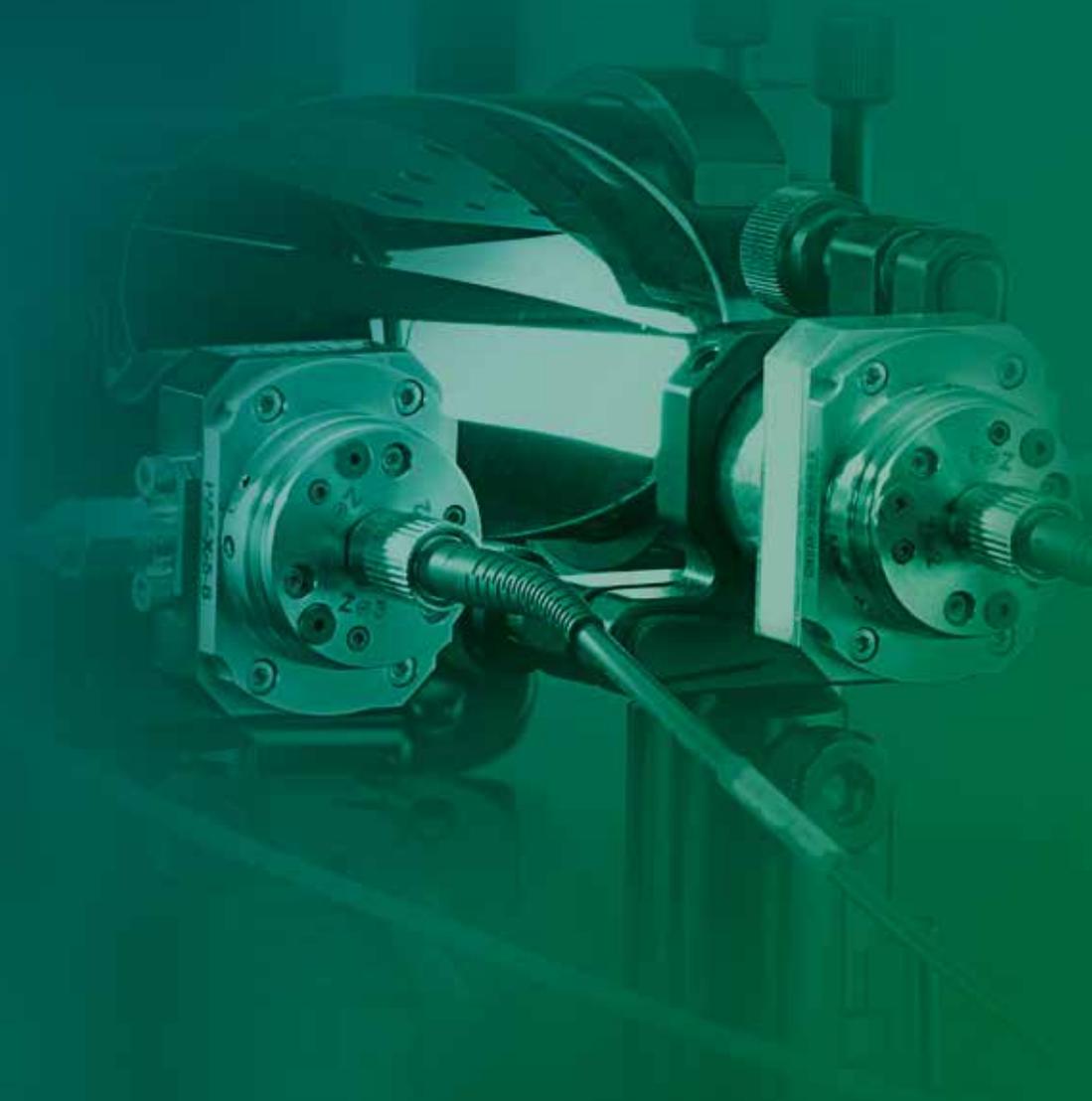


# Терагерцовый спектрометр

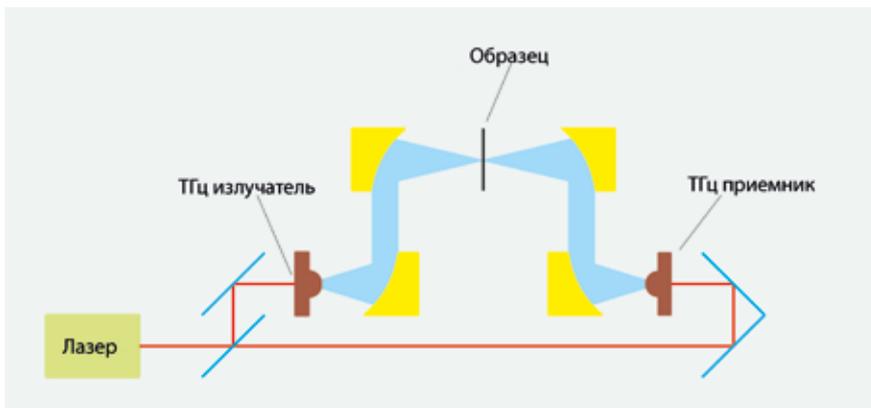


## Основные принципы работы

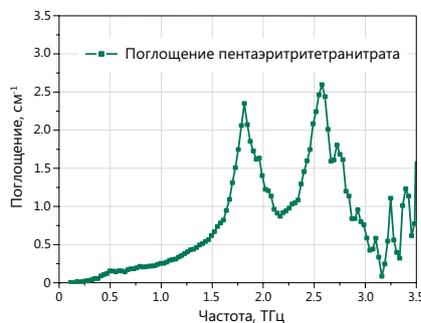
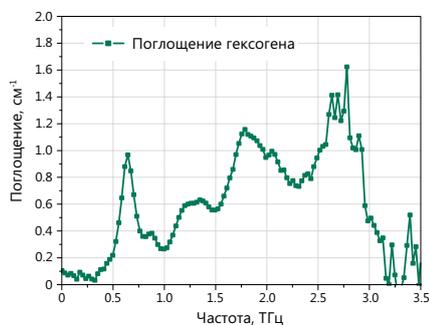
Терагерцовый (ТГц) и субтерагерцовый диапазон частот (100 ГГц – 10 ТГц) электромагнитного спектра устраняет разрыв между микроволновым и ИК диапазонами. ТГц волны проникают сквозь диэлектрики (такие, как бумага или пластик), отражаются от материалов со свободными электронами (такие, как металлы) и поглощаются молекулами с определенными уровнями вибрации в пределах ТГц диапазона. Терагерцовая спектроскопия поглощения или отражения, получение изображений биологических и других объектов, ТГц томография и спектроскопия ТГц зондирования являются предметами горячего обсуждения на научных конференциях, на которых поднимаются вопросы о возможности использования данного типа спектроскопии в таких областях, как производство

полупроводников, медицинская техника и средства обеспечения безопасности.

