700 - 850 нм со средней мощностью выше 0,5 Вт на длине волны 700 нм<sup>1)</sup>. ORPHEUS-N с накачкой третьей гармоникой (ORPHEUS-N-3H) формирует импульсы длительностью менее 30 фс в диапазоне 530 - 670 нм при средней мощности выше 0,2 Вт на длине волны 550 нм. Частота следования импульсов

ORPHEUS-N достигает 1 МГц. Устройство оснащено шаговыми двигателями с компьютерным управлением, что позволяет автоматически настраивать длину волны излучения на выходе. Предлагается дополнительный генератор второй гармоники для расширения диапазона настройки вплоть до 250 - 450 нм. Благодаря высокотехнологичному импульсному компрессору ORPHEUS-N является незаменимым инструментом для временной спектроскопии. Несколько систем ORPHEUS-N можно накачивать одной лазерной установкой PHAROS, это обеспечивает ряд каналов накачки и независимую настройку длины волны.

<sup>1)</sup> Накачка 6 Вт, 1030 нм, 200 кГц.

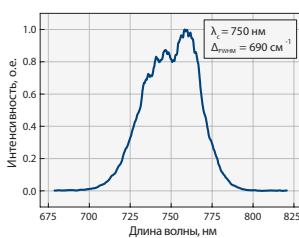


Диапазон перестройки системы ORPHEUS-N-2H  
Накачка: PHAROS-6W, 200 кГц, 260 фс

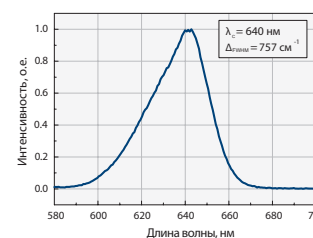
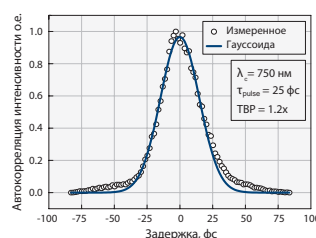


Диапазон перестройки системы ORPHEUS-N-3H  
Накачка: PHAROS-6W, 200 кГц, 260 фс

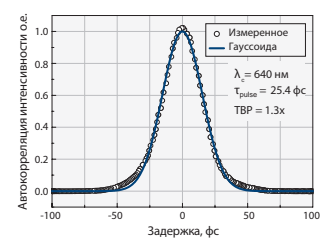
Для интерактивного отображения диапазонов перестройки в зависимости от параметров накачки посетите <http://toolbox.lightcon.com/tools/tuningcurves/>



Выходные параметры системы ORPHEUS-N-2H



Выходные параметры системы ORPHEUS-N-3H

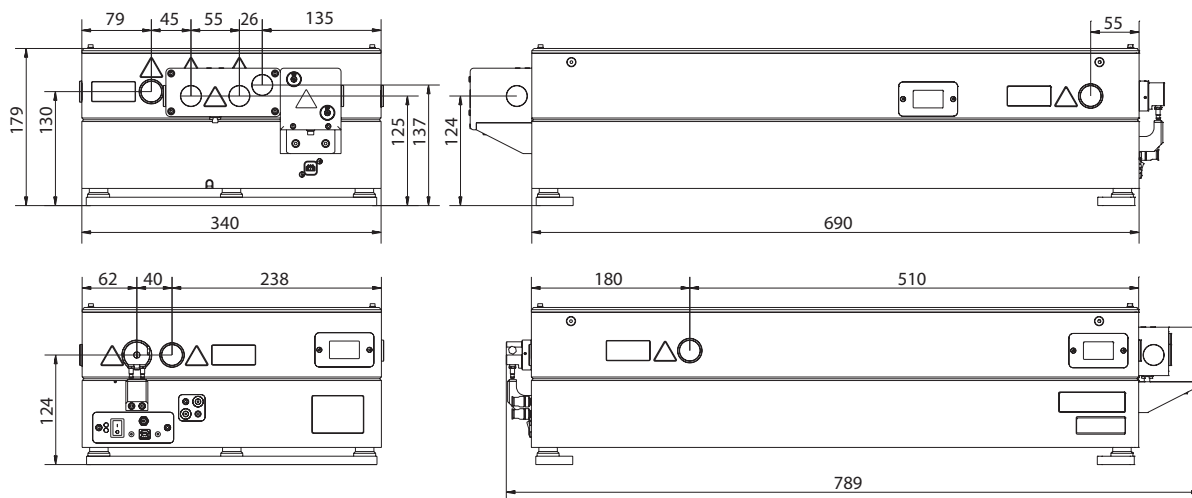


**ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Модель	<b>ORPHEUS-N-2H</b>		<b>ORPHEUS-N-3H</b>			
<b>ПАРАМЕТРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВЫХОДЕ ОПУ</b>						
Диапазон перестройки	Сигнальная	650 – 900 нм		520 – 900 нм		
	Холодная	—		—		
Эффективность генерации второй (третьей) гармоники	Отдельный выходной порт	> 35 % (515 нм)		> 25 % (343 нм)		
Максимальная мощность накачки	8 Вт		8 Вт			
Пиковая эффективность преобразования	Сигнальная	10 – 200 мкДж		12 – 200 мкДж		
		700 нм	800 нм	580 нм	700 нм	800 нм
		> 7 %	> 5 %	> 1.3 %	> 0.7 %	> 0.3 %
Длительность импульса после сжатия	530 – 670 нм	—		< 30 фс		
	670 – 900 нм	—		< 80 фс		
	700 – 850 нм	< 30 фс		—		
Долговременная стабильность мощности, 8 ч	СКО < 2% на 800 нм		СКО < 2% на 800 нм			
Стабильность энергии импульса, 1 мин	СКО < 2% на 800 нм		СКО < 2% на 800 нм			

**ПАРАМЕТРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВЫХОДЕ МОДУЛЕЙ РАСШИРЕНИЯ**

Пиковые значения	325 – 450 нм (вторая гармоника от сигнальной)	> 10% (от сигнальной)	—		
	260 – 450 нм (вторая гармоника от сигнальной)	—	> 10% (от сигнальной)		



Габаритные размеры системы ORPHEUS-N

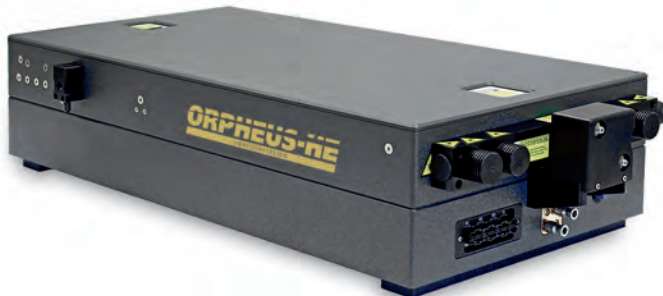


Пример конфигурации установки на базе ORPHEUS-N

# ORPHEUS-HE

new

## Высокоэнергетический оптический параметрический усилитель



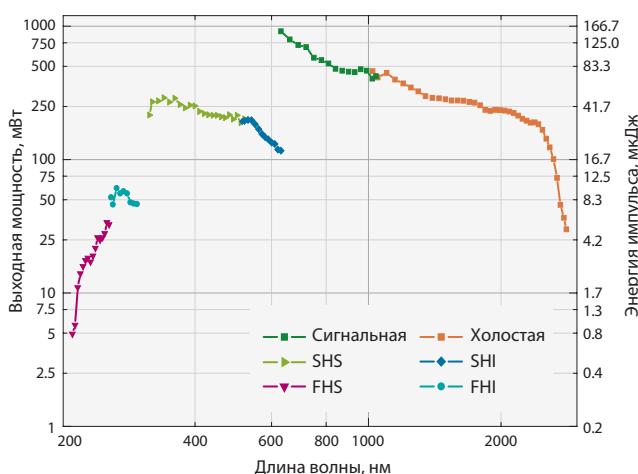
### ОСОБЕННОСТИ

- Диапазон перестройки 190 – 16000 нм
- Частота следования импульсов < 1 кГц – 1 МГц
- Мощность накачки до 40 Вт
- Энергия накачки до 2 мДж
- Совмещенный выходной порт для УФ, видимого и ИК
- Отдельный выходной порт для среднего ИК
- Встроенный спектрометр

ORPHEUS-HE представляет собой коллинеарный оптический параметрический усилитель континуума белого света, накачиваемый фемтосекундным лазером PHAROS. Данная модель оптимизирована под работу с импульсами высокой энергии, чтобы получать на выходе пучок высочайшего качества. Данный ОПУ собран в цельном моноблочном корпусе и имеет опции расширения диапазона перестройки в УФ и среднюю ИК области спектра. ORPHEUS-HE спроектирован таким образом, что не требует дополнительного обслуживания или подстройки во время работы, а также гарантирует постоянство положения, направления и поляризации для всех длин волн в стандартном диапазоне перестройки (190 – 2600 нм). Также доступен отдельный выходной порт для опции расширения

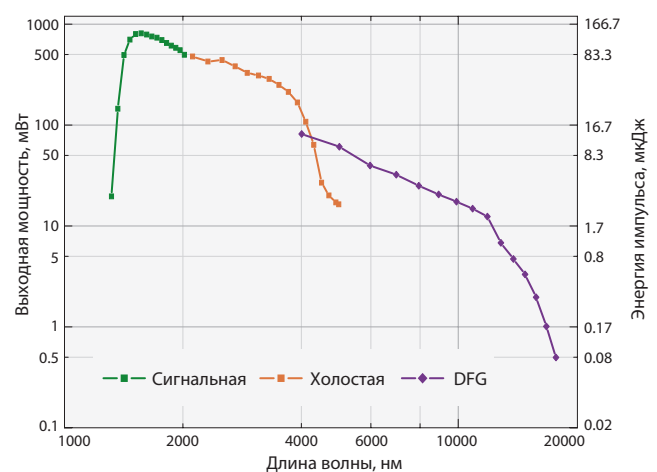
в среднюю ИК область спектра, перекрывающую диапазон 2.4 – 16 мкм.

ORPHEUS-HE также оснащен встроенным миниспектрометром для онлайн мониторинга длины волны выходного излучения и проведения удаленного обслуживания через механизм обратной связи. Температурная стабилизация корпуса помогает снизить чувствительность системы к внешней температуре, поддерживать точность наведения луча и оптическую ось компонентов при долговременных экспериментах. Данный ОПУ также может быть переконфигурирован для работы с более низкоэнергетическими импульсами накачки при большей частоте следования, чтобы максимально использовать рабочий спектр лазерных систем PHAROS.



### ORPHEUS-HE

Типовой диапазон перестройки ORPHEUS-HE  
Накачка 6 Вт, 1 мДж, 6 кГц



### ORPHEUS-ONE-HE

Типовой диапазон перестройки ORPHEUS-ONE-HE  
Накачка 6 Вт, 1 мДж, 6 кГц

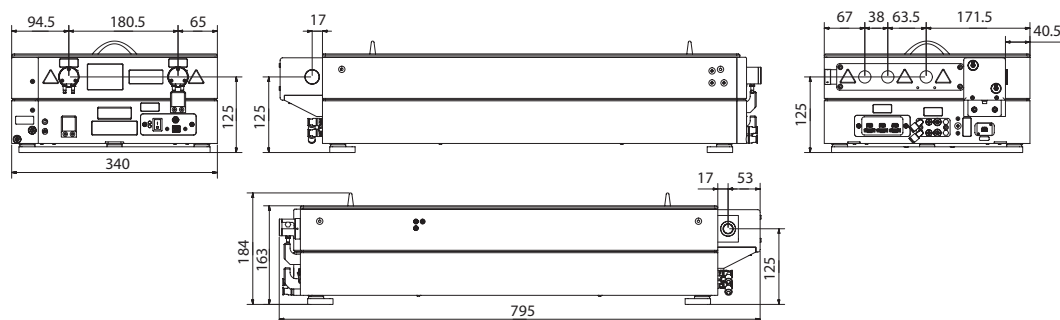
Для интерактивного отображения диапазонов перестройки в зависимости от параметров накачки посетите <http://toolbox.lightcon.com/tools/tuningcurves/>

**ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Модель		<b>ORPHEUS-HE</b>		<b>ORPHEUS-ONE-HE</b>
<b>ПАРАМЕТРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВЫХОДЕ ОПУ</b>				
Диапазон перестройки	Сигнальная	630 – 1020 нм		1350 – 2060 нм
	Холостая	1040 – 2600 нм		2060 – 4500 нм
Максимальная мощность накачки		40 Вт		40 Вт
Энергия накачки		400 – 2000 мкДж		400 – 2000 мкДж
Пиковая эффективность преобразования	Сигнальная	> 9 %		-
	Холостая	> 4 %		
	Сигнальная + холодая	-		> 14 %
Длительность импульса		Pharos / Carbide	Pharos-SP	-
		150 – 290 фс	120 – 190 фс	
Спектральная ширина линии	700 – 960 нм	Pharos / Carbide	Pharos-SP	-
		80 – 150 см <sup>-1</sup>	100 – 220 см <sup>-1</sup>	
	1450 – 2000 нм	-		
	1550 – 2000 нм	-		60 – 150 см <sup>-1</sup>
Долговременная стабильность мощности, 8 ч		СКО < 2% на 800 нм		СКО < 2% на 1550 нм
Стабильность энергии импульса, 1 мин		СКО < 2% на 800 нм		СКО < 2% на 1550 нм

**ПАРАМЕТРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВЫХОДЕ МОДУЛЕЙ РАСШИРЕНИЯ**

Пиковые значения	Энергия накачки	400 – 2000 мкДж	400 – 2000 мкДж
	315 – 510 нм (вторая гармоника от сигнальной)	> 2.4 %	-
	520 – 630 нм (вторая гармоника от холостой)	> 2.4 %	-
	720 – 970 нм (вторая гармоника от сигнальной)	Перекрывается сигнальной от ORPHEUS-HE	70 – 150 см <sup>-1</sup> на 800 – 970 нм > 2 %
	190 – 215 нм (четвертая гармоника от сигнальной)	> 0.3 %	-
	210 – 315 нм (четвертая гармоника от холостой)	> 0.8 %	-
	2200 – 4200 нм (DFG1)	3000 нм > 3.0 %	Перекрывается сигнальной и/или холостой от ORPHEUS-ONE-HE
	4000 – 16 000 нм (DFG2)	10 000 нм	60 – 120 см <sup>-1</sup> на 5000 – 8000 нм
		> 0.2 %	10 000 нм > 0.3 %



