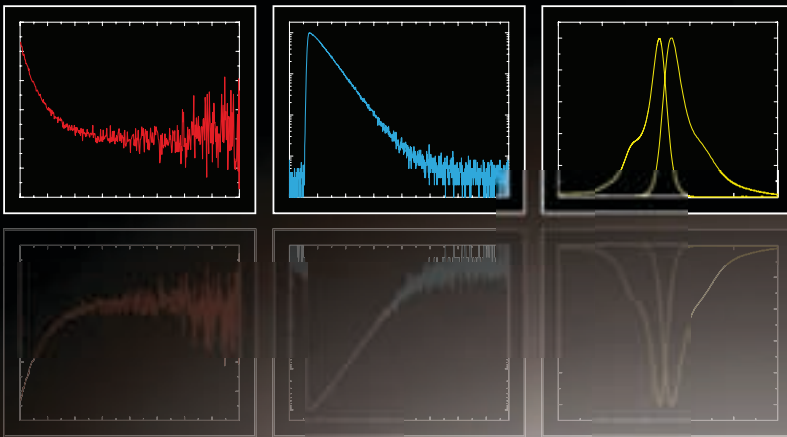




PICOQUANT

# FluoTime 300 "EasyTau"

Универсальный флуоресцентный  
спектрометр



# Предисловие



Уважаемый исследователь,

Компания «PicoQuant» обладает серьезным опытом в области времяразрешенной спектроскопии и микроскопии. Наши пикосекундные диодные лазеры и электроника для подсчета фотонов присутствуют в более, чем тысяче работающих систем по всему миру. Благодаря их удобству и простоте, ученым удастся ежедневно производить измерения, которые раньше считались сложными или невозможными. Тем не менее, мы уверены, что измерения флуоресценции с временным разрешением можно сделать еще проще, и разработали полностью автоматизированный спектрометр FluoTime 300 для измерения времен жизни и экспериментов steady-state. Система непрерывно модернизируется, чтобы соответствовать требованиям современных исследований и еще больше упростить работу со спектрами флуоресценции.

Пожалуйста, обратитесь к нам, если вас заинтересовал этот прибор. Мы всегда готовы детально обсудить индивидуальные требования, т.к. Ваши потребности стимулируют наше развитие.

Телефон: +49-(0)30-6392-6929

[info@picoquant.com](mailto:info@picoquant.com)

<http://www.picoquant.com>

**Программное обеспечение EasyTau**

Страницы 8 – 11

**Спектроскопия в режиме steady-state**

Страницы 12 – 13

**Обзор системы**

Страницы 4 – 5

**Времяразрешенная спектроскопия**

Страницы 14 – 15

**Схема прибора**

Страницы 6 – 7

**Примеры измерения и области применения**

Страницы 16 – 19

**Компоненты системы**

Страницы 20 – 28

**Характеристики**

Страница 29

**Оборудование PicoQuant для ученых**

Страница 30

# Обзор системы

## Универсальный флуоресцентный спектрометр

FluoTime 300 - это современный спектрометр исследовательского уровня для измерения времени жизни флуоресценции с опцией steady-state. Его интуитивно понятное программное обеспечение EasyTau с пресетами под конкретные типы экспериментов (Wizard) позволяет сосредоточиться на образце, не тратя время на поиск оптимальных настроек под каждый эксперимент.

Флуоресцентная спектроскопия является одним из фундаментальных спектроскопических методов исследования. Она используется как для повседневного контроля качества, так и для сложных измерений в исследовательских лабораториях. Идеальный прибор должен сочетать в себе потребности обеих областей и сделать метод доступным как высококвалифицированным специалистам, так и случайным пользователям. Эта идея стала ключевой при разработке FluoTime 300. Разработанный учеными для ученых, он опре-

деленно задает новые стандарты во флуоресцентной микроскопии.

- **Широкий диапазон времен жизни**

Времена жизни флуоресценции < 10 пс и до нескольких секунд

- **Широкий спектральный диапазон**

Детектирование флуоресценции от УФ до ИК с субнанометровым разрешением

- **Большая камера для образцов со специальным держателем образцов**

Позволяет использовать различные легко сменяемые держатели образцов

- **Простое программное обеспечение**

Интуитивно понятный пользовательский интерфейс с пресетами под конкретные типы экспериментов (Wizard)