Один из наиболее популярных методов генерации когерентного ТГц излучения и обнаружения используется в приборе терагерцовой спектроскопии с разрешением по времени (THz-TDS). Данный прибор состоит из фемтосекундного лазера, оптической линии задержки и двух фотопроводящих антенн, работающих как ТГц излучатель и приемник. Субпикосекундные импульсы ТГц излучения регистрируются приемником после прохождения через образец и аналогичную длину свободного пространства. Сравнение фурье-преобразований формы двух данных импульсов дает информацию о спектре поглощения исследуемого образца.



Упрощенная схема прибора для ТГц спектроскопии с временным разрешением



Спектры поглощения взрывчатых веществ в ТГц диапазоне

### ПРЕИМУЩЕСТВА THz-TDS

- ▶ Широкий спектральный диапазон перекрытия в терагерцовой области
- ▶ Высокий динамический диапазон
- ▶ Полное амплитудное и фазовое детектирование
- ▶ Пикосекундное временное разрешение
- ▶ Возможность использования в качестве ТГц источника накачки

### ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- ▶ Исследование материалов
- ▶ Неразрушающий контроль
- ▶ Фармацевтическая промышленность
- ▶ Медицинская техника
- ▶ Производство полупроводников
- ▶ Средства обеспечения безопасности

## ТГц спектрометр T-SPEC, работающий в реальном времени



### ОСОБЕННОСТИ

- ▶ Широкий спектральный диапазон: до 5 ТГц
- ▶ Высокий динамический диапазон: > 90 дБ на 0.4 ТГц
- ▶ Сбор данных в реальном времени: до 10 спектров в секунду
- ▶ Превосходное спектральное разрешение: 1 ГГц
- ▶ «Бесподшипниковый» дизайн быстрой линии задержки: практически неограниченный срок службы
- ▶ Режимы пропускания и отражения
- ▶ Получение ТГц изображения с высоким пространственным разрешением
- ▶ Полное управление от ПК
- ▶ Простой и понятный интерфейс управления

### ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- ▶ Исследование химического состава веществ
- ▶ Анализ времени жизни и подвижности носителей зарядов в полупроводниках
- ▶ Определение диэлектрических свойств и комплексного показателя преломления
- ▶ Изучение метаматериалов
- ▶ Неразрушающий медицинский контроль
- ▶ Измерения толщины

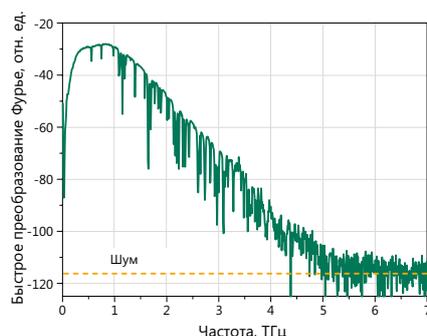
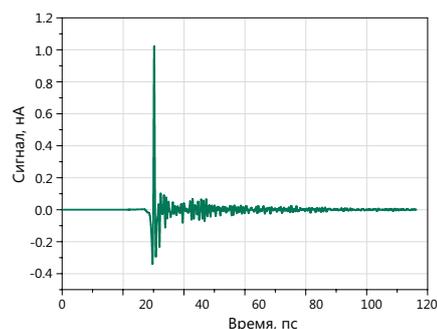
Терагерцовый спектрометр, работающий в реальном масштабе времени, представляет собой мощный инструмент для проведения исследований в областях распознавания и анализа, в которых необходимо применение ТГц импульсов. Обладая простой и надежной конструкцией, данный спектрометр характеризуется простотой использования и адаптируемостью к требованиям заказчика.

Уникальная конструкция микрополосковой фотопроводящей антенны, выполненной на основе структуры GaAs, выращенной при низкой температуре, обеспечивает перекрытие в широком спектральном диапазоне и расширенный динамический диапазон.

В данном спектрометре предусмотрены две линии задержки: быстрая и медленная. Линия быстрого сканирования позволяет производить сбор данных в реальном масштабе времени со скоростью до 10 спектров в секунду и временным окном

сканирования 116 пс. Усреднением собранных спектров можно увеличить динамический диапазон до 90 дБ и расширить спектральный диапазон до 5 ТГц. Линия медленной задержки позволяет осуществлять комбинации временных окон сканирования. Таким образом, в спектрометре может быть достигнуто разрешение порядка 1 ГГц. Линия быстрой задержки разработана по специальной «бесподшипниковой» схеме и использует магнитно-связанный привод, который делает данную линию чрезвычайно надежной и значительно увеличивает ее срок службы.

Спектрометр T-SPEC имеет вакуумированный корпус с вмонтированными штуцерами для ввода газовых смесей. Он может быть использован в качестве продувочного ящика в экспериментах, когда требуются определенные окружающие условия (азот или сухой воздух). Большая область для размещения образцов позволяет с легкостью включить в конструкцию дополнительное оборудование



Пример измерений с помощью ТГц спектрометра T-SPEC с временным разрешением (измерения проводились при нормальных условиях)

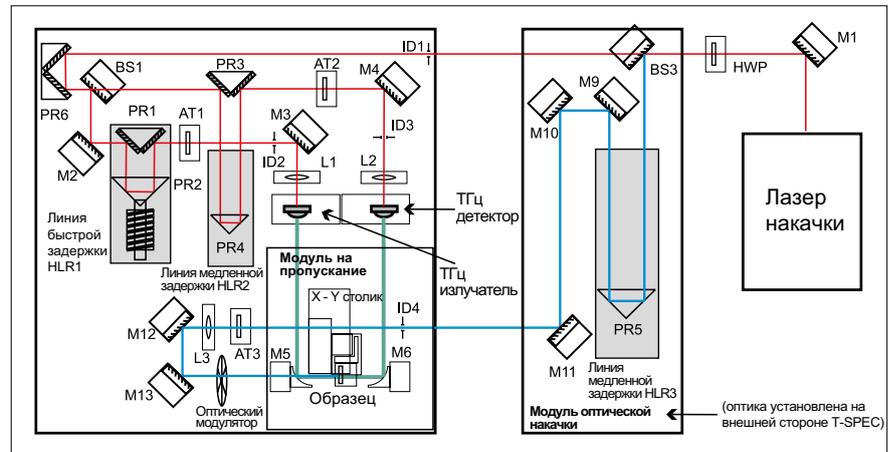
(например, криостат или нагреватель). По специальному запросу мы можем вмонтировать данное оборудование в корпус прибора, гарантируя хорошую степень вакуумирования, виброизоляцию и автоматизацию действий.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ

Спектрометр оборудуется двумя спектроскопическими модулями для измерений пропускания и отражения. Каждый модуль имеет моторизированный манипулятор для образца. Данная особенность позволяет производить потоковые измерения образцов без необходимости физического доступа внутрь самого спектрометра. Модуль отражения имеет удобную вертикальную схему, в которой ТГц луч падает на образец снизу и отражается обратно. В данном случае образцы можно быстро заменять, просто снимая их с предметного столика. Другой отличительной особенностью является то, что система не требует никаких настроек как при смене образцов, так и при смене измерительных модулей.

