

# PHAROS

## Мощная фемтосекундная лазерная система



### ОСОБЕННОСТИ

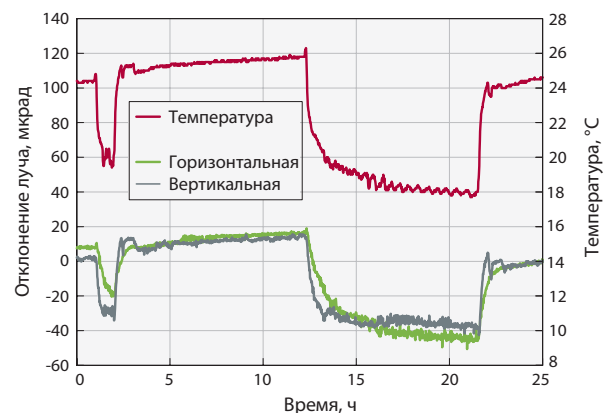
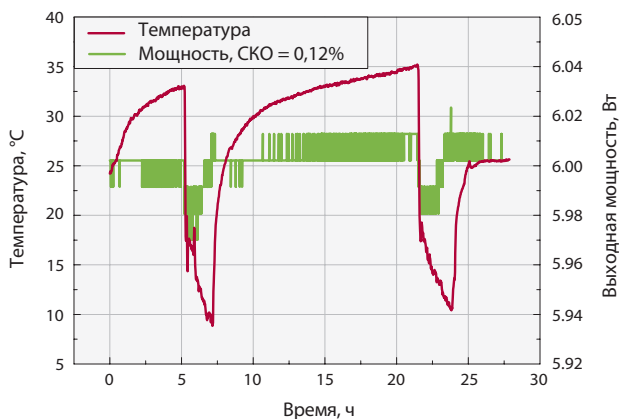
- Перестраиваемая длительность импульса 190 фс – 10 пс
- Энергия импульса до 2 мДж
- Средняя мощность до 20 Вт
- Диапазон изменения частоты следования импульсов 1 кГц – 1 МГц
- Встроенный селектор импульсов для работы в переменном импульсном режиме
- Прочная конструкция для промышленных применений
-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

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 200 кГц с возможностью увеличения до 1 МГц), энергия импульса (до 2 мДж) и средняя мощность (до 20 Вт). Выходной мощности достаточно для обработки на высокой скорости большинства материалов. Прибор комплектуется внешним пультом управления для интеграции системы в промышленные установки для обработки материалов. Компактная и прочная оптомеханическая конструкция фемтосекундной системы PHAROS состоит из легко снимаемых модулей в термостабилизированных и герметизированных корпусах, обеспечивающих стабильное функционирование лазера в меняющихся условиях работы. 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.



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

**ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ**

Модель	PHAROS-6W	PHAROS-10W	PHAROS-15W	PHAROS-20W	PHAROS SP	PHAROS SP 1.5	PHAROS 2mJ
Средняя мощность	6 Вт	10 Вт	15 Вт	20 Вт	6 Вт		6 Вт
Длительность импульса	< 290 фс				< 190 фс		< 300 фс
Диапазон изменения длительности импульса	290 фс – 10 пс				190 фс – 10 пс		300 фс – 10 пс
Энергия импульса	> 0.2 мДж / > 0.4 мДж				> 1 мДж	> 1.5 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>						
Выход импульсов	Единый импульс, «импульс-по-требованию», любое базовое деление по частоте						
Длина волны излучения	1028 ± 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)						

**ГАБАРИТЫ**

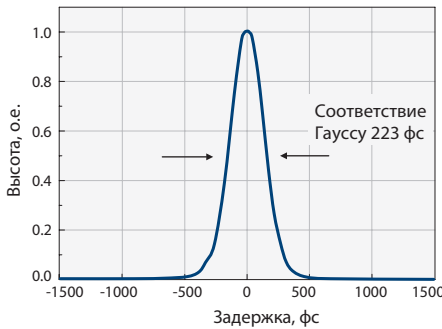
Лазерная головка	670 (Д) × 360 (Ш) × 212 (В) мм
Стойка для источника питания и охлаждения	640 (Д) × 520 (Ш) × 660 (В) мм

**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	20-80 % (без конденсата)

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

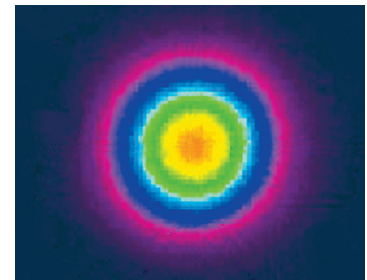
<sup>2)</sup> При нормальных внешних условиях.