- **Полностью автоматизированная система**

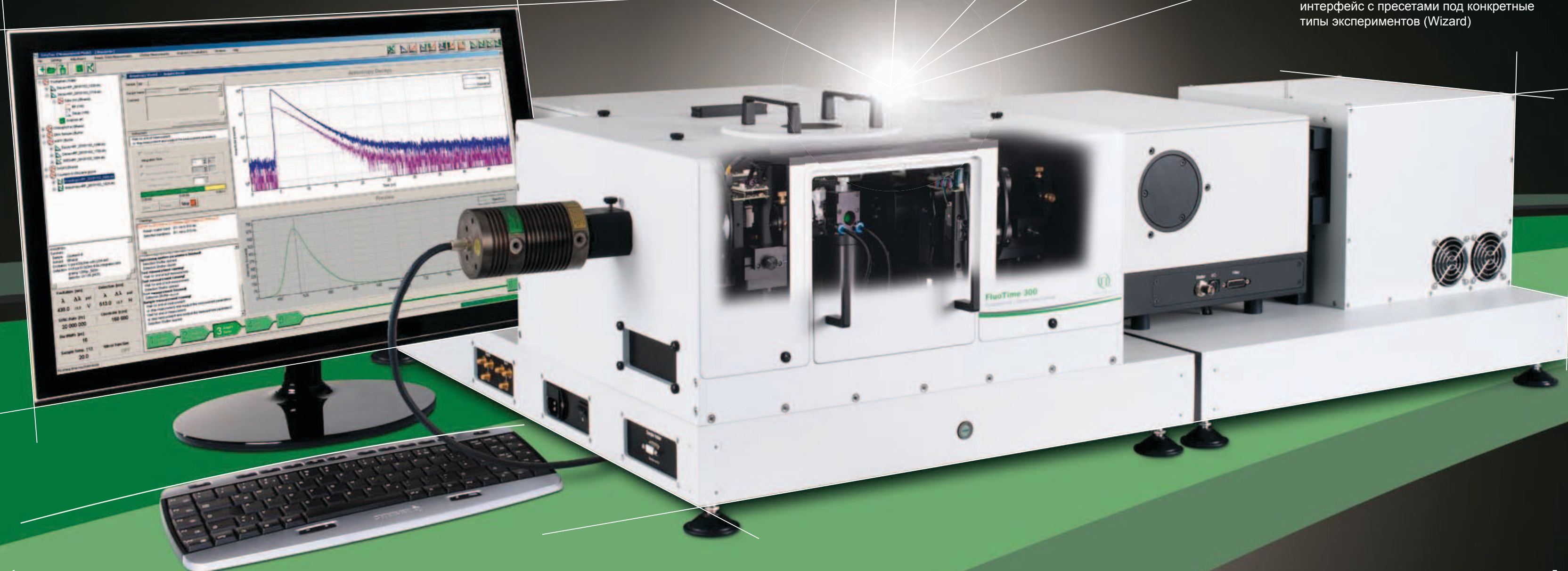
Все компоненты управляются программным обеспечением

- **Интегрированные источники возбуждения**

Пикосекундные импульсные диодные лазеры, LED, ксеноновые лампы или другие источники возбуждения

- **Сверхвысокая чувствительность**

Подсчет единичных фотонов для максимальной чувствительности с соотношением сигнал/шум более 26 000:1



# Схема прибора

## Полностью автоматизированная система с высококачественными комплектующими

Система FluoTime 300 рассчитана на максимальную светопропускную способность и высочайшую чувствительность. Это достигается за счет использования методов единичного подсчета фотонов, особенностей конструкции прибора и точного подбора всех оптических компонентов. Сердцем системы FluoTime 300 является большая многофункциональная камера для образцов с полностью автоматизированными оптическими элементами для регулировки интенсивности и поляризации возбуждающего пучка и флуоресцентного сигнала.