Спектрометр серии T-SPEC является идеальным выбором для получения изображений в широком ТГц диапазоне. Он позволяет сканировать образцы размером до 25 × 25 мм с пространственным разрешением порядка 1 мм. Результаты измерений содержат информацию о самом объекте исследований, в том числе о его структуре и спектральных данных.

Модель	T-SPEC 800	T-SPEC 1000
<b>ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ</b>		
Спектральный диапазон	>4.5 ТГц	>3.5 ТГц
Динамический диапазон	>90 дБ на 0.4 ТГц	>70 дБ на 0.4 ТГц
Скорость обработки информации	10 сканов/с	
Спектральное разрешение		
быстрое сканирование	8.6 ГГц	
быстрое + медленное сканирование	~1 ГГц	
Диапазон сканирования		
быстрое сканирование	116 пс	
быстрое + медленное сканирование	928 пс	
Диаметр пучка на образце	~ 2 мм на 0.4 ТГц	
Конфигурация	Пропускание / отражение (перпендикулярное)	
Интерфейс подключения	USB 2.0	
Габаритные размеры	560 × 520 × 202 мм	
<b>ТРЕБОВАНИЯ К ЛАЗЕРУ НАКАЧКИ</b>		
Тип лазера накачки	Встроенный ELMO с модулем второй гармоники	Встроенный FF50
Тип выхода лазера	В свободное пространство	
Длина волны излучения	780 нм	1064 нм
Длительность импульса	<100 фс	<160 фс
Выходная мощность	>80 мВт	>60 мВт
Частота следования импульсов	100 МГц	30 МГц

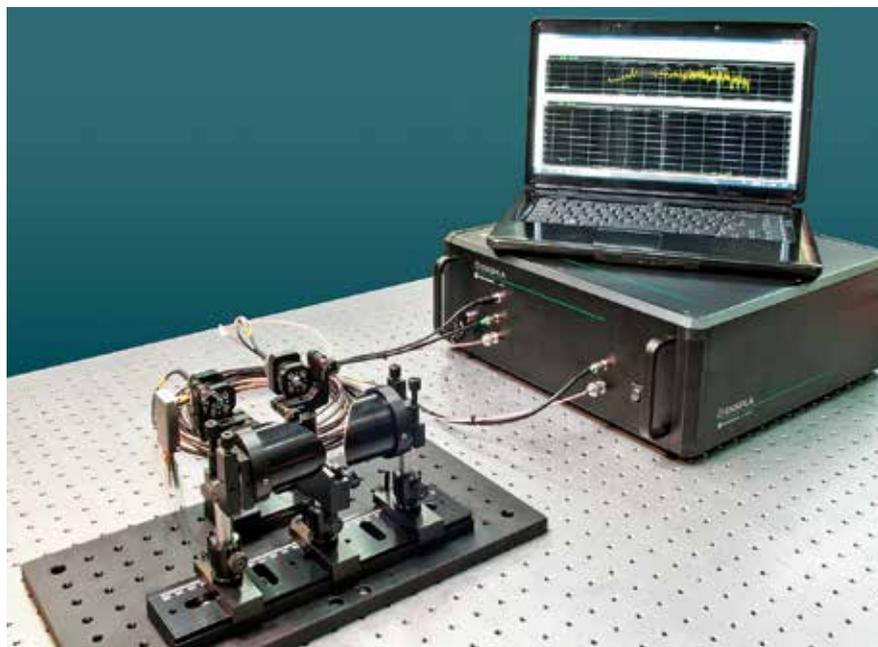


Оптическая схема ТГц спектрометра серии T-SPEC для измерений методом ТГц зондирования



Отражающий (слева) и пропускающий (справа) модули спектрометра T-SPEC

## Терагерцовый спектрометр с волоконными выводами T-Fiber



Волоконный спектрометр T-Fiber имеет простой и прочный дизайн. В данный спектрометр интегрирован фемтосекундный волоконный лазер. Спектрометр имеет два выходных волоконных порта. По сравнению с обычными Ti:S генераторами, волоконные лазеры более компактные, дешевые, надежные и характеризуются параметрами, которые отлично подходят для генерации ТГц излучения.

Фемтосекундный лазер, оптическая линия задержки и регистрирующая электроника вмонтированы в единый компактный корпус с размерами всего 40 × 40 см. Минимальный набор оптических элементов, используемых в самых простых спектрографах, обеспечивает стабильную работу на протяжении долгого периода времени. Специальный «бесподшипниковый» дизайн быстрой линии задержки делает ее срок службы практически

неограниченным. Линия задержки позволяет осуществлять сбор данных в реальном времени со скоростью до 10 спектров в секунду и с временным окном 116 пс.

Волоконная конструкция ТГц излучателя и приемника с легкостью позволяет изменять геометрию линии измерения в любых экспериментах. Благодаря своим компактным размерам и возможности безопасной транспортировки, спектрометр T-Fiber может использоваться как в лабораториях, так и в различных научно-исследовательских экспедициях. У нас также есть возможность выполнить конструкцию спектрометра под конкретные цели пользователя.

### ОСОБЕННОСТИ

- ▶ *Накачка волоконным лазером: удобство доставки импульса накачки*
- ▶ *Измерения в режиме реального времени*
- ▶ *Неограниченное время жизни линии задержки*
- ▶ *Гибкая конструкция*
- ▶ *Способность получения ТГц изображений*
- ▶ *Полный контроль от ПК*
- ▶ *Отличное соотношение «цена-качество»*

### ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- ▶ *ТГц спектроскопия с разрешением по времени в широком интервале*
- ▶ *Мониторинг обработки/производства материалов*
- ▶ *Обнаружение опасных веществ*
- ▶ *Измерение толщины наносимых покрытий*
- ▶ *Анализ качества продуктов питания*
- ▶ *Медицина*

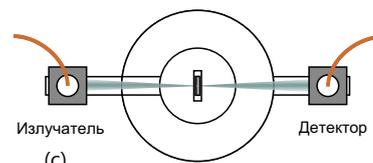
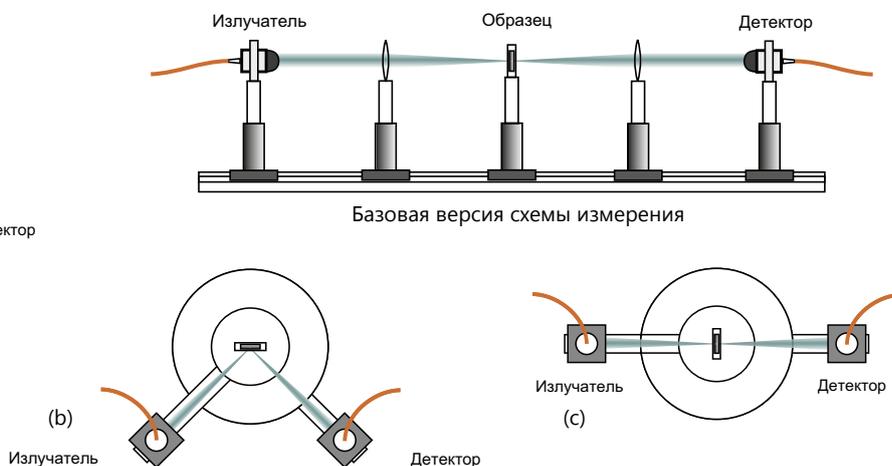
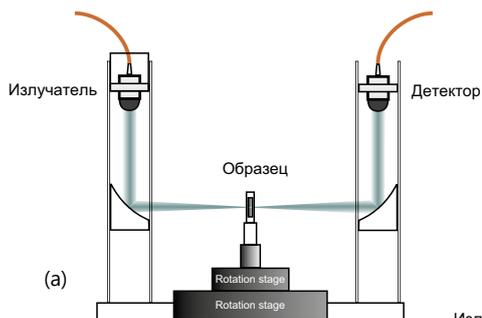
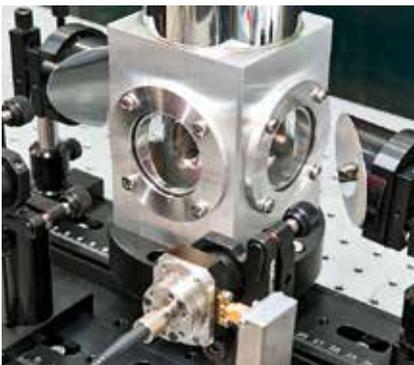