Габаритные размеры ORPHEUS-HE

СВЕРХБЫСТРЫЕ ЛАЗЕРЫ

ГЕНЕРАТОРЫ

ГЕНЕРАТОРЫ ГАРМОНИК

ОПТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ

СПЕКТРОМЕТРЫ

АВТОКОРРЕЛЯТОРЫ

# ORPHEUS-TWINS

## Два независимых перестраиваемых оптических параметрических усилителя

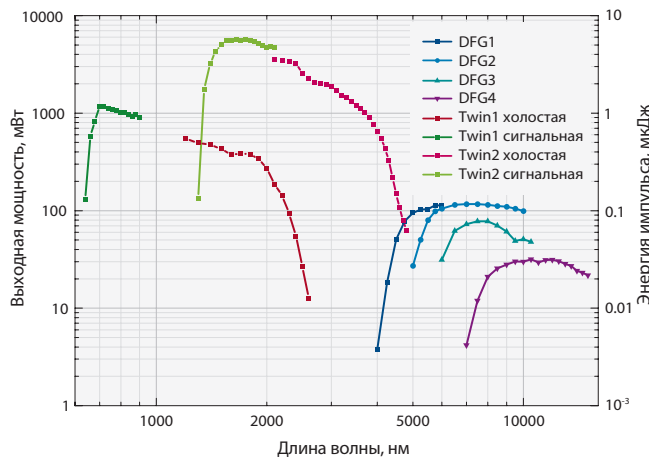


### ОСОБЕННОСТИ

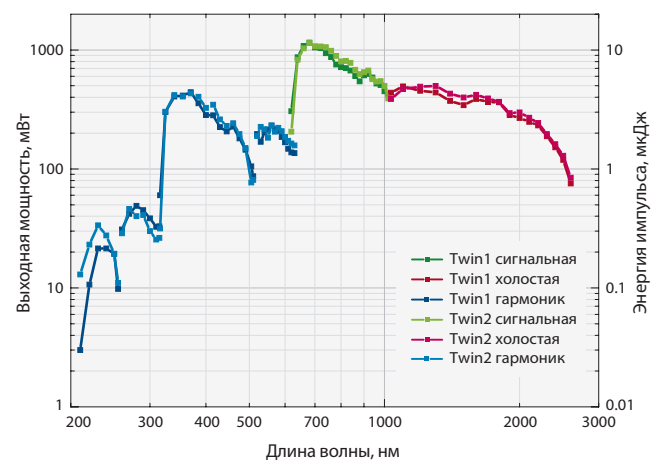
- Два ОПУ в едином корпусе
- Диапазон перестройки 210 – 16000 нм
- Частота следования импульсов: от единичного импульса до 1 МГц
- Энергия импульса накачки до 0.5 мДж (2 мДж по запросу)
- Доступные версии с длинными и короткими (< 100 фс) импульсами
- Возможность генерации CEP (фаза несущей частоты) стабильного излучения в средней ИК области
- Встроенный спектрометр для контроля выходной длины волны

ORPHEUS-Twins – это два независимых перестраиваемых оптических параметрических усилителя (ОПА), разработанных для получения необходимых параметров и типов ОПА. Оба канала могут быть отдельно сконфигурированы по ОПА версиям ORPHEUS, ORPHEUS-ONE, ORPHEUS-F и даже ORPHEUS-N. Каждый из ОПА имеет собственный корпус, а для накачки используют один и тот же источник

белого света. Дизайн данного усилителя позволяет с легкостью осуществлять перестройку по длинам волн, имеет опциональную возможность автоматизированного разделения длин волн и генерации широкополосного излучения в средней ИК области (4 – 16 мкм) с пассивно стабильной фазой несущей частоты (CEP).



Кривая эффективности преобразования энергии  
Накачка 40 Вт, 40 мкДж, 1000 кГц



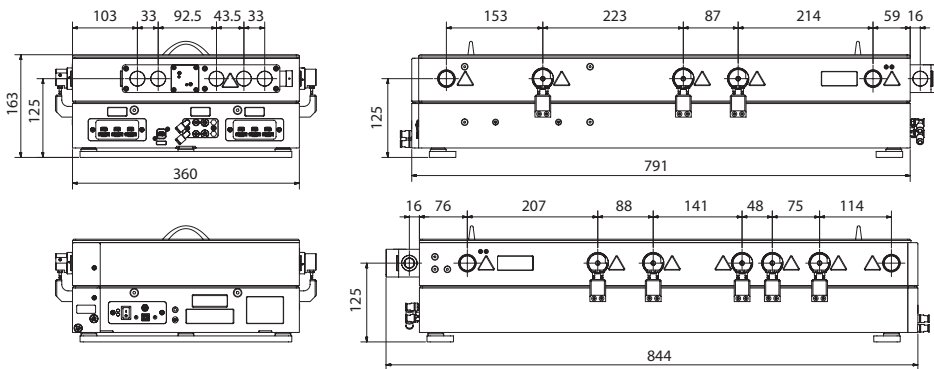
Кривая эффективности преобразования энергии  
Накачка 20 Вт, 20 мкДж, 100 кГц

Для интерактивного отображения диапазонов перестройки в зависимости от параметров накачки посетите <http://toolbox.lightcon.com/tools/tuningcurves/>

### ХАРАКТЕРИСТИКИ

Требуемый лазер накачки	PHAROS или CARBIDE
Допустимая энергия накачки на 1030 нм при длительности 180 – 300 фс	8 мкДж – 2 мДж
Поддерживаемые частоты следования	Единичный импульс – 1 МГц
Диапазон перестройки	Выбор среди конфигураций: ORPHEUS, ORPHEUS-F, ORPHEUS-N-2H, ORPHEUS-ONE
Выходная энергия импульса	В зависимости от конфигурации: см. характеристики соответствующей модели
Спектральная ширина линии	В зависимости от конфигурации: до 100 – 750 см <sup>-1</sup>
Длительность импульса	В зависимости от конфигурации: до 40 фс

Габариты	Ш × Д × В (мм)
Полные габариты ORPHEUS Twins, включая сепаратор излучения	810 × 430 × 164
Полные габариты системы PHAROS+ORPHEUS Twins со вторичной оптикой	910 × 850 × 215



Габаритные размеры ORPHEUS-TWINS



ПРИМЕР КОНФИГУРАЦИИ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ ORPHEUS-TWINS

# ORPHEUS-PS

## Узкополосный оптический параметрический усилитель



### ОСОБЕННОСТИ

- Построен по схеме прибора TOPAS-800 OPA
- Непрерывная перестройка пикосекундных импульсов в диапазоне 315 – 5000 нм
- Выходное излучение практически ограничено шириной спектральной линии, спектральная ширина  $< 15 \text{ см}^{-1}$
- Высокая стабильность достигается за счет затравки континуумом белого света, генерируемого фс импульсами
- Частота следования импульсов до 100 кГц
- Полное управление от компьютера через USB-интерфейс

### ПРИМЕНЕНИЯ

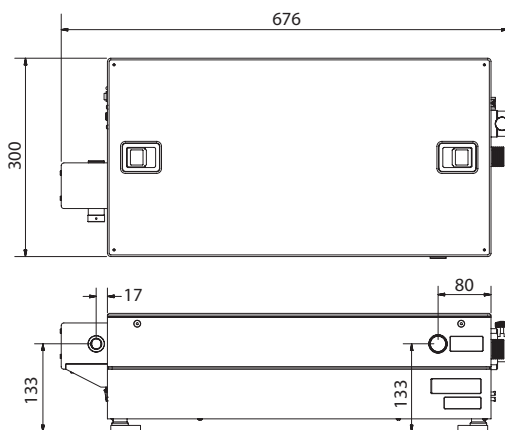
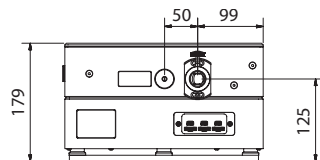
- Рамановская спектроскопия
- Поверхностная спектроскопия со сложением частоты

### ХАРАКТЕРИСТИКИ

Модель	ORPHEUS-PS
Диапазон перестройки	640 – 1010 нм сигнальная и 1050 – 2600 нм холостая
Эффективность преобразования	$> 20 \%$ (при накачке от SHVC)
Стабильность энергии импульса	СКО $< 2.0 \%$ на 700 – 960 нм и 1100 – 2000 нм
Спектральная ширина линии	$< 20 \text{ см}^{-1}$ на 700 – 2000 нм при ширине спектра накачки $< 10 \text{ см}^{-1}$
Длительность импульса	1 – 4 пс в зависимости от длительности импульса от SHVC-515
SH опция	Диапазон перестройки: 320 – 505 нм, 525 – 640 нм. Эффективность преобразования: $> 3\%$ для пикового значения
DFG опция	Доступно, уточняйте параметры

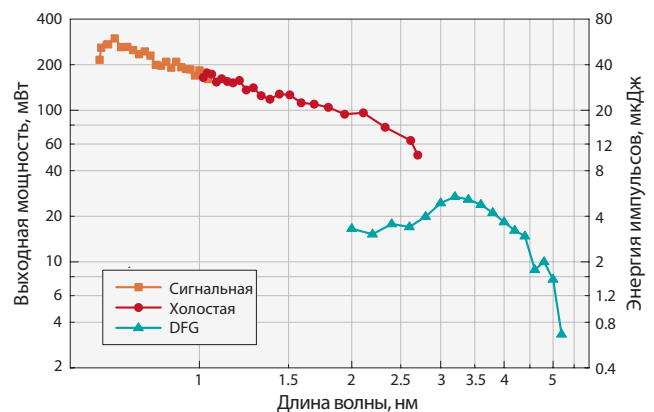
Требования ко входным импульсам накачки:

- 1) Пикосекундные, 515 нм, генерируемые модулем SHVC-515: энергия импульса 120 мкДж – 1 мДж, длительность импульса 1 – 3 пс, спектральная ширина линии  $< 20 \text{ см}^{-1}$
- 2) Требуется ввод несжатого излучения от SHVC
- 3) Ограничения по максимальной мощности накачки: 6 Вт при 40 – 100 кГц, 8 Вт при 20 – 40 кГц, 10 Вт при 1 – 20 кГц



Габаритные размеры ORPHEUS-PS

ORPHEUS-PS представляет собой оптический параметрический усилитель непрерывного белого света с узкой спектральной линией излучения, разработанный для накачки лазеров серии PHAROS. Данная система накачивается пикосекундными импульсами, поступающими от генератора второй гармоники с узкой спектральной линией SHVC-515 и затравливается континуумом белого света, генерируемого фемтосекундными импульсами. Данная технология позволяет получить очень высокую стабильность от импульса к импульсу по сравнению с другими методами получения перестраиваемых пикосекундных импульсов. Источник белого света также встроен в корпус в качестве усилительного модуля, обеспечивая лучшую долговременную стабильность и простоту использования. Система характеризуется высокой эффективностью преобразования, практически дифракционно и спектрально ограниченным выходным излучением, полным управлением от компьютера и наличием драйверов LabView. Часть излучения лазеров серии PHAROS может быть разделена для одновременной накачки фемтосекундного оптического параметрического усилителя (OPA), обеспечивая широкий диапазон перестройки в 630 – 16000 нм и предоставляя полный набор лучей, необходимый для всесторонних применений в спектроскопии. Например, для измерения узких полос рамановских спектров или поверхностной спектроскопии со сложением частоты.



Диапазон перестройки системы ORPHEUS-PS  
Накачка: 2 Вт, 400 мкДж при 5 кГц из SHVC (514.2 нм),  $\Delta\lambda = \approx 8 \text{ см}^{-1}$ ,  $\tau = 2.7 \text{ пс}$

# TOPAS

## Оптический параметрический усилитель для титан-сапфировых лазеров

TOPAS представляет собой оптический параметрический усилитель с диапазоном перестройки от 189 нм до 20 мкм. Он обладает высокой эффективностью и полностью управляется от компьютера. Имея более чем 1700 используемых систем по всему миру, TOPAS стал лидером на рынке оптических параметрических усилителей и стандартным инструментом для большинства научных исследований. Данная система может накачиваться лазерами на Ti:Sapphire с длительностью импульса 20 – 200 фс и энергией импульса 10 мкДж – 60 мДж. Также доступны конфигурации по вашим запросам.

### ОСОБЕННОСТИ

- Стандартное значение эффективности преобразования в усилителе > 25-30% (для сигнальной и холостой длин волн)
- Диапазон перестройки 1160 – 2600 нм (возможность расширения до 189 нм – 20 мкм)
- Высокая стабильность выходного излучения во всем диапазоне перестройки
- Выходное излучение ограничено шириной спектральной линии
- Стабилизация ФНЧ (фазы несущей частоты) в диапазоне 1600 – 2600 нм
- Полное управление от ПК
- Доступны конфигурации по вашим запросам

### TOPAS-Prime

TOPAS-Prime – это двухуровневый оптический параметрический усилитель континуума белого света. Данная модель обеспечивает эффективность преобразования энергии в 30% без потерь в пространственном, спектральном и временном разрешениях выходных параметров. Доступны две базовые версии данного усилителя: стандартная версия для входной энергии до 3.5 мДж с длительностью импульса 35 фс и версия TOPAS-Prime-Plus для входной энергии до 5 мДж с длительностью импульса 35 – 100 фс.



### TOPAS-HR

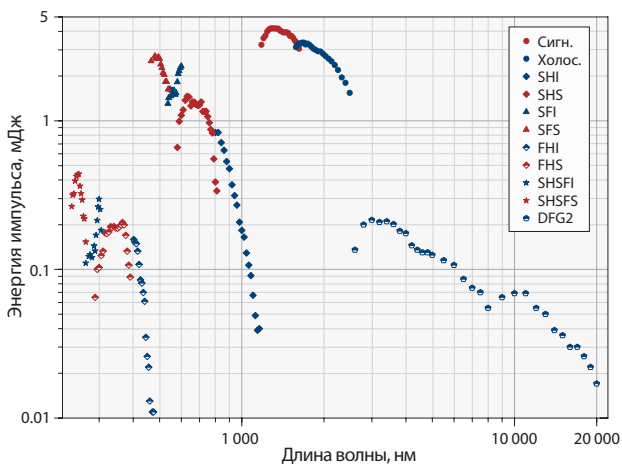
Для высокочастотных применений

TOPAS-HR – это оптический параметрический усилитель, разработанный для использования в приложениях с высокой частотой следования импульсов (10 кГц – 1 МГц). Данный ОПА обеспечивает высокую стабильность от импульса к импульсу во всем рабочем диапазоне, высокое качество выходного излучения, имеет полную автоматизацию и управляется через USB, а также имеет возможность смешивания частот для расширения диапазона перестройки. TOPAS-HR может накачиваться фемтосекундными лазерами на титан-сапфире с высокой частотой следования импульсов и является непревзойденным инструментом для спектроскопии, многофотонной микроскопии, микроструктурирования и других применений.