### Полностью автоматизированные оптические компоненты

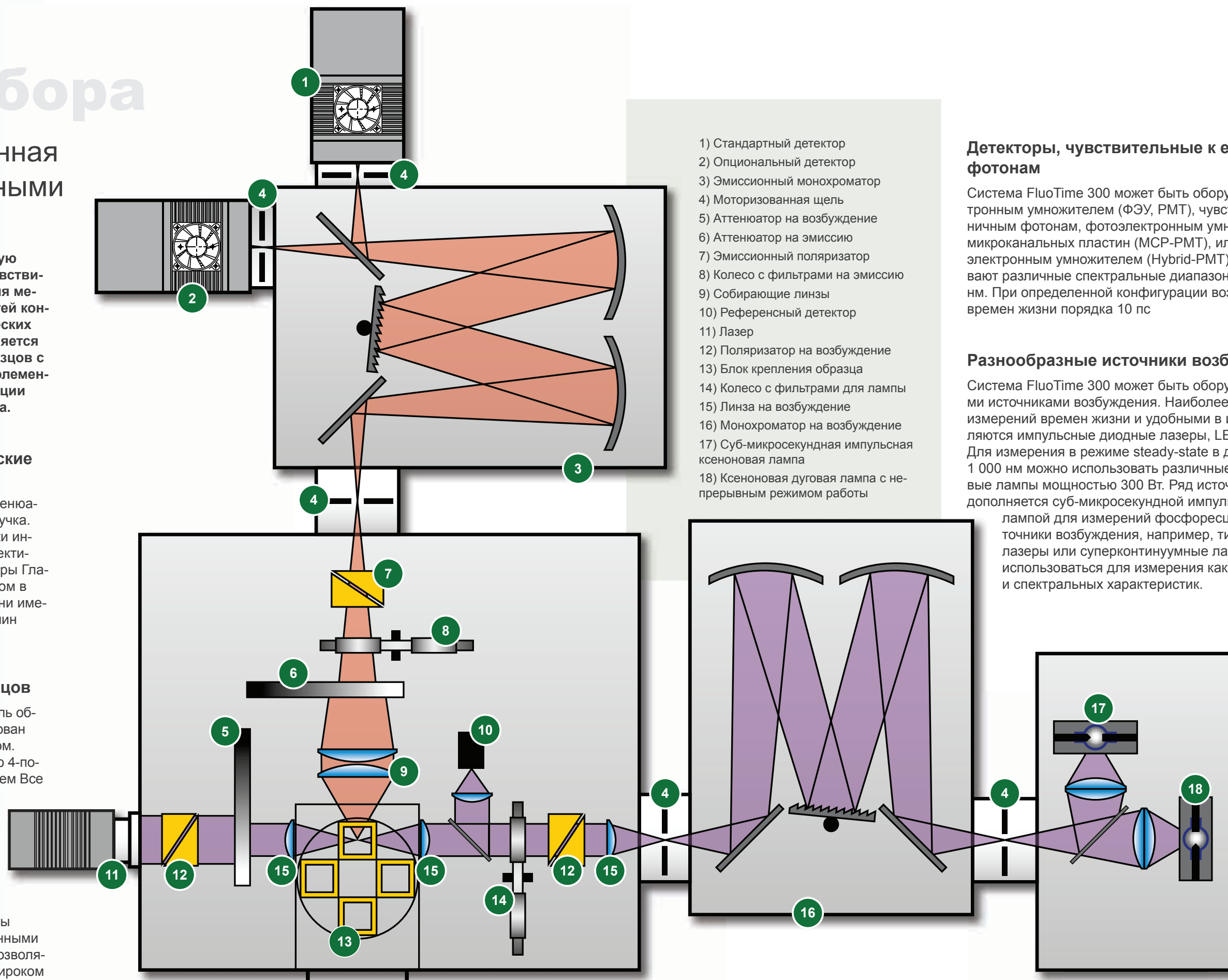
Полностью автоматизированные поляризаторы и аттенюаторы установлены на всех участках хода светового пучка. Аттенюаторы обеспечивают возможность регулировки интенсивности сигнала в широком диапазоне для корректировки настроек под конкретный образец. Поляризаторы Глана – Томпсона могут свободно поворачиваться с шагом в  $0,1^\circ$  для экспериментов по изучению анизотропии. Они имеют апертуру 15 мм и пропускают свет в диапазоне длин волн от 200 до 2 000 нм.

### Многофункциональные держатели образцов

Держатель для одной кюветы – стандартный держатель образцов системы FluoTime 300. Он может быть оборудован чиллером для жидкостного охлаждения или криостатом. Возможно измерение нескольких образцов с помощью 4-позиционной туррели с полным температурным контролем. Все держатели могут быть оборудованы магнитными мешалками с регулируемой скоростью. Возможна работа с твердыми образцами с использованием соответствующего фронтального держателя.

### Высокоапертурные монохроматоры

В системе FluoTime 300 используются монохроматоры Черни – Тернера с одной или двумя высококачественными дифракционными решетками. Эти монохроматоры позволяют достичь спектрального разрешения до  $0,1$  нм в широком диапазоне длин волн от 200 до 1 700 нм. Моторизованные щели обеспечивают легкую регулировку спектральной полосы пропускания монохроматора.



- 1) Стандартный детектор
- 2) Опциональный детектор
- 3) Эмиссионный монохроматор
- 4) Моторизованная щель
- 5) Аттенюатор на возбуждение
- 6) Аттенюатор на эмиссию
- 7) Эмиссионный поляризатор
- 8) Колесо с фильтрами на эмиссию
- 9) Собирающие линзы
- 10) Референсный детектор
- 11) Лазер
- 12) Поляризатор на возбуждение
- 13) Блок крепления образца
- 14) Колесо с фильтрами для лампы
- 15) Линза на возбуждение
- 16) Монохроматор на возбуждение
- 17) Суб-микросекундная импульсная ксеноновая лампа
- 18) Ксеноновая дуговая лампа с непрерывным режимом работы

### Детекторы, чувствительные к единичным фотонам

Система FluoTime 300 может быть оборудована фотоэлектронным умножителем (ФЭУ, PMT), чувствительным к единичным фотонам, фотоэлектронным умножителем на базе микроканальных пластин (MCP-PMT), или гибридным фотоэлектронным умножителем (Hybrid-PMT). Детекторы покрывают различные спектральные диапазоны от 200 до 1700 нм. При определенной конфигурации возможно измерение времен жизни порядка 10 пс

### Разнообразные источники возбуждения

Система FluoTime 300 может быть оборудована различными источниками возбуждения. Наиболее подходящими для измерений времен жизни и удобными в использовании являются импульсные диодные лазеры, LEDы и лазер Solea. Для измерения в режиме steady-state в диапазоне от 200 до 1 000 нм можно использовать различные ксеноновые дуговые лампы мощностью 300 Вт. Ряд источников возбуждения дополняется суб-микросекундной импульсной ксеноновой лампой для измерений фосфоресценции. Прочие источники возбуждения, например, титан – сапфировые лазеры или суперконтинуумные лазеры, могут также использоваться для измерения как времен жизни, так и спектральных характеристик.