Схема измерения типа гониометр (а), геометрии отражения и пропускания (b,c) соответственно

Базовая комплектация спектрометра T-Fiber включает в свой состав оптическую направляющую с волоконными излучателем и детектором, две РЕ линзы и держатель образца. Данная комплектация представляет собой измерительную геометрию пропускания и является очень простой в настройке.

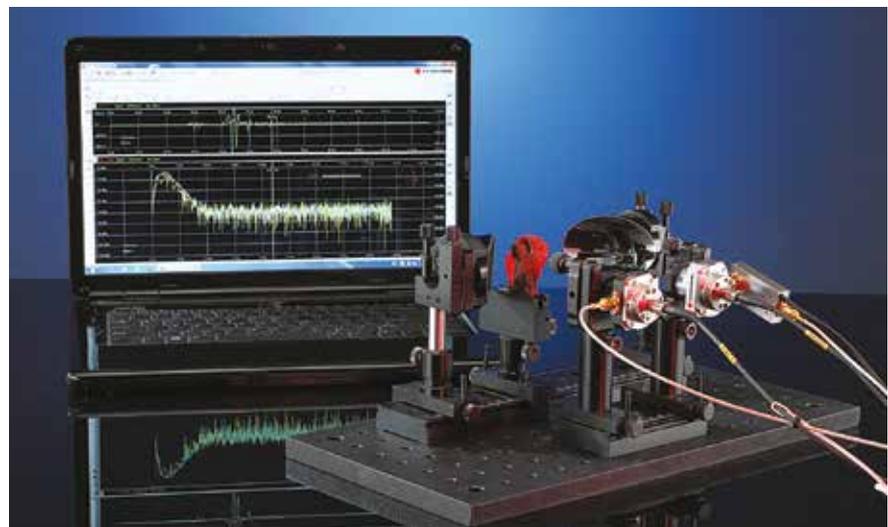
В качестве опции может быть предоставлен столик для построения схемы измерения типа гониометр. Данная опция позволяет проводить измерения как в геометрии пропускания, так и в геометрии отражения с углом, изменяющимся в диапазоне от 18.5° до 90°. Также данная схема может быть использована для уникальных экспериментов рассеяния ТГц излучения, так как углы излучателя и детектора могут изменяться независимо друг от друга. Также данный модуль обеспечивает лучшую фокусировку ТГц излучения и лучший динамический диапазон.

## НАША ПРОДУКЦИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВАШИХ ЗАДАЧ



## ХАРАКТЕРИСТИКИ

Модель	T-FIBER базовая комплектация	T-FIBER с гониометром
<b>ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ</b>		
Спектральный диапазон	>3 ТГц	
Динамический диапазон	>60 дБ на 0.4 ТГц	>65 дБ на 0.4 ТГц
Сбор данных	10 сканов/с	
Спектральное разрешение	8.6 ГГц	
Линия задержки	116 пс	
Конфигурация	Пропускание	Пропускание / отражение с перестраиваемыми углами / рассеяние
Диапазон углов падения (в геометрии отражения)	–	18.5 – 90°
Диапазон углов регистрации (рассеяние ТГц излучения)	–	37 – 286°
Интерфейс подключения	USB	
Габаритные размеры основного блока	400 × 400 × 158 мм	
Размеры спектрометрического столика	670 × 70 мм	450 × 300 мм
<b>ЛАЗЕР НАКАЧКИ</b>		
Модель	LightWire FF50	
Тип лазера	Волоконный	
Длина волны излучения	1064 нм	
Длительность импульса	<160 фс	
Выходная мощность	>40 мВт	
Частота следования импульсов	40 МГц	



## ТГц излучатель и детектор



ТГц излучатель и детектор снабжены микрополосковой фотопроводящей антенной (РСА), выполненной на основе GaAs подложки. В зависимости от длины волны лазера накачки в качестве фотопроводника используется либо GaAs, выращенный при низкой температуре (LT-GaAs), либо GaBiAs. На поверхности данного фотопроводника формируется дипольная антенна копланарного типа, используя AuGeNi металлизацию. Геометрия фотопроводящей антенны, а также свойства фотопроводящего эпитаксиального слоя оптимизированы для получения самой высокой выходной эффективности ТГц излучения, и в то же время сохранения оптимальной ширины линии. В результате, мощность испускаемого ТГц излучения превышает 10 мкВт, если накачка осуществляется лазером с выходной мощностью 30 мВт и длительностью импульса 150 фс. Ширина полосы системы регистрации по уровню половины амплитуды превышает 700 ГГц в спектральном диапазоне 0.1 – 5 ТГц.

### ОСОБЕННОСТИ

- ▶ Фотопроводящая антенна выполнена из LT-GaAs или GaBiAs
- ▶ Оптимизированы для длины волны вблизи 800 нм или 1060 нм
- ▶ Широкий спектральный диапазон и низкий уровень шума
- ▶ Субпикосекундное временное разрешение

### ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- ▶ ТГц спектроскопия с временным разрешением
- ▶ Оптическая накачка – ТГц спектроскопия
- ▶ Получение ТГц изображений

ТГц излучатель или детектор подсвечивается лазером. Лазерный луч должен быть сфокусирован между двумя электродами (см. рис. ниже). Зазор между контактами детектора сравним с диаметром лазерного луча, а между контактами излучателя – больше. ТГц излучение собирается с помощью встроенной линзы, изготовленной из кремния высокой плотности,

которая крепится на специальном X-Y столике. Мы предлагаем два стандартных типа данных линз: для создания коллимированного или расходящегося выходного ТГц пучка. Во втором случае РСА размещается в апланатической точке кремниевой линзы, что уменьшает aberrации ТГц пучка. Для позиционирования кремниевой линзы по центру РСА

используются регулировочные винты. SMA разъемы на задней стороне держателя используются для подвода переменного/ постоянного тока смещения к ТГц излучателю и входу усилителя к ТГц детектору. Любое из 3-х отверстий с резьбой М6 может использоваться для крепления ТГц излучателя к оптическому столу.