### HE-TOPAS-Prime

Для высоких энергий накачки

HE-TOPAS-Prime – это трехуровневый оптический параметрический усилитель континуума белого света, разработанный для энергий накачки свыше 5 мДж. Данная модель обеспечивает эффективность преобразования энергии до 40% как для сигнальной, так и для холостой длин волн. Данный ОПА компактный, имеет эргономичный дизайн и легко перестраивается под различные параметры импульса накачки. Доступны две базовые версии данного усилителя: стандартная версия для входной энергии до 25 мДж с длительностью импульса 100 фс (или до 8 мДж при 35 фс) и версия HE-TOPAS-Prime-Plus для входной энергии до 60 мДж с длительностью импульса 100 фс (или до 20 мДж при 35 фс). Также доступны некоторые пользовательские дополнения: адаптация под большую энергию накачки, температурная стабилизация, стабилизация ФНЧ и т.п.



Диапазон перестройки системы HE-TOPAS-Prime.  
Накачка: 22 мДж, 45 фс, 805 нм



## NirUVis Смеситель частоты



Данный прибор представляет собой смеситель частоты для TOPASPrime и HE-TOPAS-Prime. NirUVis состоит из трех нелинейных кристаллов, контролируемых компьютером, размещенных в одном корпусе. Выходное излучение генерируется за счет объединения второй и четвертой гармоник, а также генератора суммирования частоты. Этот прибор предлагает более высокую эффективность преобразования в определенных диапазонах длин волн, простоту управления, компактный дизайн, а также практически не подвержен влиянию окружающей среды. Кроме того, после каждого нелинейного кристалла производится отделение длин волн, что обеспечивает высокий импульсный контраст.

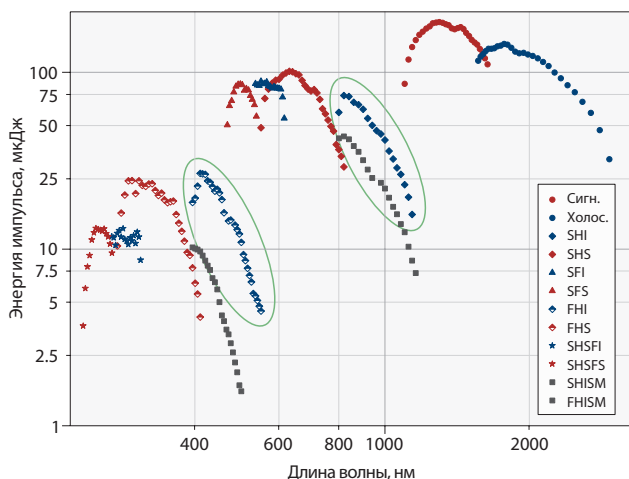
### ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО NirUVis

- Автоматическая перестройка и разделение – никакого ручного взаимодействия
- Отдельный выходной порт для длин волн в диапазоне 240 – 2600 нм – одинаковое положение
- Автоматический вращатель поляризатора для сигнальной волны – согласованная поляризация выходного пучка
- Автоматическое управление дихроичным зеркалом – обеспечивает хороший контраст
- Увеличенная эффективность преобразования холостой волны
- Оптическая система может быть построена в виде «U-формы», «L-формы» или прямой линии

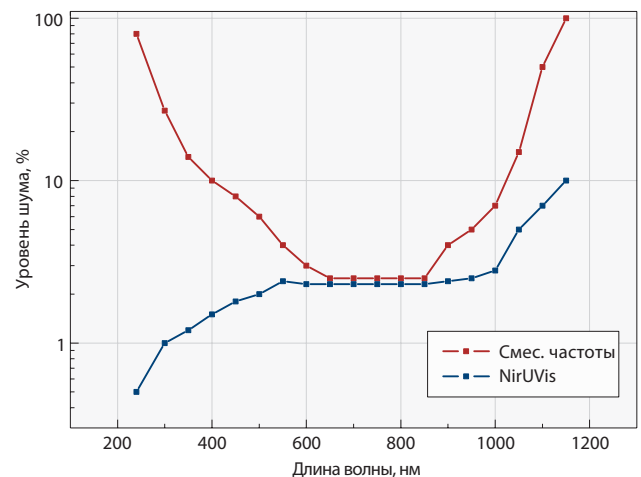
### ХАРАКТЕРИСТИКИ

Модель	Автоматизированный NirUVis	Стандартный NirUVis	NirUVis-DUV
Максимальный диапазон длин волн, нм	240 – 1160 нм	240 – 1160 нм	189 – 1160 нм
Автоматизированная перестройка, кроме:	Полностью автоматическая	Ручная смена делителей длин волн	Ручная смена делителей длин волн
Количество выходных портов	1 порт для всех длин волн	4 выходных порта (зависит от длины волны)	4 выходных порта (зависит от длины волны)
Опция накачки FRESH*	Включена	Опция	Включена

\* см. описание на следующей странице



Значение выходной энергии системы TOPAS-Prime (с опцией Fresh pump) + NirUVis Накачка: 1 мДж, 100 фс, 800 нм (Энергии, обозначенные как SHISM и FHISM, получены за счет смешивания частот в отдельных состояниях)

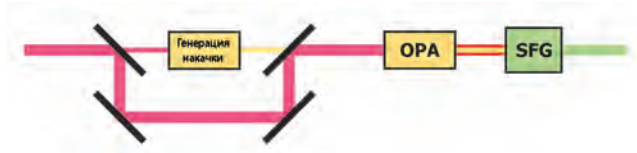


Сравнение уровня шумов между системой NirUVis и отдельными смесителями частоты

## Опция накачки FRESH

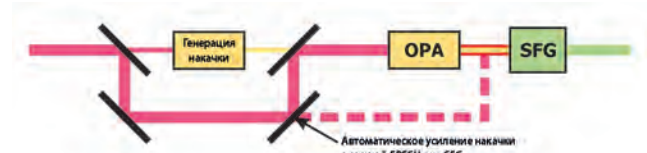
для SFG в диапазоне 475 – 580 нм для TOPAS-Prime

### Опция обедненной накачки

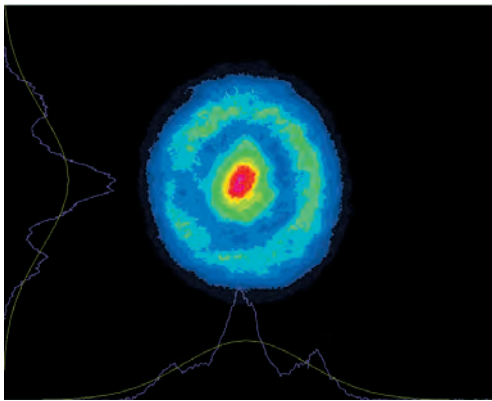


Случай, при котором осуществляется обедненная накачка SFG

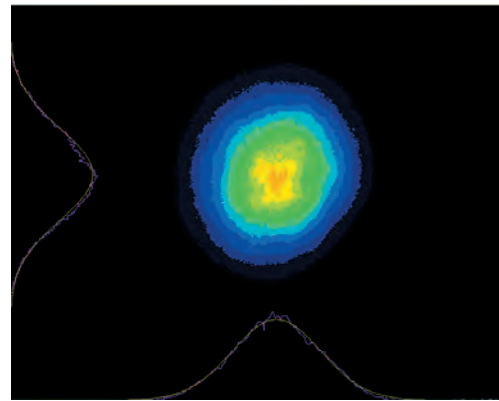
### Опция накачки FRESH



Случай, при котором осуществляется FRESH накачка для SFG



С опцией FRESH

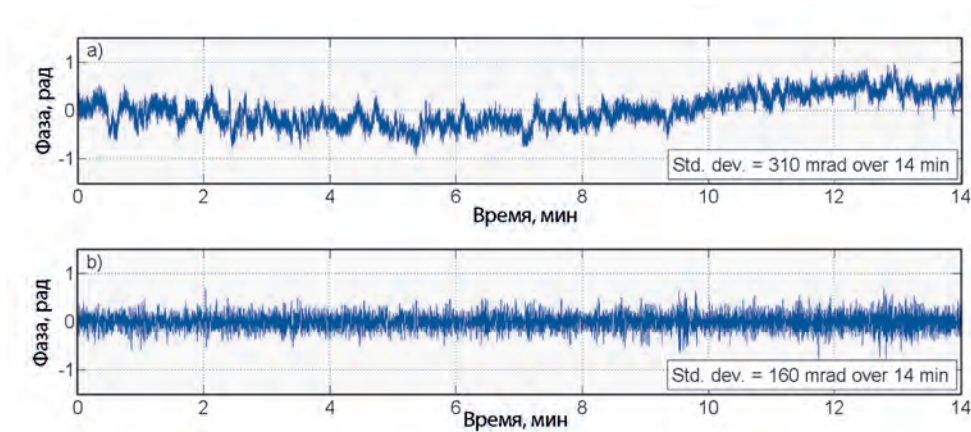


Без опции FRESH

## Набор для стабилизации ФНЧ (фаза несущей частоты) для холостой волны

Холостая волна устройств TOPAS (1600 – 2600 нм) пассивно заперта из-за параметрического трех-волнового взаимодействия, однако медленное смещение ФНЧ вызвано изменениями в наведении луча накачки или окружающих условиях. Мы предлагаем полное решение для регистрации

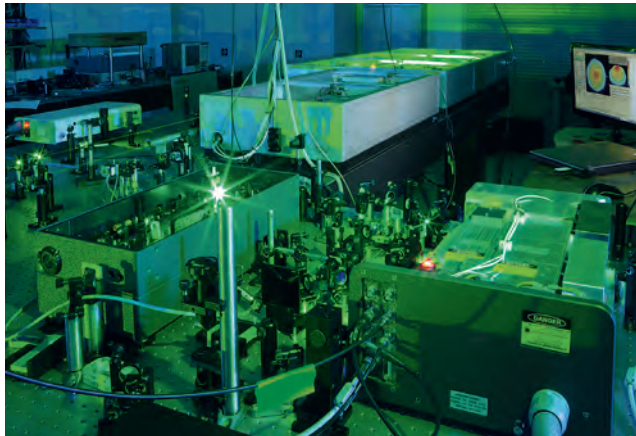
ФНЧ и компенсации смещений. Фазовая коррекция выполняется за счет использования f-2f интерферометра и механизма обратной связи для контроля временного разрешения между лучами накачки на этапе усиления.



СКО ФНЧ холостой волны в течение 14 минут без стабилизации (сверху) и со стабилизацией (снизу).  
Время интегрирования 4 мс (для импульсов)

# ОРСРА

## Кастомные системы оптического параметрического усиления чирпированных импульсов



### Особенности

- Технология внешней накачки основана на зарекомендовавшем себя лазере PHAROS
- Пассивная СЕР стабилизация осуществляется за счет оптического параметрического усилителя с температурным контролем
- Генерация континуума белого света обеспечивает бесфоновую широкополосную накачку, что гарантирует получение превосходного временного контраста импульса
- Надежная прямая оптическая синхронизация: лазер PHAROS предоставляет опции для прямой накачки различных высокоэнергетических пс лазеров на основе Yb или Nd, позволяя объединить нашу технологию внешней накачки и ОРСРА технологии со всеми стандартными типами высокоэнергетических и/или высокомоушнных пикосекундных лазеров накачки

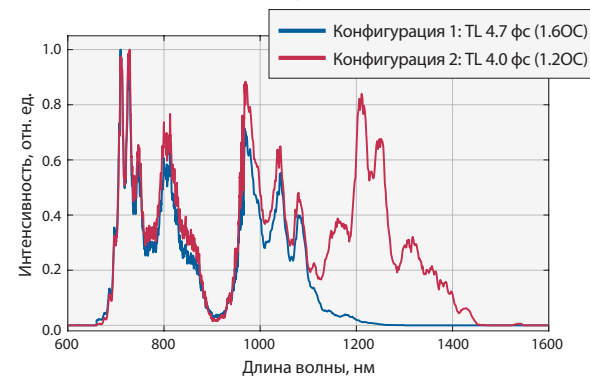
Оптическое параметрическое усиление чирпированного импульса является единственной лазерной технологией, доступной на сегодняшний день, которая позволяет одновременно получать высокую пиковую и среднюю мощность, а также длительность импульса в несколько циклов, необходимая для самых требовательных научных применений. Нашим ответом на такие требования является портфолио сверхсовременных ОРСРА систем, основанных на многолетнем опыте разработки и производства оптических параметрических усилителей и фемтосекундных лазеров.

## Технология внешней накачки ОРСРА

### ОСОБЕННОСТИ

- Возможность изменения частоты от  $< 1$  до 100 кГц и выше
- Высокая энергия импульса (до 100 мкДж при 1 – 10 кГц) улучшает контраст на выходе
- Абсолютно свободно от усиленного спонтанного излучения; доступны версии без постимпульса
- Пассивная СЕР стабилизация избавляет от использования сложной электроники
- Уровень СЕР шума менее 200 мрад
- Ширина полосы пропускания до почти одноциклового режима в ближнем ИК
- Выходные спектры могут быть оптимизированы на максимум энергии в желаемом спектральном диапазоне
- Возможность использования в качестве надежного источника накачки высокой энергии и контраста для титан-сапфировых усилителей
- Центральное значение длины волны до 2.2 мкм доступно по запросу

Наша технология внешней накачки знаменует собой серьезный шаг вперед по сравнению с методами прямой накачки ОРСРА систем через генераторы на титан-сапфире. ОРСРА системы с внешней накачкой основаны на лазерах промышленного класса серии PHAROS и технологии фемтосекундных оптических параметрических усилителей. Мы используем пассивную СЕР стабилизацию и выбираем преимущество фемтосекундной длительности импульсов лазера PHAROS, чтобы получить чрезвычайно спектрально чистые широкополосные импульсы накачки ОРСРА.