# Программное обеспечение EasyTau

## Съемка спектров флуоресценции: проще не бывает

Съемка спектров анизотропии флуоресценции, и особенно времяразрешенные измерения зачастую считаются задачами для экспертов. Программное обеспечение EasyTau призвано развеять этот миф. Программа оснащена системой подсказок (application wizard), которая «ведет» неопытного пользователя шаг за шагом, что позволяет получить на выходе отличные данные. Альтернативный режим индивидуальных настроек (customized measurement) с полным контролем за всеми параметрами системы и возможностью написания скриптов делают программу привлекательной для экспертов.

### Моментальная оценка статуса системы

Статус системы FluTime 300 постоянно контролируется и отображается. Пользователь всегда информируется обо всех важных параметрах, таких как длина волны возбуждения и детекции, положение поляризатора, интенсивность сигнала, временное разрешение, скорость накопления и температура образца.

Sample Temp. [°C]	25.6	Stirrer Function	OFF
Excitation Source	⚠ PDL 820	Detector	● UV-blue [HPD]
Excitation [nm]	λ 465.8 Δλ 4.0 pol V	Detection [nm]	λ 530.0 Δλ 10.0 pol M
Bin Width [ps]	1.0	Pile up rate [%]	
SYNC-Rate [Hz]	40 000 960	Counter	

### Интеллектуальное хранение данных

Программа EasyTau обладает четкой структурой хранения данных. Все полученные данные и результаты их анализа хранятся в хорошо организованной рабочей области. Полученные данные сортируются по образцам, что обеспечивает быстрый доступ ко всем параметрам образца.

### Полное сохранение параметров

Совокупность параметров системы и настроек съемки для каждого измерения регистрируется и сохраняется вместе с каждым файлом данных, и может быть воспроизведена в любой момент. Как многопользовательская система, программа даже позволяет сохранять имя текущего пользователя вместе с данными измерения.

### Эффективные помощники для работы с приложениями

Помощники для работы с приложениями EasyTau application wizards позволяют даже неопытным пользователям получать превосходные результаты. В их основе лежит эффективный, и вместе с тем простой в использовании язык написания скриптов, а так же более, чем 20-летний профессиональный опыт, накопленный компанией PicoQuant в области флуоресценции. Каждый помощник оптимизирует настройки спектрометра в соответствии с особенностями образца. Установленный помощник может быть отредактирован пользователем и сохранен отдельно.

## ПРЕДУСТАНОВЛЕННЫЕ ПОМОЩНИКИ

- Спектры возбуждения и эмиссии
- анизотропия возбуждения и эмиссии
- Кинетика интенсивности и времени жизни
- Кривые затухания флуоресценции
- Времяразрешенная анизотропия
- Времяразрешенные спектры эмиссии
- Картирование возбуждения и эмиссии
- Квантовый выход
- Температурный рампинг

Шаг 1: Пользователю предлагается ввести данные об образце и определить соответствующие параметры измерения, например, тип растворителя, возбуждение и длину волны детектирования.

Шаг 2: Помощник автоматически оптимизирует настройки путем изменения интенсивности сигнала, временного разрешения, частоты повторов импульсов лазера и т.д.

Шаг 3: После успешной оптимизации измеряются кривые затухания флуоресценции при параллельном и перпендикулярном положении поляризатора (а также под магическим углом, если он выбран пользователем).

Шаг 4: Второй этап оптимизации проводится чтобы настроить систему для регистрации IRF. После измерения кривые и IRF хранятся в иерархической рабочей области для последующего анализа.