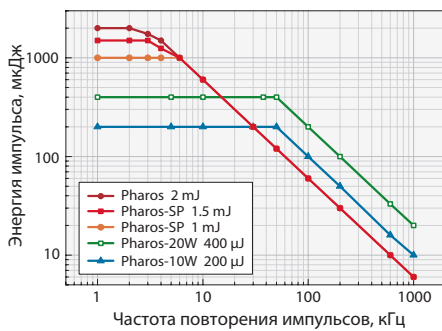
Длительность импульса системы PHAROS



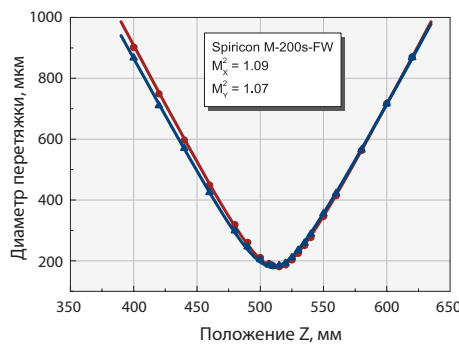
Спектр излучения системы PHAROS



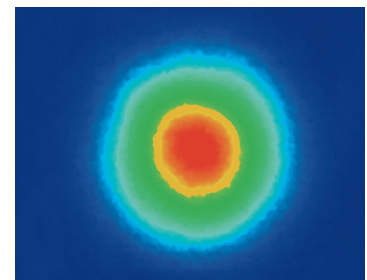
Типичный профиль пучка системы PHAROS в дальнем поле при частоте следования импульса 200 кГц



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

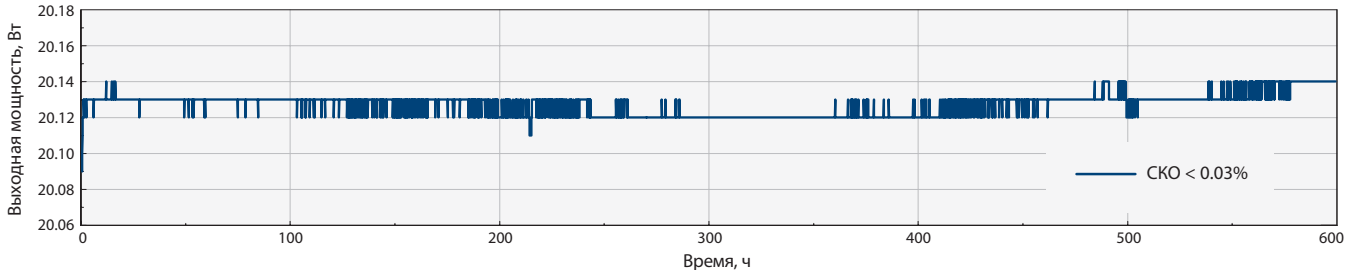
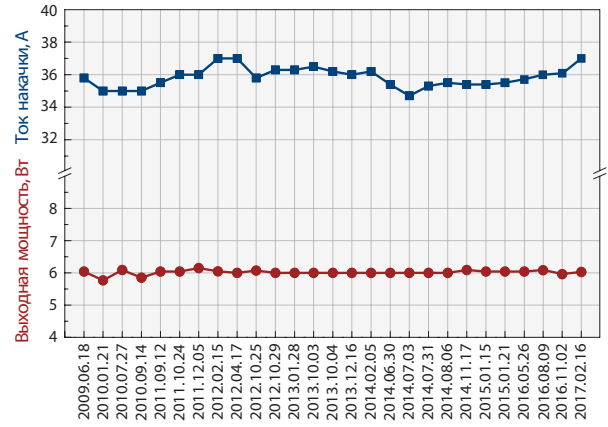
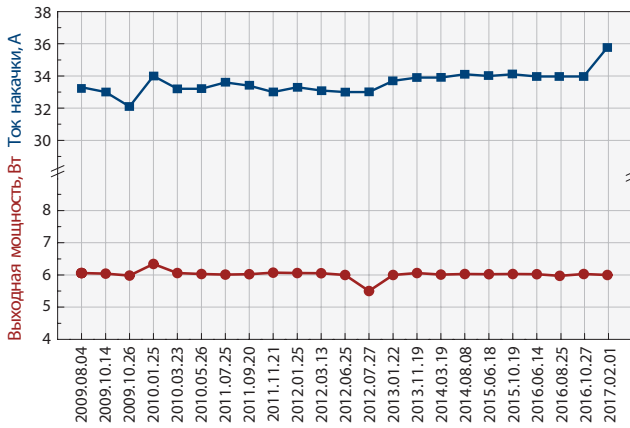
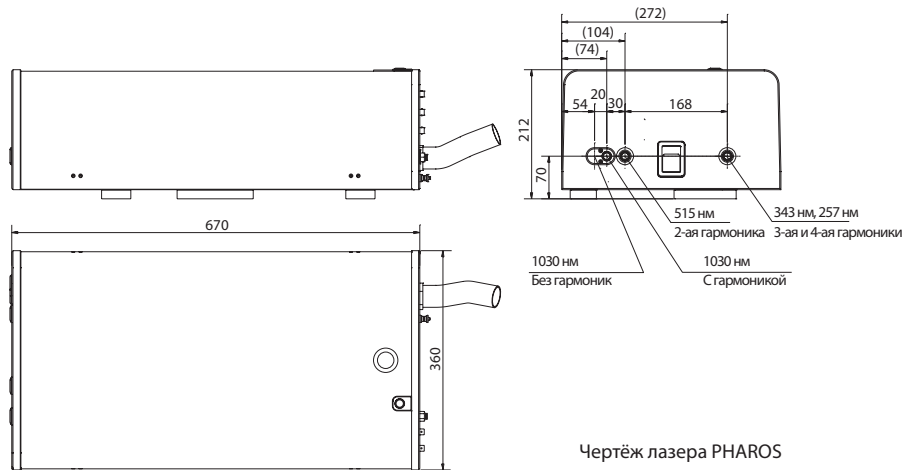