Спектры импульсов, полученные с помощью ОРСРА с внешней накачкой; доступно две конфигурации

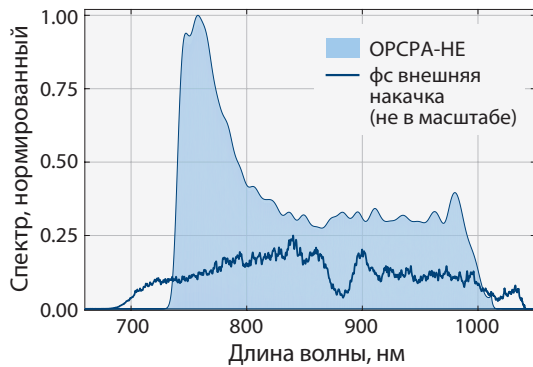


Энергия импульса и стабильность энергии импульсов с пассивной СЕР стабилизацией, генерируемых с помощью ОРСРА с внешней накачкой, измеренные на протяжении 12 дней

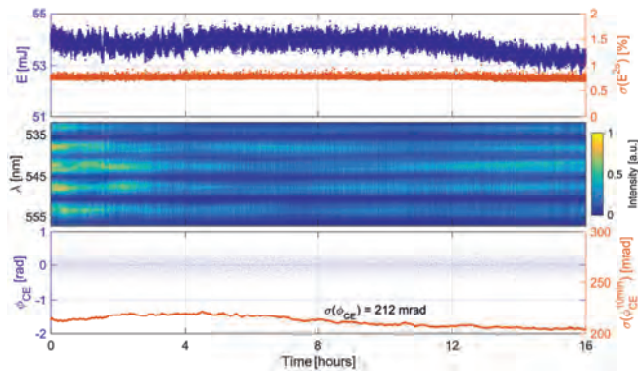
# ОРСПА-HE

Для управления низкоэффективными нелинейными процессами, такими как генерация ТГц-излучения лазером с генерацией высоких гармоник, требуется высокая энергия накачки. Для применений такого типа Light Conversion создает ОРСПА системы, генерирующие импульсы с энергией до 50 мДж, обладающие высокой СЕР стабильностью и временным контрастом благодаря технологии внешней накачки и свойствам самого процесса ОРСПА.

Недавно коллективный проект компаний Light Conversion и Ekspla установил новый стандарт в данной области: была создана ОРСПА система с пиковой мощностью 5.5 ТВт на частоте в 1 кГц, поставленная в комплексе для ELI-ALPS. Кроме рекордных выходных параметров, данная система также обладает превосходными кратковременной и долговременной стабильностями и высокой надежностью. Более подробная информация о данной системе доступна на <https://doi.org/10.1364/OE.25.005797>



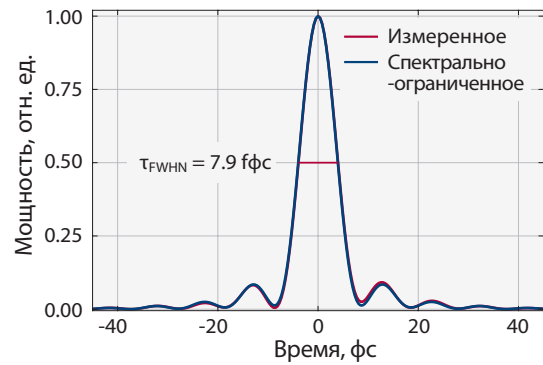
Выходной спектр ОРСПА-HE



Энергия импульса ОРСПА-HE, f-2f интерферограмма и СЕР стабильность, измеренные в течение 16 часового теста

## ОСОБЕННОСТИ

- Импульсы высочайшей пиковой мощности до нескольких ТВт генерируются при частотах до 1 кГц
- Контраст предимпульса превышает значение соотношения в 1012 без применения сложных нелинейных технологий спектральной очистки
- Уровень СЕР шума менее 200 мрад при сохранении стабильности энергии с СКО < 1% в течение всего рабочего дня
- Длительность импульса менее 9 фс
- Возможность простого и безопасного спектрально-временного профилирования формы выходных импульсов
- Встроенная система управления и диагностики
- Время прогрева менее 1 часа



Временной профиль выходных импульсов ОРСПА-HE, измеренный с помощью внутриэталонного устройства спектральной интерферометрии

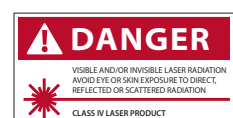


Автокорреляционное измерение третьего порядка в широком динамическом диапазоне системы ОРСПА-HE

## ХАРАКТЕРИСТИКИ

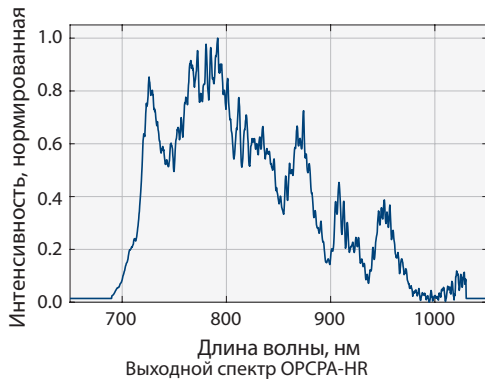
Модель	Энергия импульса	Выходная мощность	Длительность импульса	Макс. пиковая мощность	Частота следования импульсов
ОРСПА-HE	1 – 50 мДж	До 50 Вт	< 10 фс	До 5 ТВт	До 1 кГц
ОРСПА-HR	10 мкДж – 1 мДж	До 100 Вт	< 10 фс	До 100 ГВт	До 200 кГц

Различные частота следования импульсов, выходная энергия, длительность импульса и длина волны также доступны – пожалуйста, обращайтесь.



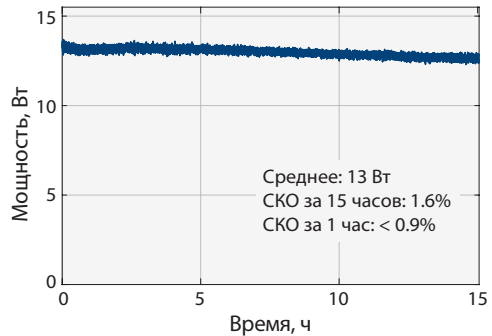
# ОРСПА-НР

Технология, разработанная Light Conversion, может быть интегрирована с высокочастотными лазерами накачки для создания ОРСПА систем с высокой средней мощностью. В данном режиме несколько циклов импульсов могут быть сгенерированы на частотах до 200 кГц. Специальная двойная система селектора импульсов в лазере PHAROS может использоваться для регулировки частоты следования импульсов внешней накачки независимо от лазера накачки. Это позволяет удобно снизить выходную мощность для юстировки экспериментальных установок без негативного влияния на энергию импульса или направление луча. Кроме того, остаточное излучение накачки может использоваться, например, для генерации фотоэлектронных цугов, синхронизированных с выходным излучением ОРСПА для проведения усовершенствованных экспериментов.



## ОСОБЕННОСТИ

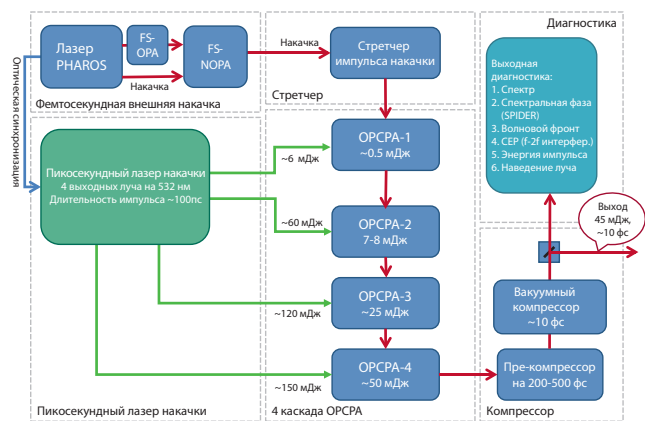
- Частота следования импульсов до 200 кГц
- Средняя мощность > 15 Вт при 100 кГц
- Доступна пассивная CEP стабилизация
- Длительность импульса < 8 фс
- Возможность произвольного деления частоты следования импульсов ОРСПА
- Удобное встроенное ПО для управления и отслеживания состояния системы
- Компактные размеры



Выходная мощность ОРСПА-НР, измеренная в течение 15 часов

## УСТАНОВКА И ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Коллективный проект компаний Light Conversion и Ekspla выиграл общественный тендер от ELI-ALPS на разработку и проектирование комплекса для лазерной системы SYLOS. По имеющейся информации, данная система будет способна генерировать импульсы с пиковой мощностью в 4 раза выше, чем имеющаяся на сегодняшний день самая современная разработка с частотой в 1 кГц. Новая система основана на технологии оптического параметрического усиления чирпированных импульсов, генерируемых с помощью фемтосекундного лазера PHAROS компании Light Conversion и пикосекундного лазера компании Ekspla. PHAROS накачивает два ОПУ: первый (FS-OPA) генерирует импульсы с пассивной стабилизацией CEP на длине волны 1.3 мкм, используемые для генерации CEP стабильного континуума белого света (WLC), тогда как второй (FS-NOPA) усиливает WLC в диапазоне 700 – 1000 нм, предоставляя импульс накачки высокого контраста для последующих каскадов ОРСПА. Импульс, усиленный до 50 мДж на длине волны 850 нм сжимается в последовательности блоков из оптического стекла и чирпируется зеркалами до длительности в 10 фс.



Блок-схема лазерной системы SYLOS на основе ОРСПА системы для проекта ELI-ALPS



Лазерная система SYLOS, готовая к отправке

# Кастомные ОРСРА системы

- Длительность импульса  $< 6.6$  фс
- Выходная пиковая мощность 5.5 ТВт
- Энергия импульса 36 мДж при 1 кГц

# HARPIA-TA

new

## Сверхбыстрый спектрометр переходного поглощения



### ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- Фотохимия
- Фотобиология
- Фотофизика
- Материаловедение
- Полупроводниковая физика
- Спектроскопия с разрешением по времени

Спектрометр переходного поглощения HARPIA был разработан с целью удовлетворения потребностей и соответствия стандартам современного научного мира. Новый улучшенный HARPIA имеет компактный дизайн и интуитивно понятное исполнение, а также характеризуется легким повседневным обслуживанием. Соответствуя стандартам исполнения, заложенным в линейке ОПУ серии ORPHEUS, вся спектроскопическая система теперь находится в одном монолитном алюминиевом корпусе, что обеспечивает превосходную оптическую стабильность и создает минимальные оптические пути для взаимодействующих лучей. Данная система может использоваться совместно лазерными системами PHAROS/ORPHEUS или Ti:Sa/TOPAS. HARPIA имеет лучшие характеристики среди аналогов, такие как, разрешаемые сигналы до  $10^{-5}$ , возможность работы на высоких частотах следования (до 1 МГц). Высокая частота следования позволяет проводить измерение динамики переходного поглощения, при этом возбуждая образцы импульсами очень низкой энергии до нескольких нДж.

Доступно большое количество конфигураций зондирования и режимов регистрации, начиная от простых и бюджетных фотодиодов для измерения излучения одной длины волны и заканчивая измерениями спектрально-разрешенного широкополосного излучения в комбинации с зондированием с помощью суперконтинуума белого света. Функции сбора данных и управления измерениями теперь интегрированы в корпус самого устройства и предлагают следующие улучшенные возможности регистрации:

- Интеграция одного (только для сигнала от образца) или нескольких (для сигналов от образца и опорного) спектральных детекторов
- Простая внешняя интеграция пользовательских спектрометров/спектрографов
- Отслеживание положения луча и самокалибровка (вдоль оптического пути лучей накачки/зондирования и в плоскости образца), а также опция автоматизированной юстировки луча
- Точечное детектирование (с помощью фотодиодов)
- Простое переключение между конфигурациями измерения переходного поглощения и переходного отражения

- Возможность объединения переходного поглощения и сканирования вдоль оси Z в одном приборе

Кроме того имеется возможность выбора различных опций для линии задержки для перекрытия окон задержки от 2 нс до 8 нс, а в корпусе прибора может быть расположен стандартный шариковый (20 мм/с) или быстрый шариковинтовой (300 мм/с) оптический столик задержки.

После модернизации корпуса HARPIA в нем теперь может компактно располагаться ряд оптико-механических периферийных устройств, таких как:

- Оптический модулятор, который может быть либо синхронизирован на любую частоту лазерной системы, либо работать в свободном режиме (по умолчанию)
- Моторизированный и откалиброванный компенсатор поляризации Берека, который может автоматически подстраивать поляризацию луча накачки (опция)
- Моторизированный поперечно перемещаемый генератор суперконтинуума (применим для безопасной и стабильной генерации суперконтинуума в таких материалах, как  $\text{CaF}_2$  или  $\text{MgF}_2$ ) (опция)
- Автоматизированный растровый сканер образца, который перемещает образец в фокальную плоскость лучей накачки и зондирования, избегая при этом локального избыточного воздействия излучения на образец (опция)
- Встроенный ПК (опция)
- Мешалка для образца

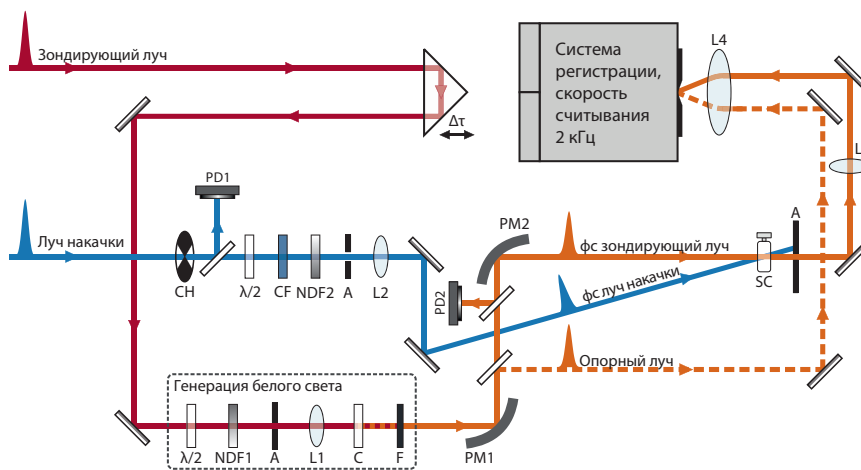
Также новый корпус совместим с любыми пользовательскими криостатами и/или насосными перистальтическими системами (см. схему крепления). Спектрометрические возможности могут быть расширены путем ввода третьего сканирующего луча в плоскость образца, позволяя пользователю проводить измерения многоимпульсного переходного поглощения.