Измерение времяразрешенной анизотропии



# Программное обеспечение EasyTau

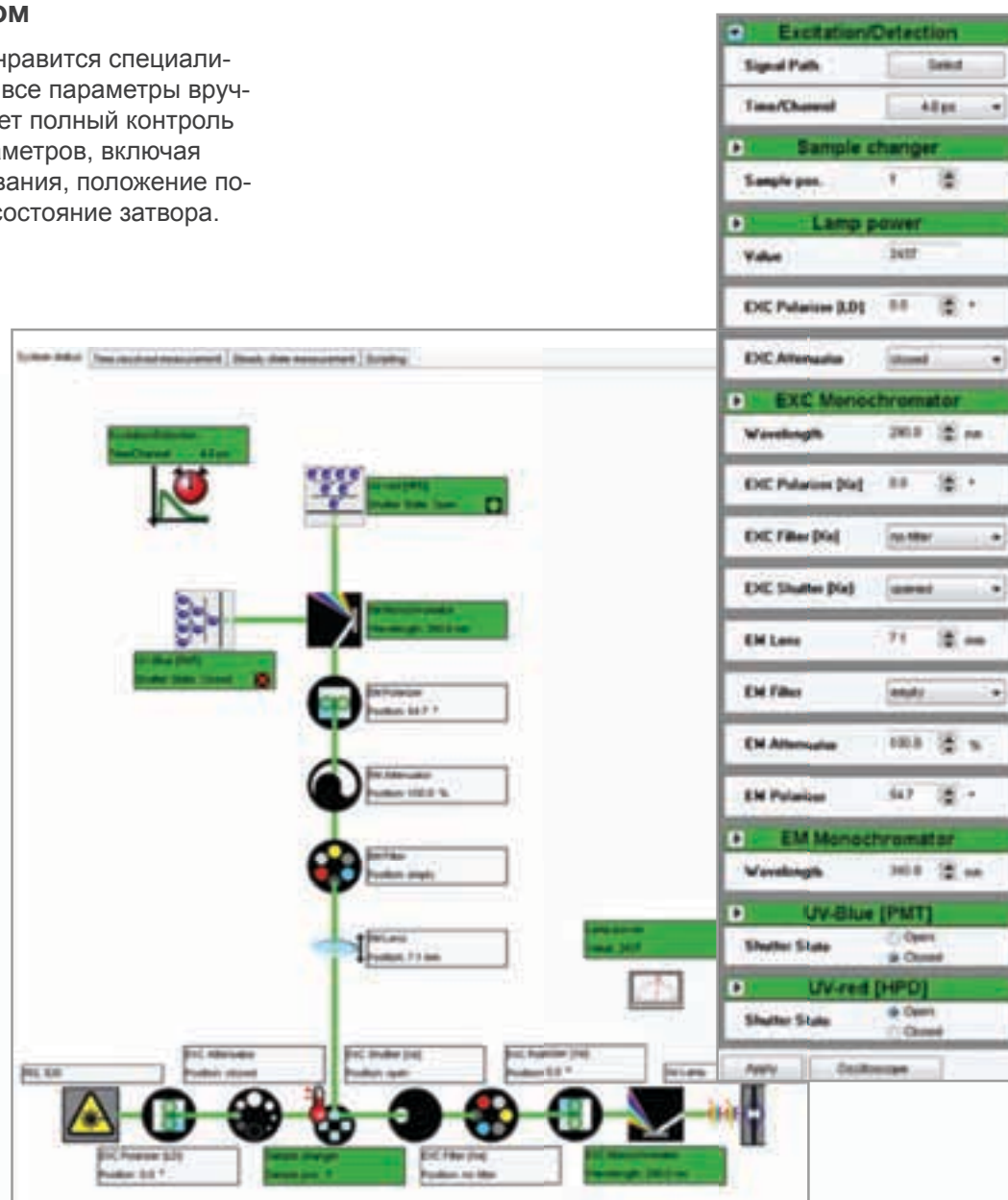
## Полный контроль над прибором

Программное обеспечение EasyTau понравится специалистам, которые предпочитают задавать все параметры вручную. Режим ручной съемки обеспечивает полный контроль с возможностью настройки любых параметров, включая длину волны возбуждения и детектирования, положение поляризатора, настройки аттенюатора и состояние затвора.

Режим ручной съемки поддерживает работу как с временным разрешением, так и измерений steady-state. В режиме steady-state интенсивность можно регистрировать в зависимости от различных параметров, включая угол поляризатора, время и положение собирающей линзы. Поляризаторы могут быть перемещены на пути или за пределы траектории луча в процессе работы, без перезапуска программы EasyTau, т.к. программа контролирует их положение.

## Измерения с использованием скриптов

Помимо полного контроля над прибором, режим ручной съемки также обладает уникальным функционалом: язык написания скриптов, позволяющий создавать пользовательские протоколы измерений. Язык написания скриптов может получить доступ к каждому отдельному компоненту системы FluoTime 300. Он поддерживает измерения как с временным разрешением, так и в режиме steady-state. Создать скрипт может даже пользователь, который никогда не сталкивался с языками программирования. Для это нужно лишь кликнуть на параметр и задать требуемое значение. А с помощью управляющих структур, лупов и математических функций опытный пользователь сможет разработать и более сложные протоколы измерений. Протоколы, содержащие заданные заранее процедуры, значительно выиграют от использования скриптов.



```

System status | Time-resolved measurement | Steady-state measurement | Scripting
Open Script ... | Save Script ... | Run Script
def
i: Int;
j: Int;

exec
Sample="RhB 2deg steps";
Solvent="water";
DETECTION_ATTENUATOR.ACTPos=20;
EXCITATION_ATTENUATOR.ACTPos=1;
ACTPos=10E-3;
for i=5 to 51 step 2

```

**«FluoTime 300 сделал  
временноразрешенные измерения  
доступными для любой  
лаборатории»**

*Joseph R. Lakowicz, Center for Fluorescence Spectroscopy, University of Maryland, USA*