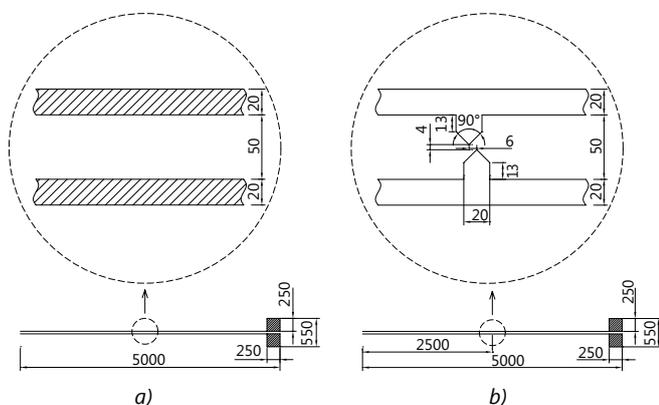


Рис. 1. Микрополосковая фотопроводящая антенна (РСА): излучатель (a), детектор (b)

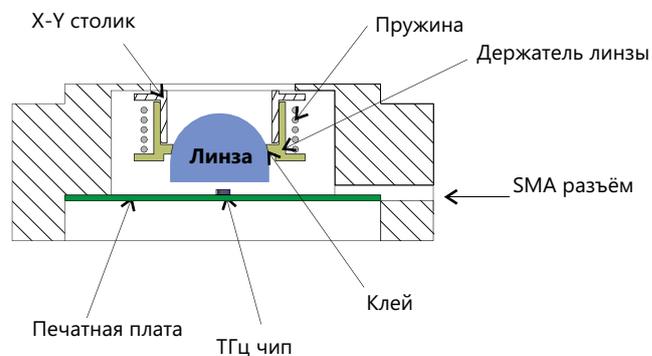


Рис. 2. Сечение ТГц излучателя / детектора

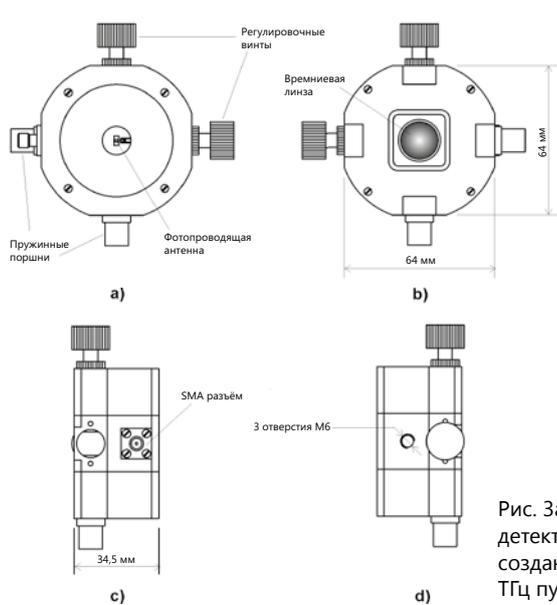


Рис. 3а. ТГц излучатель / детектор в сборе (для создания коллимированного ТГц пучка)

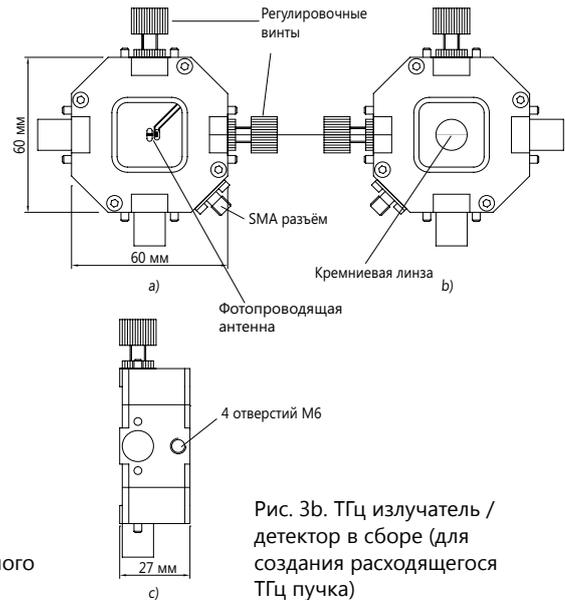


Рис. 3б. ТГц излучатель / детектор в сборе (для создания расходящегося ТГц пучка)

## ХАРАКТЕРИСТИКИ

Модель	Излучатель		Детектор <sup>3)</sup>	
	EMT-08	EMT-10	DET-08	DET-10
<b>ФОТОПРОВОДЯЩАЯ АНТЕННА</b>				
Материал антенны	LT-GaAs	GaBiAs	LT-GaAs	GaBiAs
Размеры пластины	5 × 1.5 мм			
Толщина	600 мкм			
Тип антенны	полосковая		диполь	
Напряжение смещения	Макс 50 В, обычно 40 В		±12 В	
Центральная ТГц частота	~0.5 ТГц		0.5 ТГц	
Регистрируемая ТГц полоса	–		до 5 ТГц	
<b>ВСТРОЕННАЯ ФОКУСИРУЮЩАЯ ЛИНЗА</b>				
Материал	HRFZ-кремний			
Геометрическая форма	Гиперполусфера			
Выходной пучок	Коллимированный или расходящийся		–	
Регулируемый диапазон положения XY столика	±3 мм			
<b>ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛУЧА НАКАЧКИ</b>				
Длина волны возбуждения	800±40 нм	1060±40 нм	800±40 нм	1060±40 нм
Средняя мощность <sup>1)</sup>	<50 мВт	<20 мВт	<50 мВт	<20 мВт
Длительность импульса	<150 фс			
Частота следования импульсов	20-100 МГц			
Профиль пучка	Близкий к Гауссову профилю			
Диаметр пучка <sup>2)</sup>	~2 мм			

<sup>1)</sup> С учетом продолжительности лазерного импульса, частоты следования импульсов и размера пучка на поверхности пластины.

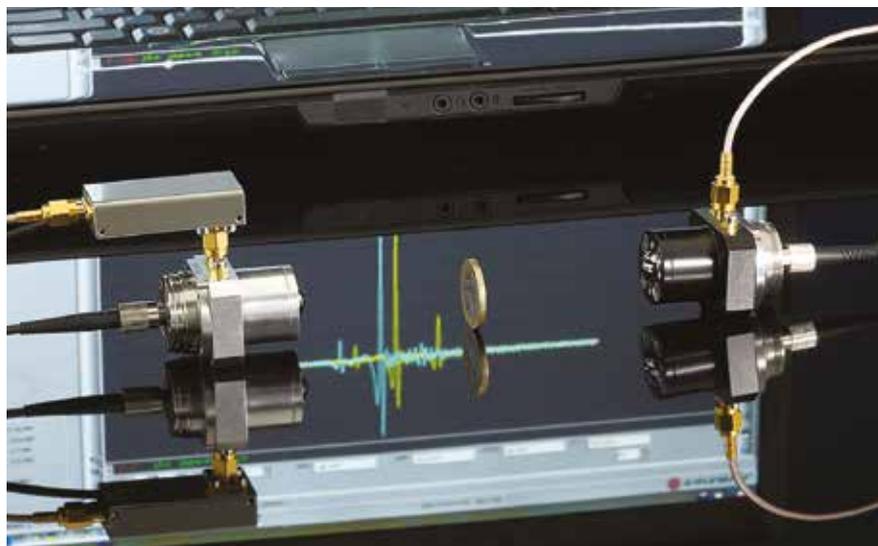
<sup>2)</sup> Рекомендуемое значение, если используется со спектроскопическим набором крепления ТГц излучателя / детектора компании Ekspla.