Для простых систем – дизайн «все-в-одном» (без внешнего блока электроники).

**ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Диапазон длины волны зондирования, поддерживаемый оптикой	240 – 2600 нм
Диапазон длины волны зондирования, генерации белого суперконтинуума при накачке на 1030 нм	350 – 750 нм, 480 – 1100 нм
Диапазон длины волны зондирования, генерации белого суперконтинуума при накачке на 800 нм	350 – 1100 нм
Диапазон регистрации детекторов длины волны зондирования	200 – 1100 нм, 700 – 1800 нм, 1.2 – 2.6 мкм
Спектральный диапазон спектральных устройств	180 нм – 24 мкм, достигается за счет сменяемых дифракционных решеток
Диапазон времени задержки	4 нс, 6 нс, 8 нс
Разрешение по задержке	4.17 фс, 6.25 фс, 8.33 фс
Частота следования лазерных импульсов	1 – 1000 кГц (частота АЦП < 2 кГц)
Временное разрешение	< 1.4 части длительности импульса накачки или зондирования (какой из импульсов дольше)
Габаритные размеры, Д × Ш × В	730 × 420 × 160 мм <sup>1)</sup>
Область для образца	205 × 215 мм

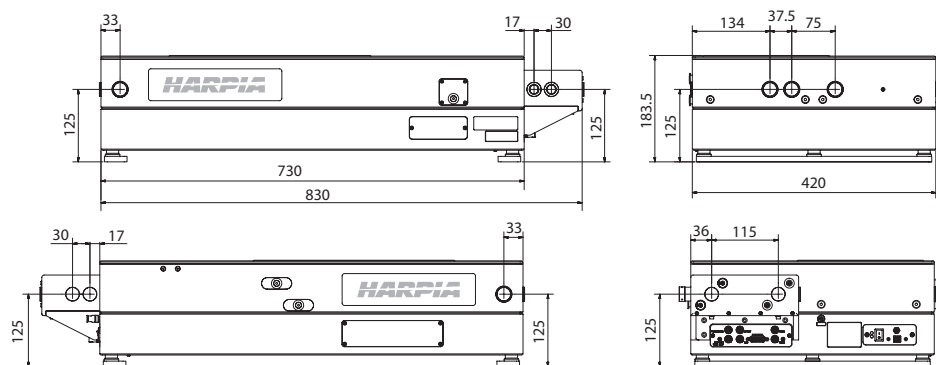
<sup>1)</sup> Без внешнего спектрографа.



Оптическая схема спектрометра HARPIA-TA для экспериментов накачки-зондирования



Схема крепления криостата к спектрометру



Габаритные размеры HARPIA-TA



# HARPIA

new

## Расширенные спектроскопические системы



Возможности спектрометра HARPIA-TA могут быть дополнительно расширены модулями HARPIA-TF и HARPIA-TB. В общем, полностью интегрированная система HARPIA может рассматриваться как миниатюрная лаборатория, позволяющая проводить наиболее популярные и актуальные эксперименты по спектроскопии с временным разрешением. HARPIA позволяет получить обширное понимание сложных фотофизических и фотохимических свойств исследуемых образцов.

Переключение между различными измерительными модификациями является полностью автоматизированным и требует малейших действий со стороны пользователя. Оптическая схема данной системы спроектирована таким образом, чтобы общие габаритные размеры были как можно меньше и, в тоже время, работа оператора с прибором была наиболее простой и понятной. Несмотря на небольшие размеры, спектрометр HARPIA является легко customizable и может быть адаптирован для конкретных измерений.

### HARPIA объединяет в себе различные возможности спектроскопии с разрешением по времени:

- Измерение фемтосекундного переходного поглощения/отражения
- Измерение многоимпульсного фемтосекундного переходного поглощения/отражения
- Фемтосекундная флуоресцентная ап-конверсия
- Подсчет фотонов с корреляцией по времени (TCSPC) от сотен пс до мкс
- Автоматические измерения зависимости интенсивности переходного поглощения от флуоресцентного сигнала с разрешением по времени
- Возможность проведения экспериментов в области фемтосекундного вынужденного комбинационного рассеяния (FSRS) с разрешением по времени
- Импульсный фотолиз

## Доступные конфигурации HARPIA

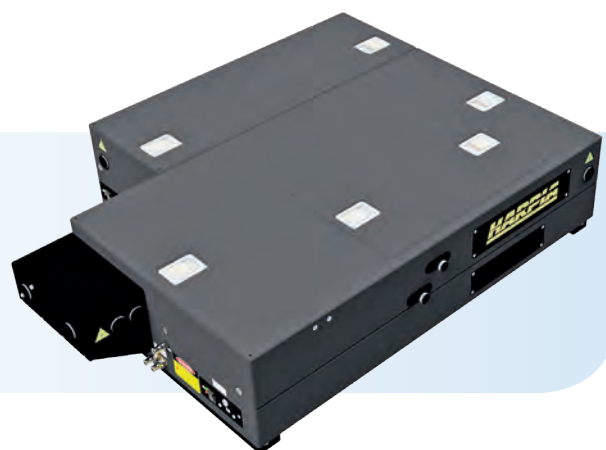
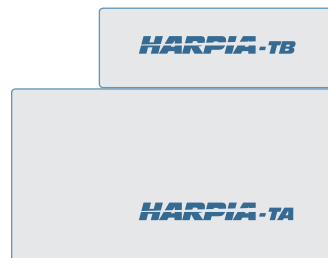
### **HARPIA**

Спектроскопическая система сверхбыстрого переходного поглощения, TCSPC и флуоресцентной ап-конверсии



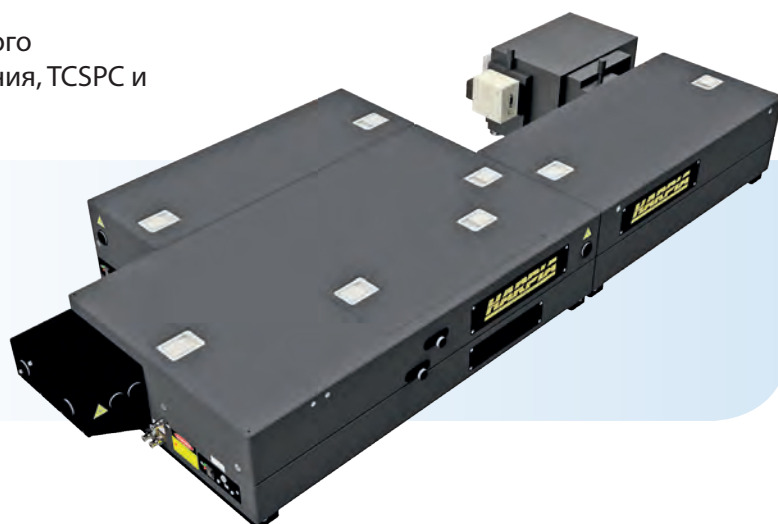
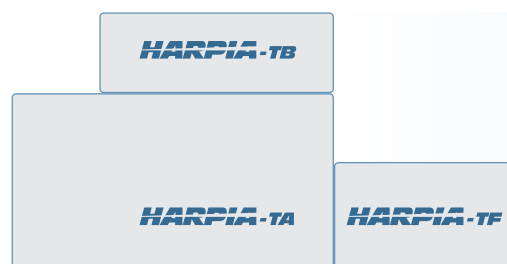
### **HARPIA**

Спектроскопическая система сверхбыстрого многоимпульсного переходного поглощения



### **HARPIA**

Спектроскопическая система сверхбыстрого многоимпульсного переходного поглощения, TCSPC и флуоресцентной ап-конверсии



# HARPIA-TF


**new**

## Расширение для фемтосекундной флуоресцентной ап-конверсии и TCSPC

HARPIA-TF представляет собой расширение модуля HARPIA-TA для возможности проведения измерений флуоресценции с разрешением по времени двумя способами. Для получения самого высокого временного разрешения, флуоресценция измеряется с помощью флуоресцентной ап-конверсии, в которой флуоресцентное излучение, испускаемое образцом, смешивается (с суммированием частоты) с фемтосекундным лазерным стробирующим импульсом в нелинейном кристалле. В этом случае временное разрешение ограничивается длительностью импульса и составляет порядка 250 фс. Для флуоресцентного послесвечения, когда данное время превышает 150 пс, спектрометр может использоваться в режиме подсчета единичных фотонов с корреляцией по времени (TCSPC), который позволяет проводить высокоточные измерения кинетических линий (трасс) во временном интервале 200 пс – 2 мкс. Данный модуль спроектирован вокруг самой лучшей системы подсчета единичных фотонов с корреляцией по времени компании Becker&Hickl, имеющей различные опции детектирования.

Комбинация измерений флуоресценции с разрешением по времени двумя способами позволяет регистрировать полное затухание кинетики флуоресценции на каждой длине волны; при наличии полного пакета данных возможна спектральная калибровка интенсивности кинетических трасс, полученных на разных длинах волн, где интеграл данных с временным разрешением сопоставляется с установившимся спектром флуоресценции.

Высокая частота следования лазерных импульсов системы PHAROS позволяет проводить измерение динамики переходного поглощения, при этом возбуждая образцы импульсами очень низкой энергии до нескольких нДж.

### ОСОБЕННОСТИ

- Уникальная спектроскопическая система с временным разрешением
- Компактный дизайн и малые габаритные размеры
- Простота управления и легкое ежедневное обслуживание
- Может устанавливаться как дополнительный модуль к системе HARPIA-TA или использоваться в качестве самостоятельной системы для проведения флуоресцентных измерений с разрешением по времени
- Легкое переключение между различными режимами работы
- Совместима с лазерной системой PHAROS, работающей на частотах 50 – 1000 кГц
- Встроенная система (лучшая в своей области) подсчета единичных фотонов с корреляцией по времени компании Becker&Hickl
- Опция детектирования с аналоговым ФЭУ (только для флуоресцентной ап-конверсии)
- Автоматизированное спектральное сканирование и подстройка кристалла/призмы для ап-конверсии – сбор спектров или кинетических линий (трасс) без существенной перенастройки
- Измерение динамики флуоресценции от сотен фс до 2 мкс в одном приборе
- Полное управление параметрами луча накачки:
  - Поляризация (автоматизированная волновая пластинка Берека для луча накачки)
  - Интенсивность (плавно регулируемые нейтральные фильтры для обоих лучей) (возможна автоматизация)
  - Задержка (стробирующий/зондирующий луч задерживается в линии оптической задержки)
  - Длина волны (флуоресценция регистрируется после монохроматора)
- Стандартный монохроматор Andor Kymera 193i USB с двумя выходами. При объединении с модулем HARPIA-TA может использоваться один монохроматор, как для измерения поглощения, так и для измерения флуоресценции без необходимости замены детектора. Доступны другие опции для монохроматора, такие как двойной монохроматор с вычитанием дисперсии для обеспечения более высокого временного разрешения в режиме TCSPC
- Стандартная линия задержки (8 нс) с электроникой и полностью интегрированным программным обеспечением. Линия задержки полностью интегрирована в корпус модуля HARPIA-TA

ХАРАКТЕРИСТИКИ

TCSPC режим	
Модуль TCSPC	Becker&Hickl SPC-130, полностью интегрирован в ПО <sup>1)</sup>
Детектор	Becker&Hickl DCC 100
ФЭУ	Becker&Hickl PMC-100-1
Рабочий диапазон	300 – 820 нм
Истинное временное разрешение	<200 пс
Временное разрешение с монохроматором	<1.2 нс <sup>2)</sup>
Отношение сигнал/шум	< 100:1 при времени накопления 5 с на одну линию <sup>3)</sup>
Флуоресцентный ап-конверсионный режим	
Рабочий диапазон	300 – 1600 нм <sup>4)</sup>
Разрешение по длине волны	Ограничено спектральной шириной стробирующего импульса, обычно 100 см <sup>-1</sup>
Диапазон времени задержки	4 нс, 6 нс, 8 нс
Разрешение по задержке	4.17 фс, 6.25 фс, 8.33 фс
Временное разрешение	< 1.4 части длительности импульса накачки или зондирования (какой из импульсов дольше); 420 фс с лазером PHAROS5 <sup>5)</sup>
Отношение сигнал/шум	100:1.5 при времени накопления 0.5 с на одну точку <sup>б)</sup>

<sup>1)</sup> См. [www.becker-hickl.de](http://www.becker-hickl.de) для получения подробных характеристик.

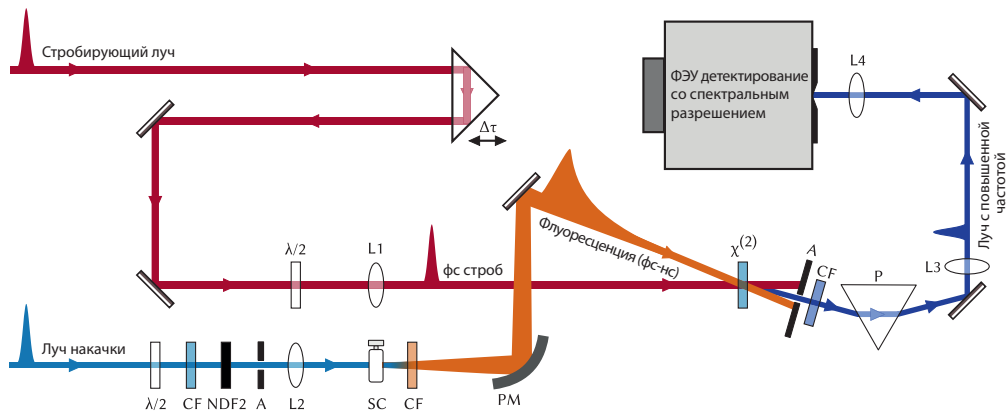
<sup>2)</sup> Оценивается как FWHM преобразованного суперконтинуума белого света, генерируемого в образце или производная фронта нарастания ап-конверсионного сигнала.