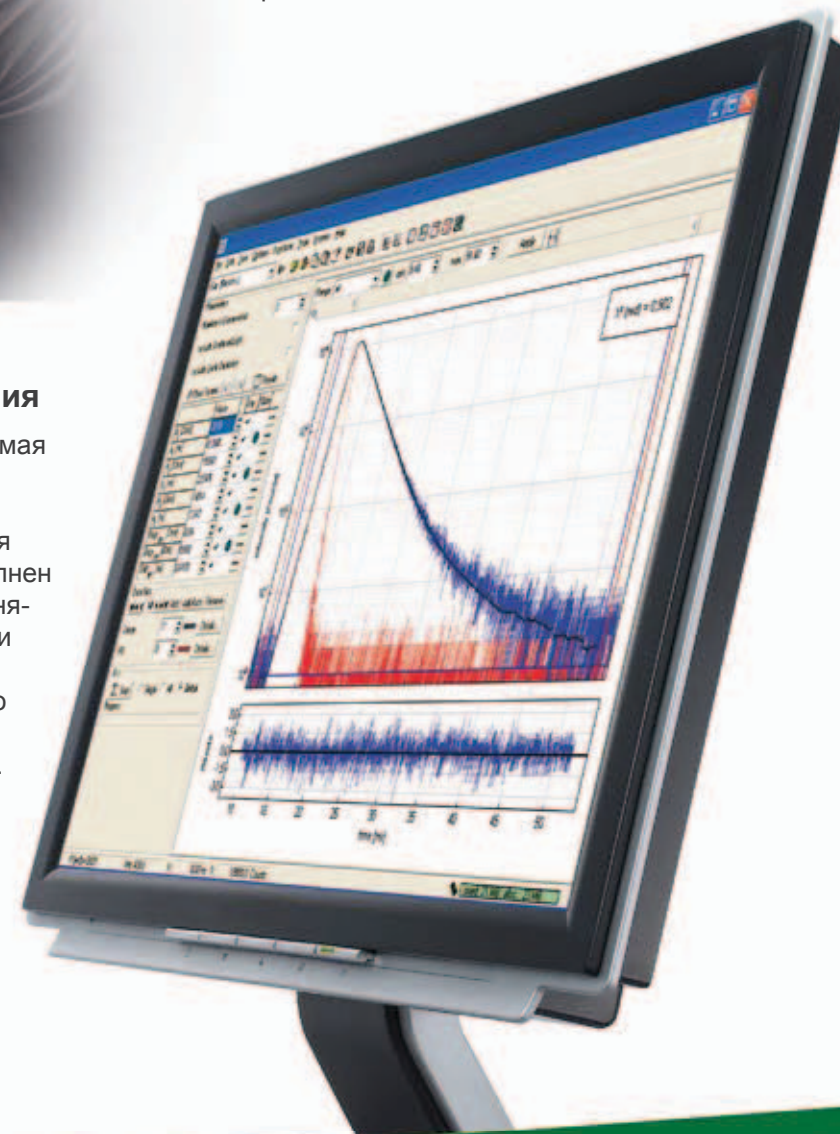


## Анализ мульти-экспоненциального затухания

Для анализа временно разрешенных данных создается прямая ссылка на программу FluoFit. FluoFit – это проверенная временем и мощная программа для обработки данных измерений кинетики флуоресценции и анизотропии. Для учета функции отклика прибора (IRF) может быть выполнен фиттинг, а так же реконволюция. Автоматически выполняется привязка полученных кривых к затуханию и IRF или к различным положениям поляризатора для измерений анизотропии. Можно произвести фиттинг экспоненты до 4-го порядка, или в качестве альтернативы, использовать различные модели распределения времени жизни. Первоначальные значения для параметров фиттинга определяются автоматически. Преобразованный хи-квадрат, взвешенные невязки и автокорреляционные проекции могут быть использованы для оценки точности аппроксимации. Расширенный анализ ошибок с использованием методов опорной поверхности или бутстрэп назначает реалистичные доверительные интервалы для подобранных параметров.

## Обработка сложных данных

Программа EasyTau позволяет выполнять непосредственную обработку и анализ экспериментальных данных при помощи мощного математического аппарата. К результатам экспериментальных данных или к предыдущим расчетам могут быть применены как простые действия, например, вычитание или умножение, так и сложные, например, сглаживание, получение производных, вычисление интеграла или тригонометрические функции. Данные могут быть нормализованы и отображены в виде линейных или логарифмических графиков. Масштаб отображения графиков можно легко изменять, а все результаты измерений и анализа можно экспортировать в качестве готовых изображений или как сырые данные ASCII для дальнейшего анализа. Файлы с данными не изменяются ни на одном из этапов анализа, обеспечивая подлинность данных для последующей обработки.



# Спектроскопия в режиме «steady-state»

Измерения в режиме steady-state являются классическими задачами для флуоресцентного спектрометра. Это измерения, при которых флуоресценция детектируется без разрешения по времени, а интегрируется. Типичными примерами являются спектры возбуждения и эмиссии, а также анизотропия.

## Самый чувствительный в мире спектрометр с одним монохроматором

FluoTime 300 основан на принципе подсчета единичных фотонов (single photon counting), который является наиболее подходящим методом для измерения слабой флуоресценции с самым высоким динамическим диапазоном. Соответственно, соотношение сигнал / шум в single photon counting выше, чем для любого другого метода детектирования. Это позволяет производить измерения спектров флуоресценции сильно разбавленных растворов вплоть до пикомолярных концентраций. Чувствительность может быть продемонстрирована на Рамановской линии воды, которая традиционно используется для сравнения характеристик различных спектрометров. FluoTime 300 со стандартным ФЭУ, чувствительным в синей области, стандартно достигает соотношения сигнал / шум > 26 000:1.