График долговременной стабильности системы PHAROS



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



Чертеж лазера PHAROS

# PHAROS

## Автоматизированный генератор гармоник



### ОСОБЕННОСТИ

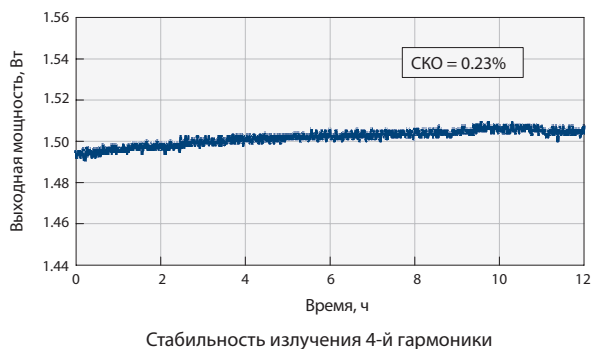
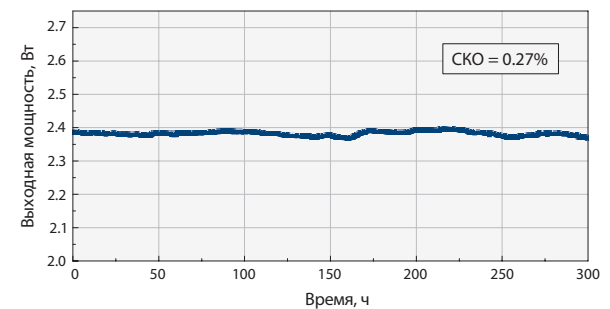
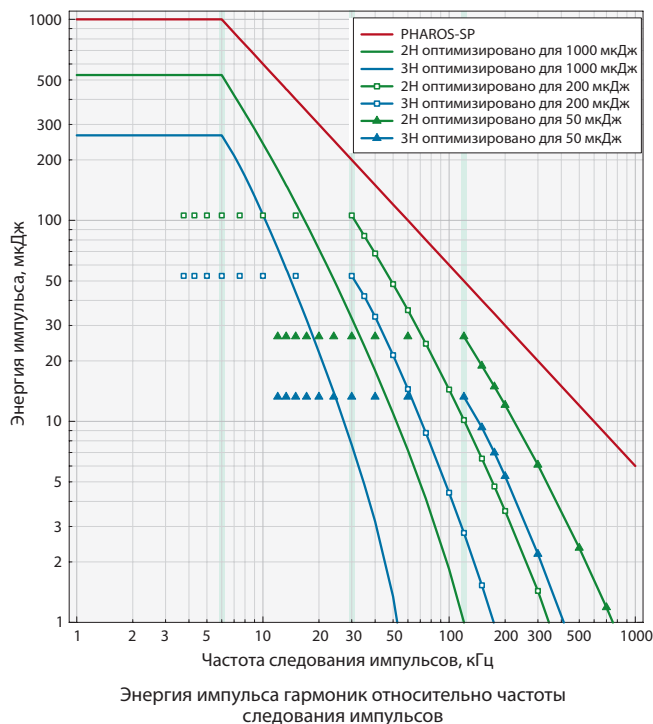
- Гармоники 515 нм, 343 нм, 257 нм, 206 нм
- Выбор выходного излучения с помощью программы
- Крепится непосредственно на лазерную головку внутри корпуса системы
- Прочный дизайн для промышленных применений