<sup>3)</sup> Оценивается путем подбора кинетической кривой при измерении в растворе родамин 6G на длине волны 580 нм с несколькими экспоненциальными зависимостями, вычитая подогнанную кривую из данных и принимая во внимание соотношение между стандартными отклонениями остатков и значением половины максимума сигнала. Частота следования импульсов лазера 250 кГц. Не применимо для всех образцов и конфигураций.

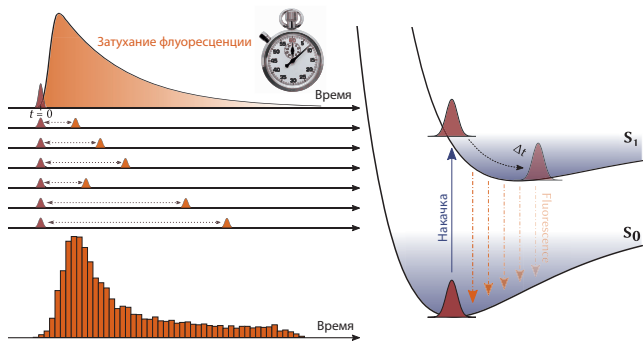
<sup>4)</sup> В зависимости от источника стробирования, может достигаться с различными нелинейными кристаллами.

<sup>5)</sup> Оценивается как FWHM преобразованного суперконтинуума белого света, генерируемого в образце или производная фронта нарастания ап-конверсионного сигнала.

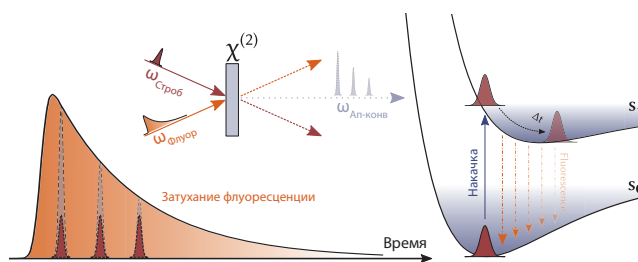
<sup>б)</sup> Оценивается как стандартное отклонение 100 точек при измерении в течение 50 пс в красителе родамин 6G на ап-конверсионной длине волны 360 нм при использовании лазера PHAROS с частотой следования импульсов 150 кГц. Не применимо для всех образцов и конфигураций.



Оптическая схема спектрометра HARPIA для экспериментов флуоресцентной ап-конверсии



Принцип подсчета единичных фотонов с корреляцией по времени (TCSPC)



Принцип флуоресцентной ап-конверсии с разрешением по времени

# HARPIA-TV

new

## Расширение для получения третьего сканирующего луча

Когда стандартных спектроскопических методов недостаточно для понимания сложной сверхбыстрой динамики фотоактивных систем, могут использоваться многоимпульсные спектроскопические методы с временным разрешением. HARPIA-TV представляет собой расширение модуля HARPIA-TA для возможности получения дополнительного луча накачки, добавляющего дополнительный функционал к стандартным временным измерениям поглощения. Дополнительный лазерный импульс с временной задержкой может использоваться в стандартной схеме накачки-зондирования с целью нарушения протекающего процесса фотодинамики, вызванного лучом накачки.

Данный вспомогательный лазерный импульс, резонансный для полосы переходного вынужденного излучения, может преднамеренно сокращать возбужденные состояния и, тем самым, вернуть возбужденную систему обратно в основное состояние потенциальной энергии. Данный эксперимент обычно называют «накачка-разгрузка-зондирование» (PDP). Когда длина волны вспомогательного луча соответствует резонансу наведенного поглощения, такой импульс способен перевести систему в высшее возбужденное состояние (которое может быть обнаружено или не обнаружено при стандартной фотозволюции) или вернуть ее к более раннему нестационарному переходному процессу. Данный тип измерений обычно называют «накачка-перенакачка-зондирование» (PrPP).

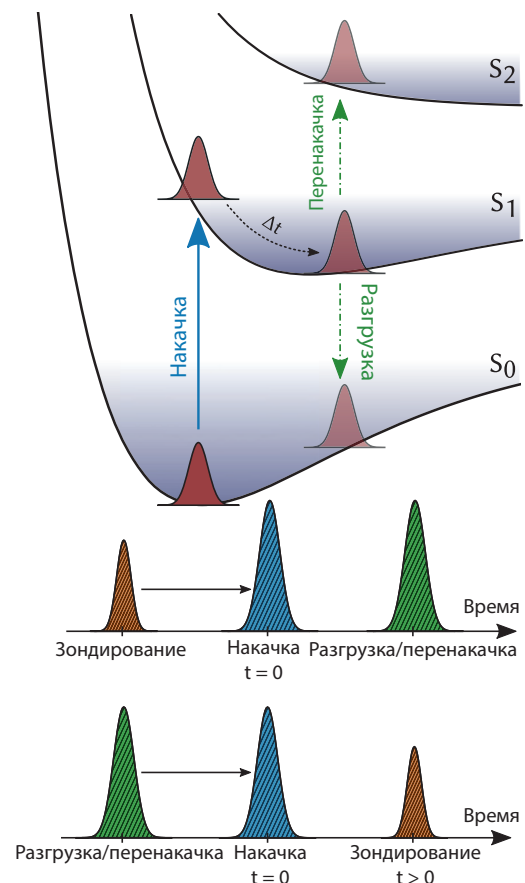
Когда вспомогательный лазерный импульс является резонансным с электронным переходом из основного состояния в возбужденное, т.е. от  $S_0$  к  $S_n$ , он позволяет либо пополнить «популяцию» возбужденного состояния, либо подготовить небольшую часть популяции возбужденного состояния перед приходом «основного» импульса накачки. Данный тип измерений обычно называют «преднакачка-накачка-зондирование» (rPPP).

Поскольку и зондирующий, и вспомогательный лазерный импульсы могут быть задержаны во времени по отношению друг к другу, с помощью модуля HARPIA-TV могут быть проведены эксперименты по регистрации как кинетических трасс, так и динамических трасс. Другими словами, мы можем получить либо информацию о том, как возмущение нарушает стандартное фотодинамическое поведение системы (когда зондирующий импульс распространяется во времени), либо мы можем отслеживать, как точный подбор времени возмущения влияет на спектр переходного поглощения в фиксированной нестационарной фазовой системе (когда вспомогательный импульс распространяется во времени).

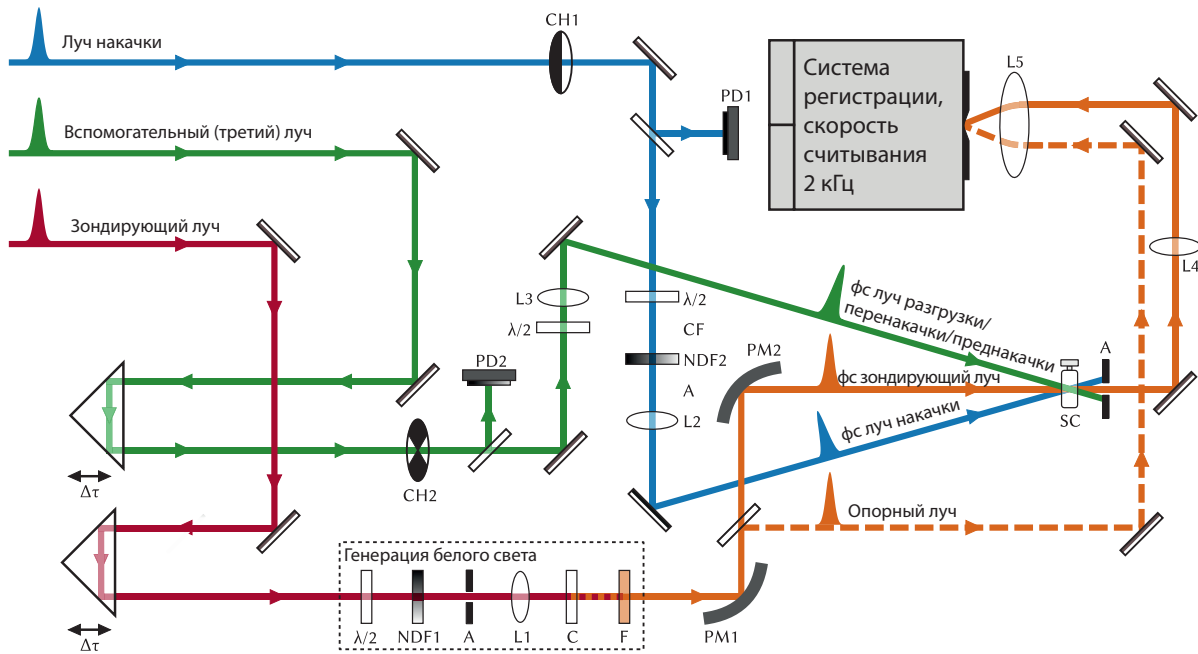
Кроме того, модуль HARPIA-TV может использоваться для получения частотно-суженных импульсов пс длительности, что дает возможность проведения экспериментов в области фемтосекундного вынужденного комбинационного рассеяния (FSRS) с разрешением по времени.

### ОСОБЕННОСТИ

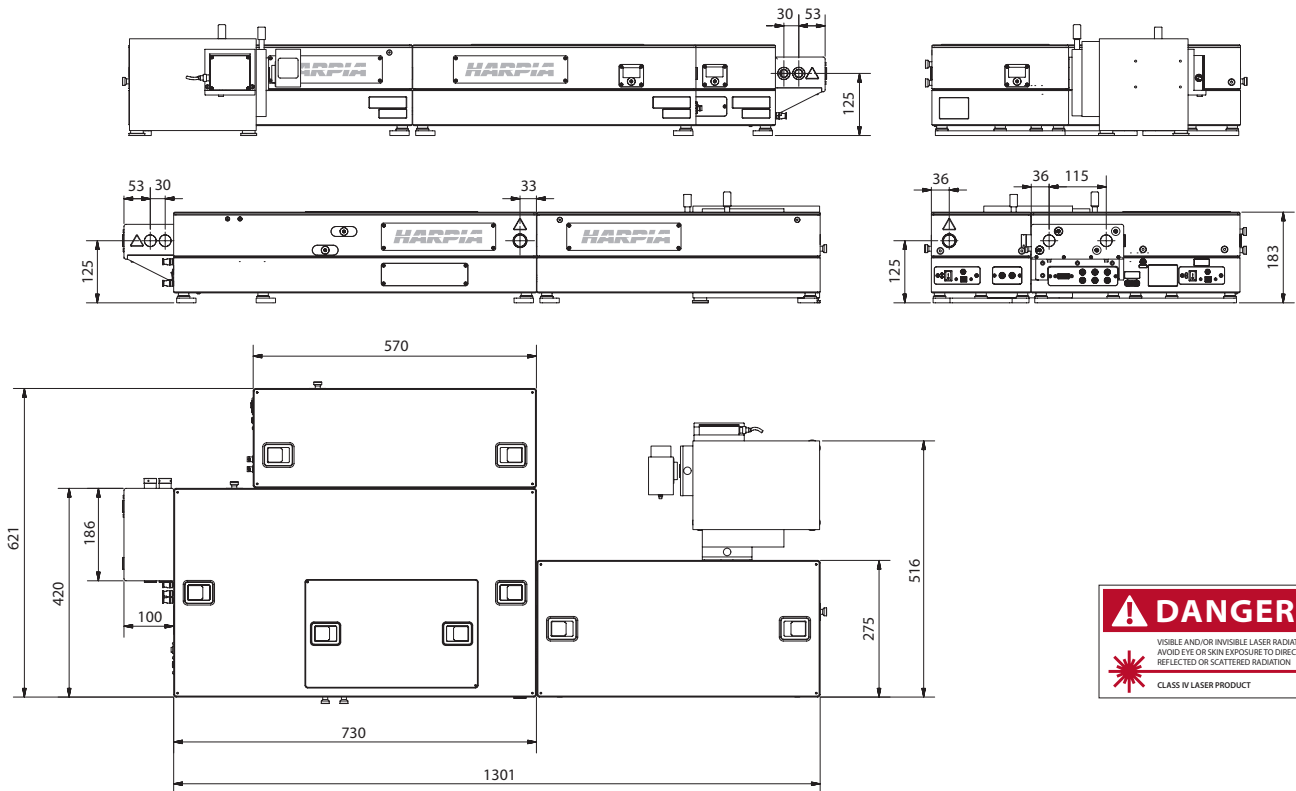
- Расширение возможностей работы системы HARPIA-TA
- Может быть установлен в качестве дополнительного модуля к уже существующей HARPIA-TA
- Дополнительный функционал к стандартной схеме измерения методом накачки-зондирования
- Дополнительный функционал к измерению методом накачки-зондирования
- Дополнение к сложным фотодинамическим системам
- Полное управление параметрами вспомогательного луча:
  - Поляризация (ручная или автоматизированная волновая пластинка Берека для вспомогательного луча)
  - Интенсивность (плавно регулируемые нейтральные фильтры для вспомогательного луча) (возможна автоматизация)
  - Задержка (вспомогательный луч задерживается в линии оптической задержки в интервале от 1.3 нс до 2.6 нс)



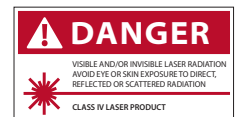
Принцип многоимпульсной спектроскопии переходного поглощения с разрешением по времени