## Корректировка спектра одним щелчком мыши

Спектральные характеристики источника возбуждения, монохроматора и детектора оказывают влияние на спектры возбуждения и эмиссии. Это следует учитывать при выполнении количественных измерений. Спектры возбуждения FluoTime 300 легко корректируются при помощи автоматически регистрируемого сигнала со встроенного референсного детектора, который мониторирует вклад от возбуждающего света.

Для корректировки спектров эмиссии с каждым спектрометром поставляются специальные калибровочные файлы. Стандартные процедуры корректировки входят в состав программы EasyTau и могут быть применены путем простого нажатия клавиши мыши.

## Некоторые области применения

флуоресцентная спектроскопия steady state находит применение во многих областях исследований:

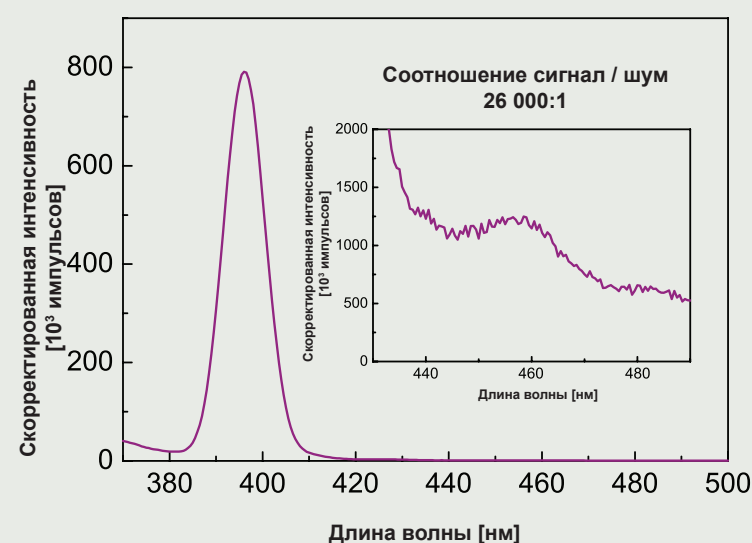
- аналитическая химия – идентификация веществ по их спектрам возбуждения или эмиссии и определение их концентраций
- фотохимия – характеристика фотохромов или определение кинетики реакции

- промышленный контроль качества – контроль качества полимеров, выполнение анализа протеинов или ДНК, КПД фотоэлементов
- экология – контроль наличия следов органических или неорганических веществ в растворах или твердых образцах
- наука о продуктах питания – изучение выращивания и старения фруктов и растений.

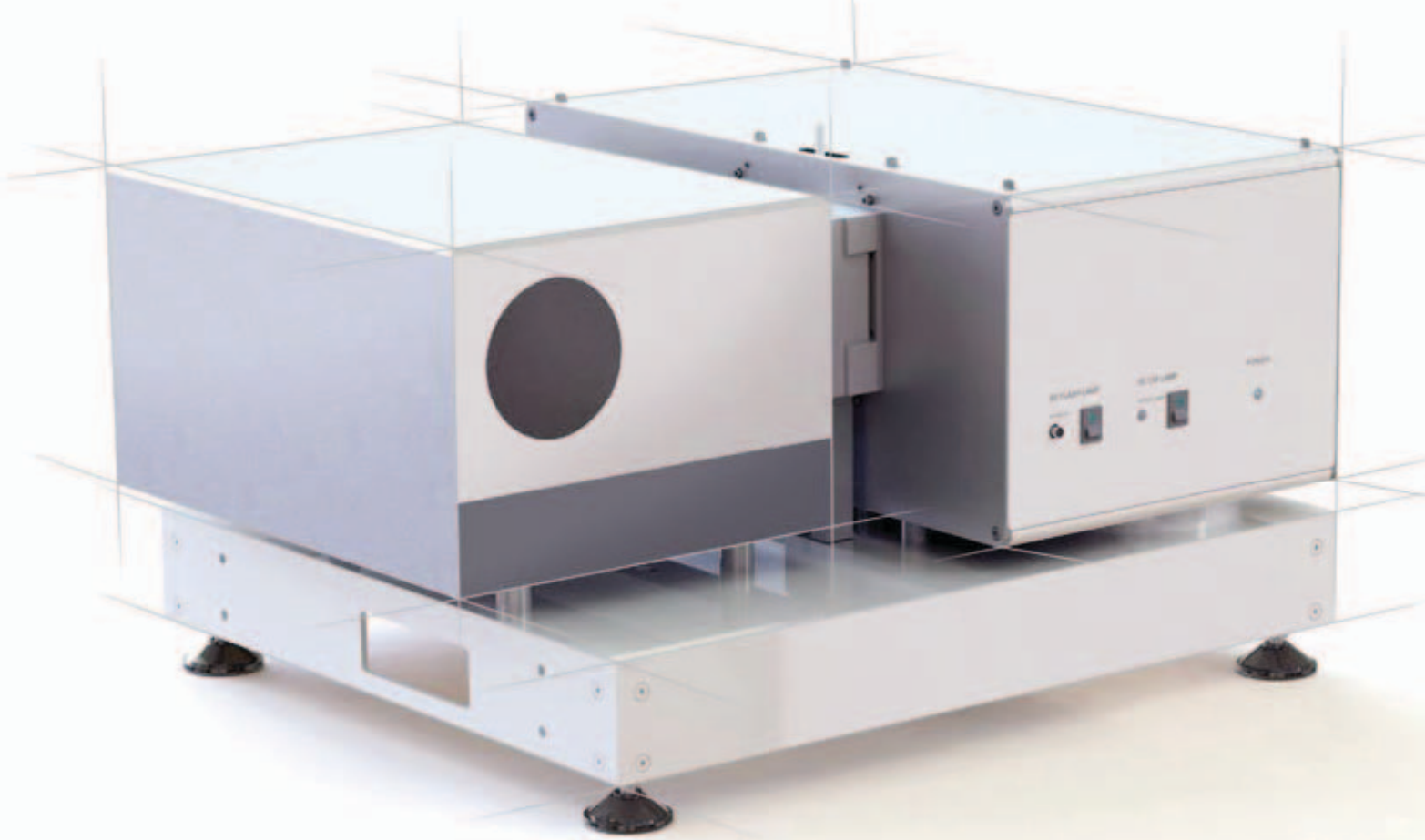
**Оптимальная чувствительность > 26 000:1**