<sup>3)</sup> Оснащен встроенным предусилителем.

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ЗАКАЗА

Описание	Модель	Дополнение
ТГц излучатель для длины волны 800 нм	EMT-8	Имеет кремниевую линзу и коаксиальный кабель с BNC коннектором
ТГц детектор для длины волны 800 нм	DET-8	Имеет кремниевую линзу и коаксиальный кабель с BNC коннектором
ТГц излучатель для длины волны 1060 нм	EMT-10	Имеет кремниевую линзу и коаксиальный кабель с BNC коннектором
ТГц детектор для длины волны 1060 нм	EMT-10	Имеет кремниевую линзу и коаксиальный кабель с BNC коннектором
Крепление для ТГц излучателя / детектора	MNT	Оснащен фокусирующим объективом луча накачки на XYZ столик
Источник питания TMS-100M для приложения напряжения смещения	TMS-100	30 – 70 В постоянного тока или прямоугольная форма выходных импульсов

## Волоконные ТГц излучатель и детектор



Волоконные ТГц излучатель и детектор разработаны для перекрытия широкой рабочей полосы и могут использоваться в стандартной установке для ТГц спектроскопии с разрешением по времени (THz-TDS) (Рис. 1).

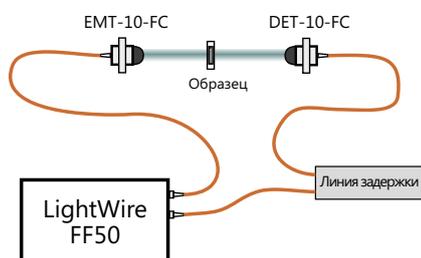


Рис. 1. Установка для ТГц (терагерцевой) спектроскопии с разрешением по времени

Уникальность GaBiAs материала, используемого в фотопроводящей антенне (РСА), заключается в том, что он обладает превосходной чувствительностью для длин волн вблизи 1060 нм и электронов с временем жизни менее 1 пс. В результате ультра короткие половинные ТГц импульсы с шириной полосы 5 ТГц могут излучаться и регистрироваться элементами, выполненными на основе таких материалов. Перенос излучения по волокну исключает трудоемкую настройку и регулировку и гарантирует максимальную

подстраиваемость под различные эксперименты. Например, данная особенность позволяет с легкостью изменять геометрии измерения: пропускание на отражение и наоборот и т.п. Данные излучатели и детекторы вмонтированы в удобные оправы, совместимые с 1-дюймовыми (25.4 мм) держателями. Производительность каждого устройства проверяется на заводе-изготовителе, а также к нему прикладывается протокол измерений и технический паспорт.

### ВСТРОЕННАЯ КРЕМНИЕВАЯ ЛИНЗА

Мы предлагаем два стандартных типа данных линз: для создания коллимированного или расходящегося выходного ТГц пучка. Во втором случае РСА размещается в апланатической точке кремниевой линзы, что уменьшает aberrации ТГц пучка. Держатели РСА имеют отверстия для их крепления на оптическом столе.

### ОСОБЕННОСТИ

- ▶ Фотопроводящая антенна выполнена из GaBiAs
- ▶ Оптимизированы для длины волны 1060 нм
- ▶ Перенос импульса накачки по оптоволокну

### ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- ▶ ТГц спектроскопия с временным разрешением
- ▶ Оптическая накачка – ТГц спектроскопия
- ▶ Подходит для любых волоконных решений

**ФОТОПРОВОДЯЩАЯ АНТЕННА (РСА)**

РСА разработана специально для ТГц излучателя и детектора. Подложка из GaAs содержит эпитаксиальный активный слой GaBiAs, чтобы достичь высокой устойчивости. Высокая фоточувствительность материала позволяет использовать менее мощные импульсы для возбуждения. На поверхности данного фотопроводника формируется дипольная антенна копланарного типа, используя AuGeNi металлизацию. Зазор между контактами детектора сравним с диаметром лазерного луча, а между контактами излучателя – больше. Фотопроводящий чип крепится на специальной печатной плате (PCB) внутри корпуса устройства. SMA разъемы на задней стороне держателя используются для подвода переменного/постоянного тока смещения к ТГц излучателю и входу усилителя к ТГц детектору.

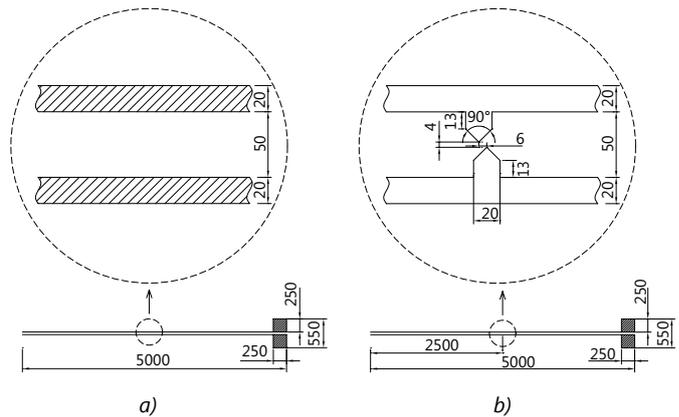


Рис. 2. Чертеж микрополосковой антенны: излучатель (а), детектор (b) (все размеры приведены в мкм)

**ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Модель	Излучатель EMT-10-FC	Детектор DET-10-FC
<b>ФОТОПРОВОДЯЩАЯ АНТЕННА</b>		
Материал антенны	GaBiAs	
Размеры пластины	5 × 1.5 мм	
Толщина	600 мкм	
Тип антенны	полосковая	диполь
Фоточувствительность	до 1100 нм	
Напряжение смещения	Макс. 50 В, обычно 40 В	–
Регистрируемая ТГц полоса <sup>1)</sup>	–	>4 ТГц
<b>ВСТРОЕННАЯ ФОКУСИРУЮЩАЯ ЛИНЗА</b>		
Материал	HRFZ-кремний	
Геометрическая форма	Гиперполусфера	
Выходной пучок	Коллимированный или расходящийся	–
<b>ОПТОВОЛОКНО</b>		
Длина волокна	3±0.2 м	
Тип коннектора	FC/APC	
Длина волны <sup>2)</sup>	1064 нм	
Максимальная энергия импульса (на входе в волокно)	1 нДж (30 мВт при 30 МГц)	
Рекомендуемый источник накачки	LightWire FF50 компании EKSPLA	