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

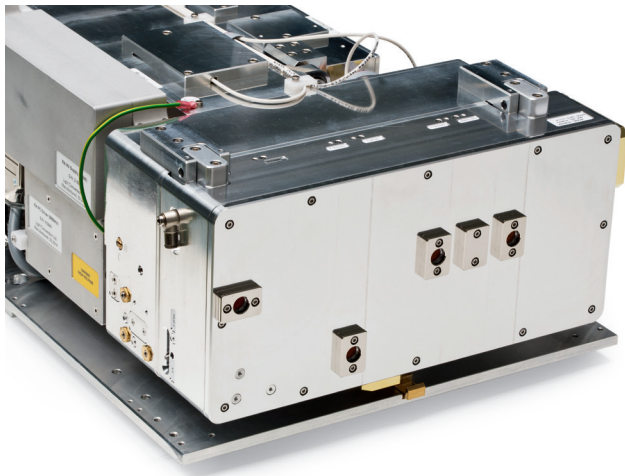
Модель	2Н	2Н-3Н	2Н-4Н	4Н-5Н
Выходная длина волны (автоматический выбор)	1030 нм 515 нм	1030 нм 515 нм 343 нм	1030 нм 515 нм 257 нм	1030 нм 257 нм 206 нм
Входная энергия импульса	20 – 2000 мкДж	50 – 1000 мкДж	20 – 1000 мкДж	200 – 1000 мкДж
Длительность импульса накачки	190 – 300 фс			
Эффективность преобразования	>50 % (2Н)	>50 % (2Н) >25 % (3Н)	>50 % (2Н) >10 % (4Н) *	>10 % (4Н) * >5 % (5Н)
Качество пучка луча накачки	<1.2 / <1.3 в зависимости от модели			
Качество пучка (M <sup>2</sup> ) при энергии накачки ≤ 400 мкДж	515 нм: M <sup>2</sup> (накачки) + 0.1	515 нм: M <sup>2</sup> (накачки) + 0.1 343 нм: M <sup>2</sup> (накачки) + 0.2	515 нм: M <sup>2</sup> (накачки) + 0.1 257 нм: нет данных	Нет данных
Качество пучка (M <sup>2</sup> ) при энергии накачки > 400 мкДж	515 нм: M <sup>2</sup> (накачки) + 0.2	515 нм: M <sup>2</sup> (накачки) + 0.2 343 нм: M <sup>2</sup> (накачки) + 0.3	515 нм: M <sup>2</sup> (накачки) + 0.2 257 нм: нет данных	Нет данных

\* Максимальная выходная мощность 1 Вт.



# PHAROS

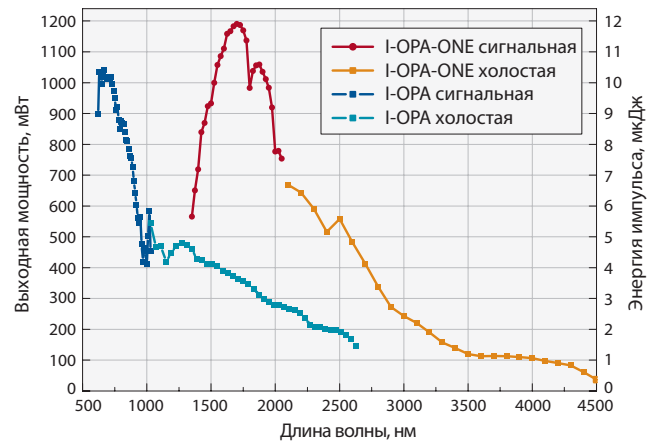
## Промышленный оптический параметрический усилитель