Оптическая схема спектрометра HARPJA для многоимпульсных экспериментов



Габаритные размеры HARPJA с модулями расширения



# Программное обеспечение для **HARPIA**

## HARPIA Service App

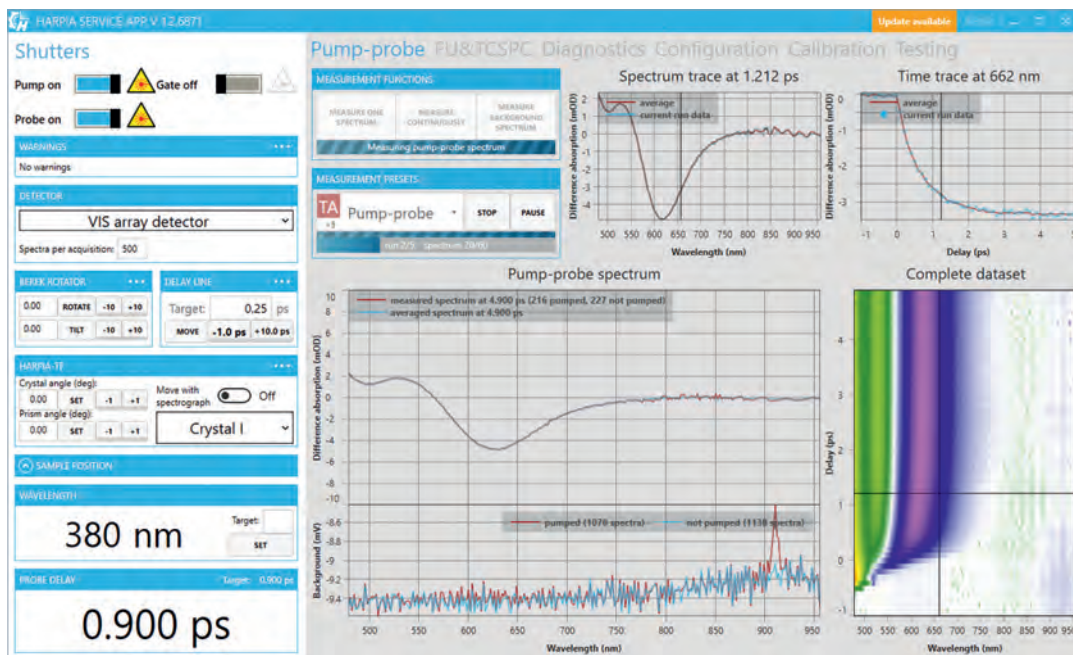
Отдельное приложение для анализа переходного поглощения, флуоресцентной ап-конверсии и TCSPC, отличающееся следующим:

- Простой и понятный пользовательский интерфейс
- Встроенные «помощники» проведения экспериментов и калибровки, а также предварительных настроек измерений
- Опциональное расширение для постобработки проводимых измерений (балансировка данных для подавления шума, регистрация сигнала насыщения, регистрация ложных выбросов и т.п.)
- Инструменты диагностики и экспорта данных
- REST API плагин, позволяющий проводить управление экспериментом через удаленный доступ по локальной сети с помощью сторонних программ и/или других операционных систем
- Примеры API для программных сред LabView, Python и Matlab
- Онлайн обновление пакета программного обеспечения
- Поддержка и обработка запросов на новые функции

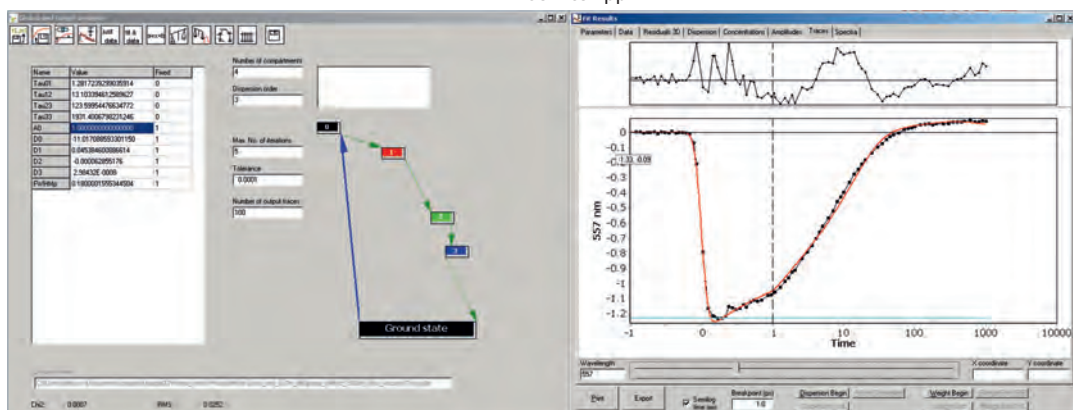
## Программа анализа полученных данных CarpetView

Улучшенное приложение для анализа данных сверхбыстрой спектроскопии, отличающееся следующим:

- Продвинутое инструменты визуализации и экспорта данных
- Подготовка к выгрузке графиков, оптимизированных для печати
- Расширенная обработка данных: срез, объединение, кадрирование, смещение, сглаживание, подгонка, вычитание и т.д.
- Коррекция чирпа и калибровка с помощью эталонного спектра поглощения
- Выполнение общего и целевого анализа
  - Подгонка под пользовательскую физическую блочную модель
  - Коррекция и обратная свертка зондирующего оптического чирпа с помощью функции отклика прибора
  - Расширенные функции оценки «веса» точек
- Версия, предназначенная для анализа трехмерных наборов данных (2D электронная спектроскопия, графическое отображение времени жизни флуоресценции)



HARPIA Service App

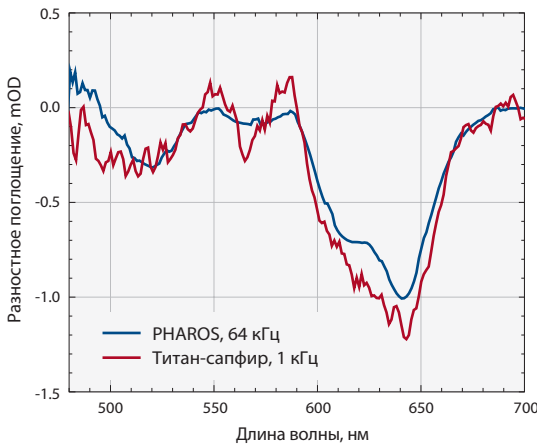


Вид окна общего и целевого анализа программы CarpetView

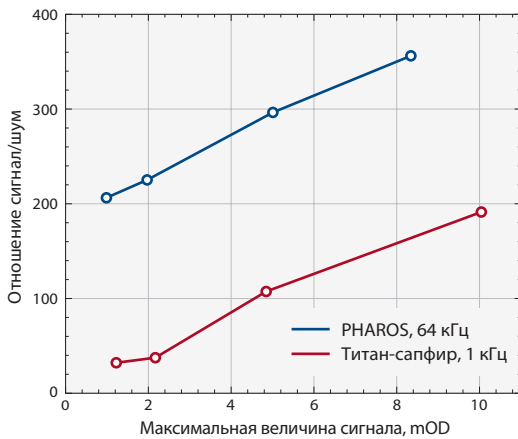
# Примеры отчетов данных на HARPIA

## Производительность HARPIA при высоких частотах следования

Система HARPIA обладает превосходным отношением сигнал/шум в условиях низкоэнергетического возбуждения, когда используется с высокочастотными лазерными системами. Ниже представлены результаты измерения разностных спектров поглощения, полученных при накачке титан-сапфировым лазером (1 кГц) и лазером PHAROS (64 кГц) – оба лазера были настроены на работу с максимальной производительностью.

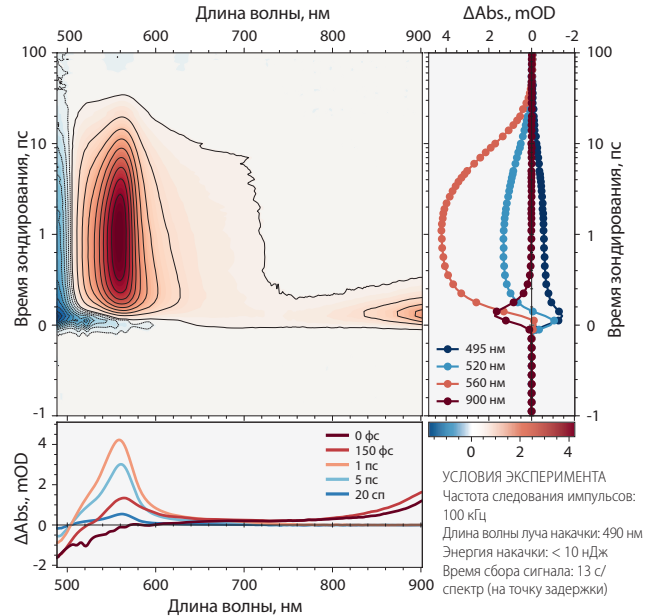


Измеренные разностные спектры поглощения квантовых точек CdSe/ZnS с помощью низко- и высокочастотного лазера при времени сбора сигнала 5 с.



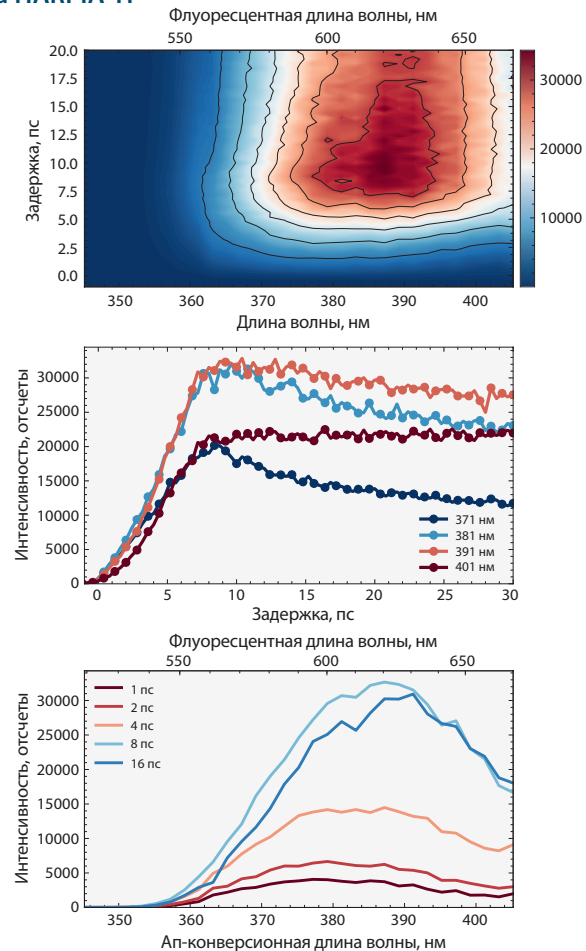
Максимально возможное отношение сигнал/шум, полученное на спектрометре HARPIA-TA, при накачке титан-сапфировым лазером на частоте 1 кГц (красная линия) и при накачке лазером PHAROS на частоте 64 кГц (синяя линия).

## Измерения методом накачки-зондирования на HARPIA-TA



Спектральная динамика бета-каротина в растворе

## Измерения методом флуоресцентной ап-конверсии на HARPIA-TF



Динамики флуоресценции лазерного красителя DCM в растворе

СВЕРХБЫСТРЫЕ ЛАЗЕРЫ

ГЕНЕРАТОРЫ

ГЕНЕРАТОРЫ ГАРМОНИК

ОПТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ

СПЕКТРОМЕТРЫ

АВТОКОРРЕЛЯТОРЫ



**Geco**

## Сканирующий автокоррелятор



### ОСОБЕННОСТИ

- Измерение длительности импульсов в диапазоне 10 фс – 20 пс
- Оптика, оптимизированная под рабочий диапазон 500 – 2000 нм
- Линия задержки с высоким разрешением, управляемая линейной обмоткой
- Встроенное ПО для анализа длительности импульсов
- Встроенный контроллер и мини-компьютер
- Недисперсионное поляризационное управление
- Система готова к измерениям методами FTIR и FROG

Принцип действия автокоррелятора GECO основан на неколлинеарной генерации второй гармоники в нелинейном кристалле, которая формирует след автокорреляции в соответствии с продолжительностью действия входного лазерного импульса. Часть основного импульса задерживается с помощью магнитного линейного позиционного столика, обеспечивающего быстрое и надежное перемещение с разрешением < 0.15 фс. GECO может зарегистрировать полный след автокорреляции импульса длительностью от 10 фс до 20 пс в диапазоне длин волн 500 – 2000 нм.

Данный автокоррелятор имеет возможность подстройки угла неколлинеарности и с легкостью может быть перестроен в коллинеарную установку, позволяющую проводить интерферометрические автокорреляционные измерения, которые особенно полезны для импульсов

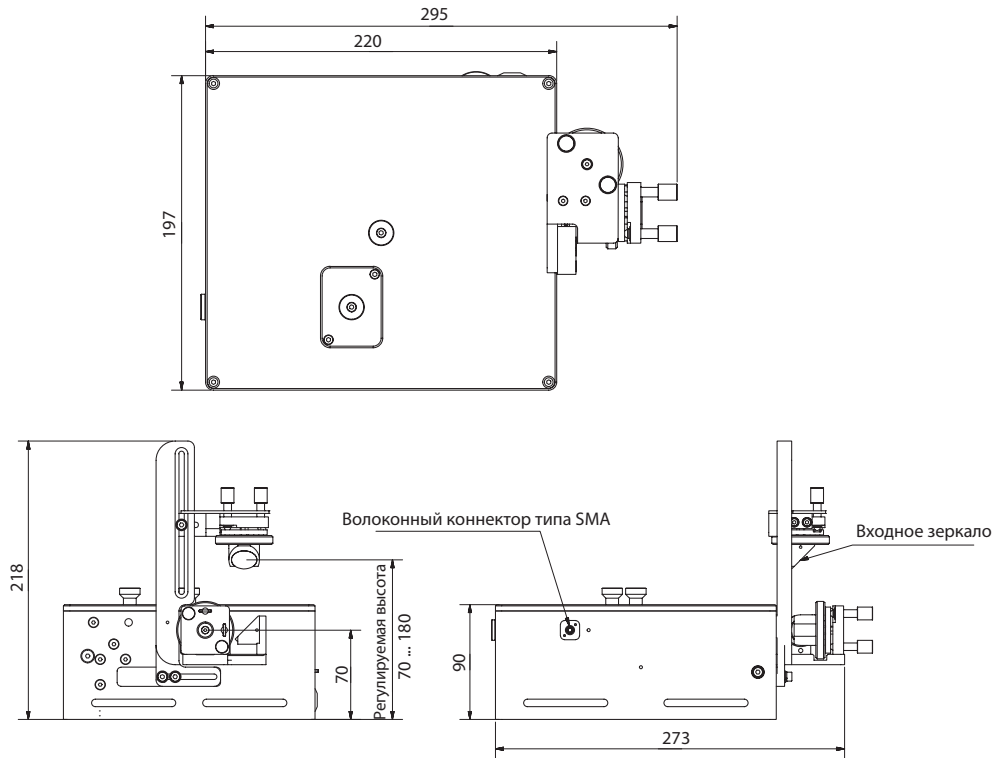
длительностью порядка 10 фс. Оба канала прибора обладают одинаковыми значениями дисперсии, что обеспечивает получение наиболее точных результатов.