<sup>1)</sup> Накачка осуществлялась импульсами длительностью 130 фс, мощностью 20 мВт с частотой следования 30 МГц

<sup>2)</sup> Также по запросу доступны другие длины волн

**ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ЗАКАЗА**

Описание	Модель	Дополнение
Волоконный ТГц излучатель для длины волны 1060 нм	EMT-10-FC	Имеет кремниевую линзу, оптическое волокна с FC/APC коннектором и коаксиальный кабель с BNC коннектором
Волоконный ТГц детектор для длины волны 1060 нм	DET-10-FC	Имеет кремниевую линзу, оптическое волокна с FC/APC коннектором и коаксиальный кабель с BNC коннектором

**ПЕРЕНОС ИЗЛУЧЕНИЯ ПО ВОЛОКНУ**

Каждый волоконный излучатель или детектор поставляется со специальным волокном. Стандартная конфигурация требует подавать на вход волокна импульс длительностью 0.5 – 2 пс до chirpирования. Обычно такие параметры импульса доступны сразу на выходе волоконных лазеров до стадии сжатия. В этом случае импульс сжимается во время своего распространения по волокну с отрицательным значением дисперсии. Для фемтосекундных импульсов может быть применено другое решение – оптоволокно с уровнем дисперсии близким к нулю. В таком волокне фемтосекундный импульс сохраняет свою форму и длительность на выходе из него. В обоих случаях данные методы работают только для определенных длин волн, поэтому это необходимо уточнять при заказе. Лазерное излучение переносится с помощью FC/APC коннектора. Оно фокусируется на РСА с помощью объектива, встроенного в конструкцию ТГц излучателя и детектора.

## ТГц система регистрации TRS-16

Электронные компоненты, используемые в ТГц спектрометрах T-SPEC и T-Fiber также доступны как отдельный продукт (TRS-16). Данный модуль может использоваться для кастомных ТГц спектроскопических систем. Конфигурация включает в свой состав модуль электроники и линию быстрой задержки, основанной на звуковой катушке, с возможностью подключения второй медленной линии задержки, выполненный на основе шагового двигателя. Также TRS-16 включает в свой состав программное обеспечение, используемое для контроля системы и сбора данных.

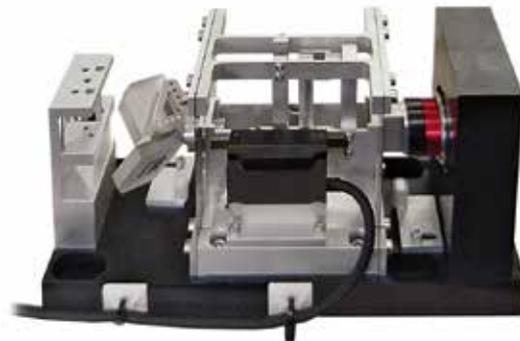
### ЭЛЕКТРОНИКА

Блок электроники состоит из двух основных частей: контроллер линий задержки и регистратора сигналов. Быстрая линия задержки позволяет собирать данные в режиме реального времени со скоростью до 10 спектров/с и обладает временным сканирующим окном 116 пс. Использование оптического линейного датчика гарантирует очень низкое значение джиттера. Таким образом, система регистрации может иметь широкий динамический диапазон до 90 дБ. Регистратор сигналов имеет встроенные 16-битный АЦП, операционный предусилитель (ОПУ) и модулятор напряжения смещения ТГц излучателя. TRS-16 также предоставляет возможность смещения напряжения для фотопроводящего ТГц излучателя в диапазоне 10 – 95 В постоянного тока, а также для ОПУ  $\pm 12$  В постоянного тока. ОПУ также включен в комплект.



### ЛИНИЯ БЫСТРОЙ ЗАДЕРЖКИ

Линия быстрой задержки выполнена по уникальному «бесподшипниковому» дизайну и использует магнито-связанный двигатель, что делает данную линию чрезвычайно надежной и значительно увеличивает срок службы. Специальный дизайн данного модуля заставляет двигаться ретрорефлектор исключительно вдоль одной оси, что приводит к превосходной ориентации и положению пучка, проходящего через линию задержки. Максимальная скорость сканирования линии совпадает с собственной резонансной частотой. Данная особенность существенно снижает потребление энергии, вибрации и тепловыделение.



### ХАРАКТЕРИСТИКИ

АЦП	16 бит
Коэффициент усиления антенны в детекторе	40 дБ до 300 кГц
Габаритные размеры	230 × 170 × 55 мм

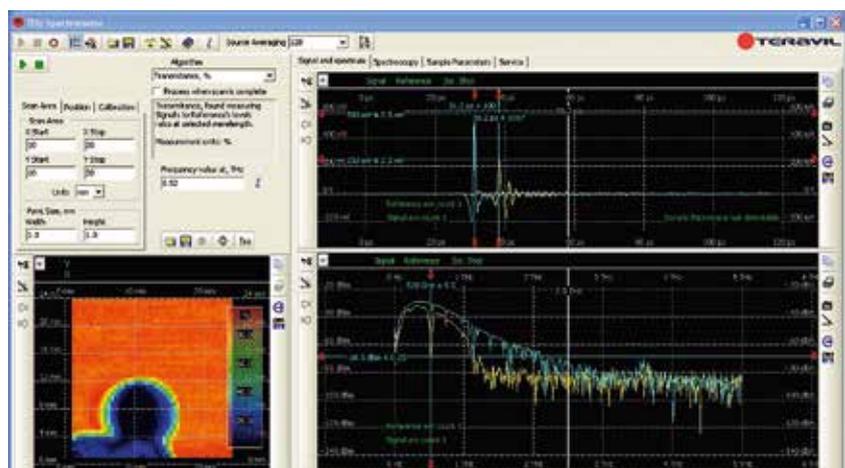
### ХАРАКТЕРИСТИКИ

Окно сканирования	116 пс
Скорость (макс. в окне сканирования)	10 Гц
Габаритные размеры	214 × 75 × 120 мм

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Система TRS-16 поставляется вместе с программным обеспечением, которое способно выполнять следующие действия:

- ▶ регистрация ТГц сигнала, выполнение быстрого преобразования Фурье полученного спектра, регистрация поглощения и пропускания в реальном времени (10 сканов/с);
- ▶ получение растрового изображения за счет использования стандартного шагового двигателя для XY столика;
- ▶ определение поглощения и пропускания, а также толщины образца;
- ▶ непрерывная запись ТГц сигнала в потоковом режиме;
- ▶ определение комплексного показателя преломления, комплексной проводимости и комплексной диэлектрической проницаемости;
- ▶ регистрация оптического сигнала от ТГц зондирующего луча.