### 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	I-OPA-CEP
Основа системы	ORPHEUS	ORPHEUS-F	ORPHEUS-ONE	-
Энергия накачки	10 – 500 мкДж	10 – 400 мкДж	20 – 500 мкДж	150 – 500 мкДж
Частота следования импульсов		До 1 МГц		До 100 кГц
Диапазон перестройки (сигнальная)	630 – 1030 нм	650 – 900 нм	1350 – 2060 нм	-
Диапазон перестройки (холостая)	1030 – 2600 нм	1200 – 2500 нм	2060 – 4500 нм	1400 – 2500 нм
Эффективность преобразования (холостая + сигнальная)	>12 %	>10 %	>14 %	>10 %
Стабильность энергии импульса СКО <2% за 1 мин <sup>1)</sup>	650 – 950 нм 1150 – 2000 нм	650 – 850 нм 1350 – 2000 нм	1500 – 3500 нм	1400 – 2000 нм
Ширина линии импульса <sup>2)</sup>	100 – 150 см <sup>-1</sup>	200 – 600 см <sup>-1</sup>	80 – 200 см <sup>-1</sup>	~150 см <sup>-1</sup>
Длительность импульса <sup>3)</sup>	150 – 250 фс	30 – 80 фс	200 – 300 фс	< 200 фс
Сфера применения	Микромашининг Микроскопия Спектроскопия	Нелинейная микроскопия Сверхбыстрая спектроскопия	Микромашининг Генерация среднего ИК	В качестве входного каскада для ОРСПА

<sup>1)</sup> Для длины волны 800 нм СКО составляет менее 1%.

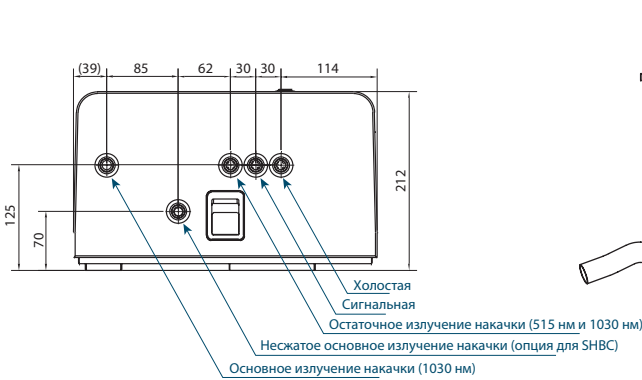
<sup>2)</sup> Импульсы с широкой полосой на выходе i-OPA-F сжимаются внешне.

<sup>3)</sup> Длительность импульса зависит от длины волны и длительности импульса накачки.

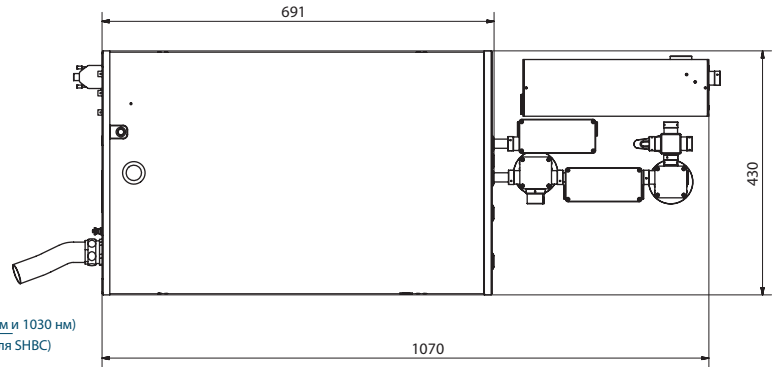
**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА С ДРУГИМИ ФЕМТОСЕКУНДНЫМИ И ПИКОСЕКУНДНЫМИ ЛАЗЕРАМИ**

Лазер	Наше решение	HG или HIRO	I-OPA-F	I-OPA-ONE
Энергия импульса при 100 кГц (использовался PHAROS-10W)				
Экимерный 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 мкм)	Излучение из OPA	-	-	1 – 5 мкДж

Значение энергий 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.



Расположение выходных портов усилителя I-OPA на системе PHAROS



Габаритные размеры системы PHAROS + I-OPA вместе с компрессором



Лазер Pharos со встроенным ОПУ I-OPA