GECO поставляется совместно со специализированным программным обеспечением для анализа импульсов, которое обеспечивает простое и точное измерение длительности импульсов. Также в автокоррелятор встроен мини-компьютер с коммуникационными портами. Установка соединения осуществляется по протоколу TCP/IP, которые гарантируют безотказную работу прибора. В дополнение сам прибор и программное обеспечение имеют потенциал для генерации следов FROG, при условии, что внешний спектрометр подключен к коннектору типа SMA. ПО также может быть адаптировано под конкретные задачи пользователя.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диапазон длин волн	500 – 2000 нм
Временное разрешение	0.13 фс/шаг
Измеряемая длительность импульсов	10 – 20000 фс
Минимальная требуемая входная мощность	2 – 200 мВт при 1 – 1000 кГц
Скорость сканирования	5 сканов/секунду при 1 – 1000 кГц
Детектор	Кремниевый фотодиод





Габаритные размеры автокоррелятора GECO



# TiPA

## Одноточечный автокоррелятор



### ОСОБЕННОСТИ

- Измерение длительности импульсов в диапазоне 30 фс – 1 пс
- Оптика, оптимизированная под рабочий диапазон 500 – 2000 нм
- Измерение наклона фронта импульса
- Компактный дизайн
- Высокоскоростная 12-разрядная ПЗС-камера
- ПО для анализа длительности импульсов

TiPA – незаменимый инструмент для настройки лазерных систем ультракоротких импульсов на основе метода усиления чирпированного импульса. Его уникальная конструкция позволяет проводить мониторинг и измерение длительности импульса, а также крутизну фронта импульса, в вертикальной и горизонтальной плоскостях. TiPA – простой и точный инструмент для измерения крутизны фронта импульсов. В основе принципа действия TiPA лежит генерация неколлинеарной второй гармоники (SH),

пространственное распределение пучка SH содержит информацию о временной форме основного импульса. Данная технология сочетает слабый фон и одноточечное измерение. Основная идея состоит в том, чтобы две копии основного ультракороткого импульса неколлинеарно пропустить через нелинейный кристалл, в котором происходит генерация гармоники SH. Ширина пучка SH и его крутизна в плоскости, перпендикулярной направлению распространения, информируют о длительности и крутизне фронта самого импульса. Пучок SH записывается встроенной CCD камерой.

TiPA поставляется с программным комплексом для мониторинга входных параметров импульсов в режиме онлайн.

### Модели TiPA\*

Модель	Рабочий диапазон длин волн
AT1C1	700 – 900 нм
AT2C1	900 – 1100 нм
AT5C3	500 – 2000 нм

\* Нестандартные модели доступны по запросу

### ХАРАКТЕРИСТИКИ

Спектральный диапазон	500 – 530 нм	530 – 700 нм	700 – 2000 нм
Временное разрешение	~500 фс/мм		
Измеряемая длительность импульса	40 – 120 фс	40 – 1000 фс	30 – 1000 фс
Минимальная энергия импульса	Режим единичного импульса: ≈ 30 – 100 мкДж при 1 – 10000 Гц Режим накопления: ≈ 1 – 5 нДж при 1 – 1000 кГц		
Детектор	ПЗС		

### ХАРАКТЕРИСТИКИ CCD

Максимальное разрешение	1296 (Ш) × 964 (В)
Размер пикселя	3.75 мкм × 3.75 мкм
АЦП	12 бит
Спектральный отклик*	0.35 – 1.06 мкм
Потребляемая мощность через USB интерфейс	2 Вт (макс) при 5 В

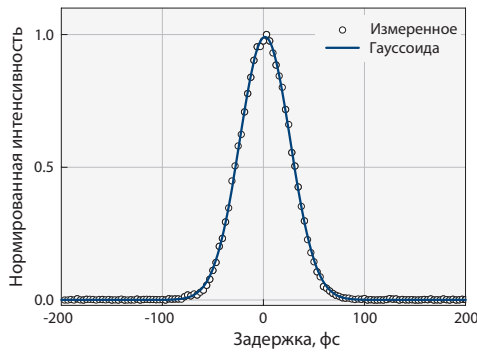
\* Для входного окна, изготовленного из стекла

### ГАБАРИТЫ

Полные габариты	123 (Ш) × 155 (Д) × 68 (В) мм
Рекомендуемая площадка для фиксации	212 (Ш) × 256 (Д) мм
Высота измеряемого луча	100 – 180 мм



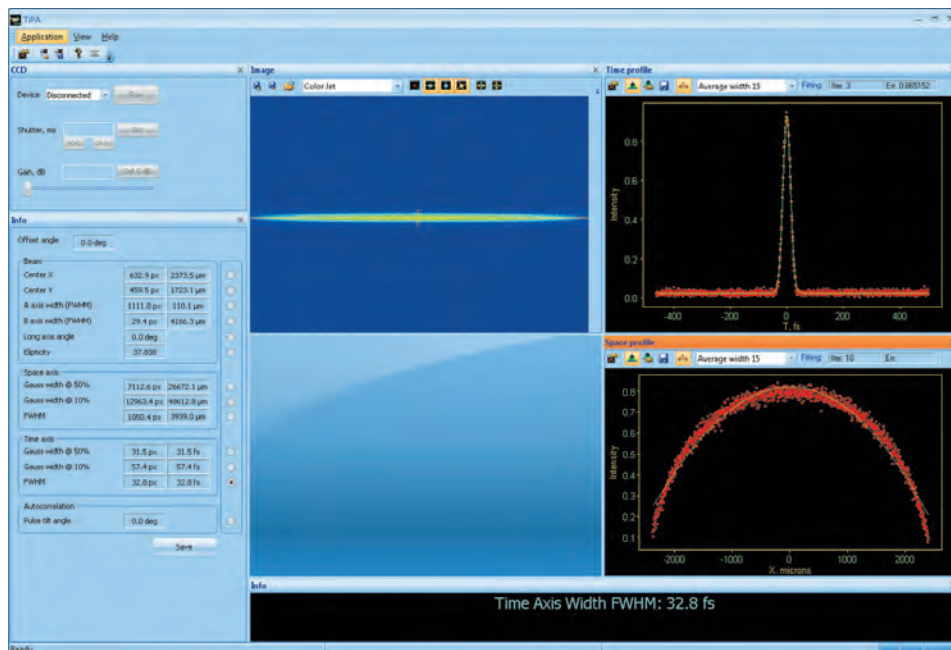
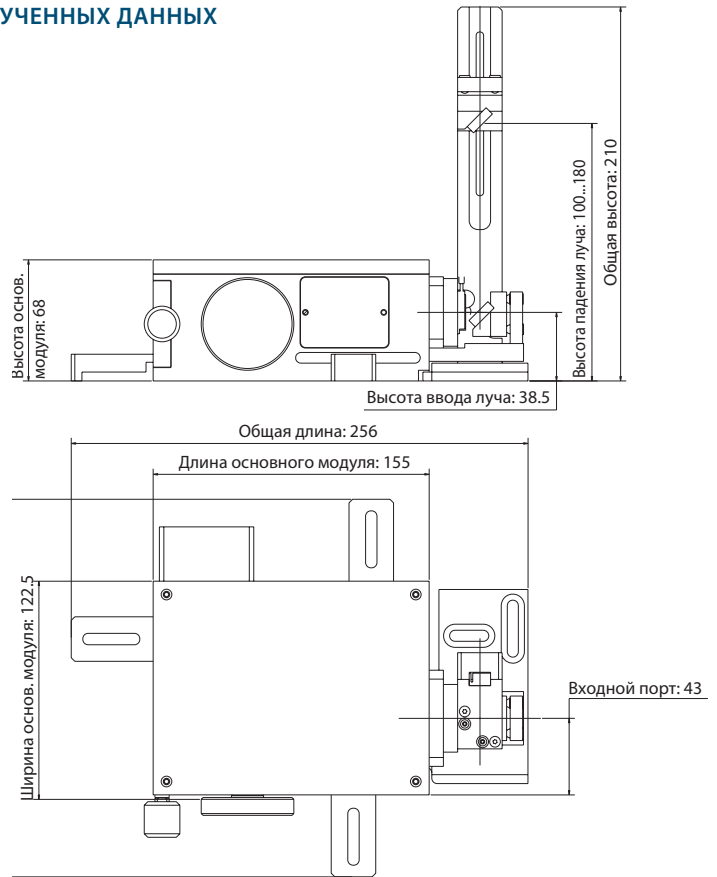
ПРИМЕР АВТОКОРРЕЛЯЦИИ С АППРОКСИМАЦИЕЙ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ



Автокорреляция сигнальной волны в системе TOPAS на 1700 нм (накачка 40 фс)

MEASUREMENT INFO

Gaussian Width:	18.8 px – 58.8 fs
FWHM Width:	19.2 px – 59.8 fs
Gaussian Pulse Duration:	41.6 fs
Sech <sup>2</sup> Pulse Duration:	38.2 fs
Pulse Tilt:	-0.210 deg



Вид окна программы одноточечного автокоррелятора TiPA  
Управление ПЗС и информационная панель находятся слева; изображение, получаемой ПЗС – посередине; обработанный временной профиль изображения в виде гауссоиды и обработанный пространственный профиль изображения – справа, сверху и снизу соответственно.

СВЕРХЫСТРЫЕ  
ЛАЗЕРЫ

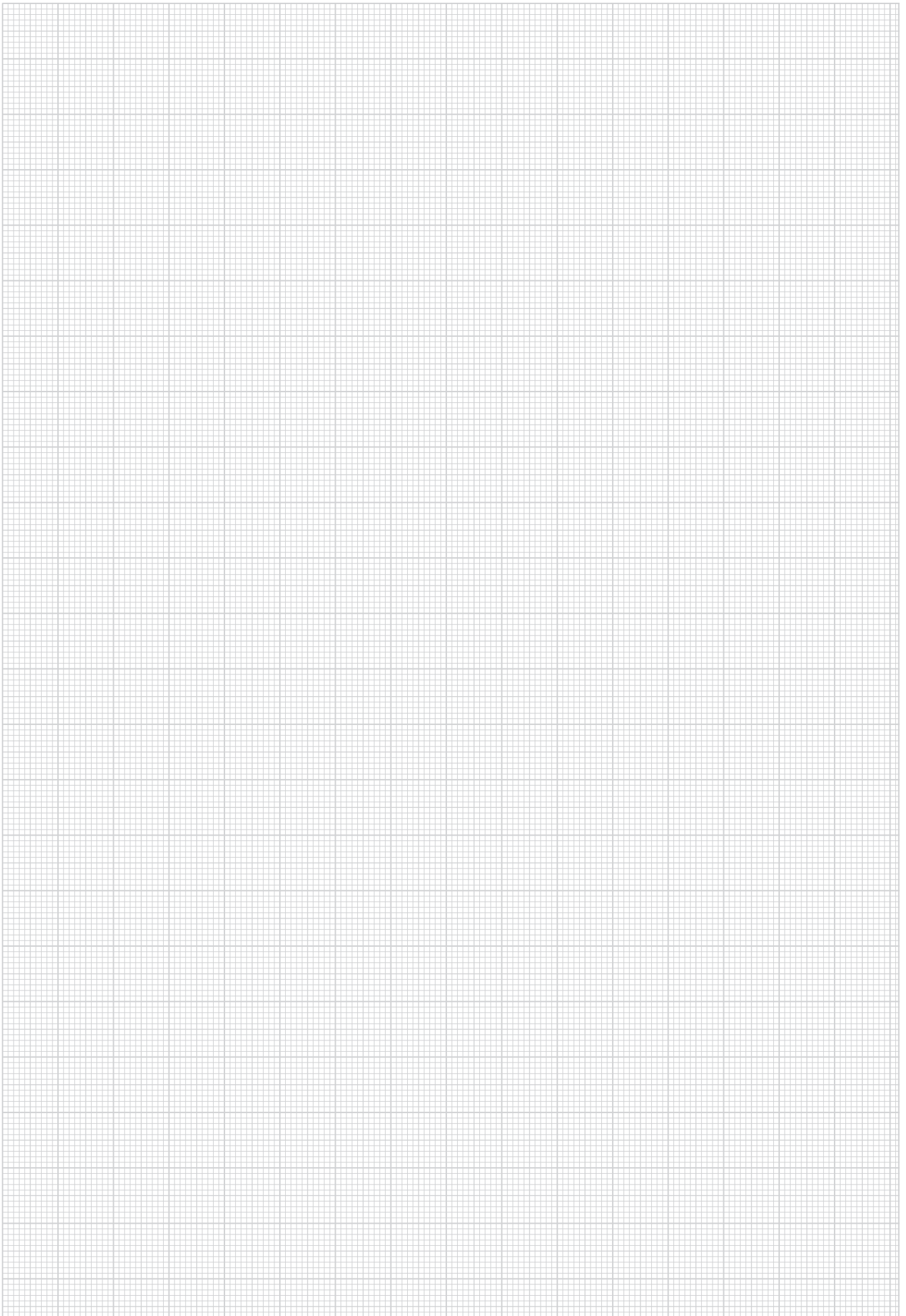
ГЕНЕРАТОРЫ

ГЕНЕРАТОРЫ ГАРМОНИК

ОПТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ  
УСИЛИТЕЛИ

СПЕКТРОМЕТРЫ

АВТОКОРРЕЛЯТОРЫ



Интерактивный калькулятор  
для ученых и инженеров

[toolbox.lightcon.com](http://toolbox.lightcon.com)



# Запутались в вычислениях?

Попробуйте наше приложение!



UAB MGF Šviesos konversija  
(Light Conversion)  
Keramiku 2B  
LT-10233 Vilnius  
Lithuania

Tel.: +370 5 2491830  
Website: [www.lightcon.com](http://www.lightcon.com)  
Sales: [sales@lightcon.com](mailto:sales@lightcon.com)  
OPA support: [support@lightcon.com](mailto:support@lightcon.com)  
Laser support: [lasers@lightcon.com](mailto:lasers@lightcon.com)



лабораторное оборудование

Представительство Light Conversion Ltd. в России:

ООО "ПромЭнергоЛаб" Тел.: +7 (495) 22-11-208  
Россия, 8 (800) 23-41-208  
105318, г. Москва, E-mail: [info@czl.ru](mailto:info@czl.ru)  
ул. Ткацкая, д. 1 Сайт: [www.czl.ru](http://www.czl.ru)