Регистрация ТГц сигнала

## Аксессуары

### МЕХАНИЧЕСКИЙ ДЕРЖАТЕЛЬ ДЛЯ ТГц ИЗЛУЧАТЕЛЯ / ДЕТЕКТОРА



Излучатель (или детектор), закрепленный на держателе

Отдельно от ТГц излучателей и детекторов мы предоставляем удобный механический держатель, совместимый с обоими устройствами. Он оснащен объективом с возможностью перемещения его вдоль осей ХУ, компактным столиком для перемещения объектива вдоль оптической оси и рельсом, на который крепятся и объектив, и излучатель / детектор. Данный держатель помогает направить лазерный луч непосредственно между электродами РСА, а также регулировать диаметр пятна на активной поверхности антенны. Удобные крепления позволяют с легкостью монтировать/демонтировать каждую часть данного механического держателя.

#### ХАРАКТЕРИСТИКИ

Высота луча	105 мм
Диапазон перемещений по осям X и Y	3 мм
Диапазон перемещения вдоль оптической оси	13 мм
Диаметр объектива	25.4 мм
Фокусное расстояние	50 мм
Покрытие объектива	AR/AR на выбранной длине волны (стандартно: 800/1030/1064 нм)

### ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ TMS-100М ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ СМЕЩЕНИЯ К ТГц ИЗЛУЧАТЕЛЮ



Источник питания TMS-100 (вид спереди)

#### ОСОБЕННОСТИ

- ▶ Низкий уровень шума
- ▶ Постоянный ток или прямоугольная форма выходных импульсов (нужен внешний источник TTL сигналов)
- ▶ Кабель для подключения к ТГц излучателю в комплекте

#### ХАРАКТЕРИСТИКИ

Частота модуляции импульсов прямоугольной формы	10 Гц – 100 кГц
Выходное напряжение	30 – 70 В (регулируется)
Максимальный ток	1 мА
Выходной разъем	BNC
Требования к питанию	100/220 В переменного тока, 50/60 Гц
Габаритные размеры	130 × 190 × 39 мм

### ОПЕРАЦИОННЫЙ ПРЕДУСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ТГц ДЕТЕКТОРА



Внешний вид предусилителя

#### ХАРАКТЕРИСТИКИ

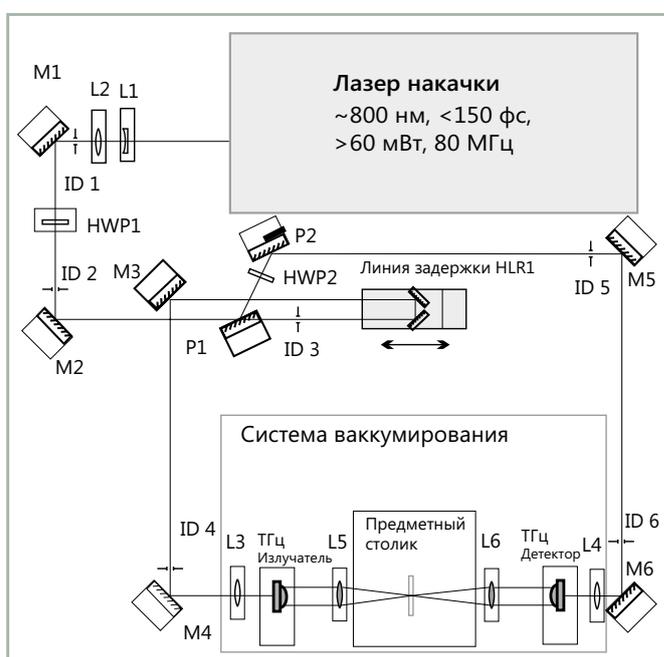
ПРЕДУСИЛИТЕЛЬ <sup>1)</sup>	
Тип	Преобразователь ток-напряжение
Коэффициент преобразования	> 10 <sup>6</sup>
Габаритные размеры	60 × 12 × 15 мм
ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ	
Габаритные размеры	155 × 65 × 80 мм
Выходное напряжение	+15 В, -15 В
Линейное напряжение	200/110 В

<sup>1)</sup> Предусилитель оснащен SMA коннектором для крепления к ТГц детектору EKSPILA.

## ТГц спектроскопический набор

Данный спектроскопический набор включает в себя все компоненты, необходимые для построения THz-TDS системы. Стандартный набор состоит из излучателя и детектора с фотопроводящей антенной, оптики, направляющей лазерное излучение, моторизированной линии задержки с контроллером, источника питания для приложения напряжения TMS-100, оптики, направляющей ТГц излучение, держателя образца и усилителя. Все компоненты расположены на

основании с размерами 60 × 80 см. Доступны 4 стандартных конфигурации, оптимизированные под измерение отражения, пропускания, получения изображения и накачки. Каждая из них может быть с легкостью заменена и модифицирована. Любые другие конфигурации могут быть заказаны отдельно или в качестве будущего улучшения системы. ТГц спектроскопический набор управляется от программного обеспечения на основе LabView драйверов.



Оптическая схема ТГц спектроскопического набора в конфигурации на пропускание

### СТАНДАРТНЫЙ КОМПЛЕКС ТГц СПЕКТРОСКОПИИ ВКЛЮЧАЕТ В СЕБЯ:

- ▶ ТГц излучатель и детектор
- ▶ Оптика сопряжения излучения лазера накачки
- ▶ Моторизованная медленная линия задержки с контроллером
- ▶ Зеркала, направляющие ТГц луч
- ▶ Держатель образца
- ▶ Синхронный усилитель
- ▶ Программное обеспечение LabView для сбора данных

### ОПЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ:

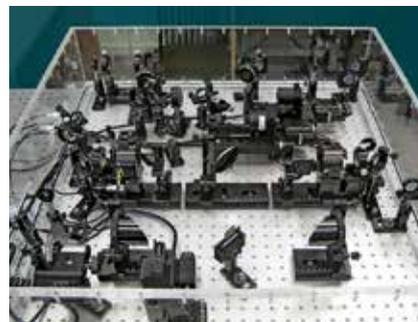
- ▶ Интеграция фемтосекундным лазером
- ▶ Система вакуумирования, позволяющая удалить линии поглощения воды/водяных паров
- ▶ Моторизованный предметный столик для перемещения образца

### ПРИМЕРЫ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ УНИКАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ТГц СПЕКТРОСКОПИИ



ЛИДАР, работающий в ТГц диапазоне, был использован для контроля объектов, удаленных на 7 м.

ТГц ЛИДАР в МГУ им. Ломоносова, Москва, Россия



Технология терагерцового зондирования позволяет исследовать динамические свойства носителей в полупроводниках, нанокристаллах и других материалах.

Система ТГц накачки в институте физики, Китайская академия наук, Пекин, Китай



Savanoriu Av. 237  
LT-02300 Вильнюс  
ЛИТВА

Тел.: +370 5 264 96 29  
Факс: +370 5 264 18 09  
[sales@ekspla.com](mailto:sales@ekspla.com)  
[www.ekspla.com](http://www.ekspla.com)



лабораторное оборудование

Дистрибьютор в России ООО «Промэнерголаб»  
107392, г. Москва, ул. Просторная, 7  
РОССИЯ

Тел.: +7 (495) 22-11-208  
8 (800) 23-41-208  
[info@czl.ru](mailto:info@czl.ru)  
[www.czl.ru](http://www.czl.ru)