*В модульном корпусе источника возбуждения белого света могут размещаться до двух ксеноновых дуговых ламп (работающих в непрерывном или субмиллисекундном импульсном режиме). Корпус также оснащен монохроматором возбуждения, позволяющим сканировать в любом диапазоне длин волн возбуждения.*

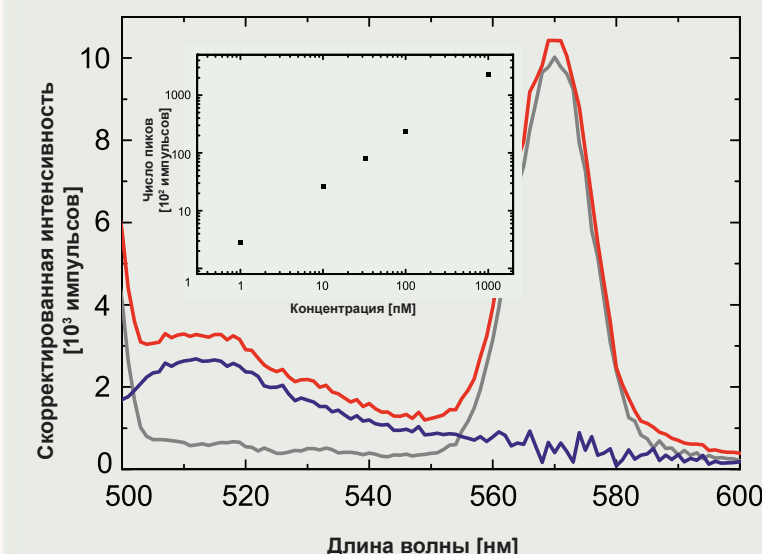
## Примеры



**Рамановский спектр воды:** В этом эксперименте был записан эмиссионный спектр воды уровня ВЭЖХ в кварцевой кювете с оптическим путем 1 см в диапазоне от 370 до 500 нм с шириной полосы детектирования 5 нм, шагом 1 нм и временем интегрирования 1 с на длину волны. Источником возбуждения была коаксиальная ксеноновая дуговая лампа 300 Вт с монохроматором возбуждения, настроенным на 350 нм с шириной полосы пропускания 5 нм. Сигнал был детектирован при помощи стандартного фотоумножителя, чувствительного в синей области. Полученное соотношение сигнал / шум, вычисленное по измеренному числу пиков при 397 нм (800 000 cps) и фоновому сигналу при 450 нм (1 000 cps) составляет > 26 000:1.



## Примеры



**Чувствительность:** Для поддержания высокой чувствительности в спектральном диапазоне от 500 до 600 нм требуются специальные детекторы и сбалансированная работа прочих компонентов спектрометра.

Результат иллюстрирует эталонный тест с распространенным флуоресцентным красителем, флуоресцеином, растворенном в карбонатном буфере (pH = 10) с концентрацией 10 пМ. Образец был возбужден на 478 нм при помощи коаксиальной ксеноновой дуговой лампы 300 Вт с 4 нм щелями возбуждения и эмиссии.

Детекция флуоресценции производилась на магическом угле с временем накопления 1 с/шаг длины волны при помощи стандартного ФЭУ, чувствительного в синей области. Интенсивность пика (inset) показывает отличную линейную зависимость от концентрации образца вплоть до 1 пМ. При такой концентрации интенсивность эмиссии равна Рамановской интенсивности рассеивания воды.

Восстановление верного эмиссионного спектра (голубая кривая) флуоресцеина возможно путем вычитания соответствующего фонового спектра (серая кривая) из измеренной интенсивности (красная кривая).

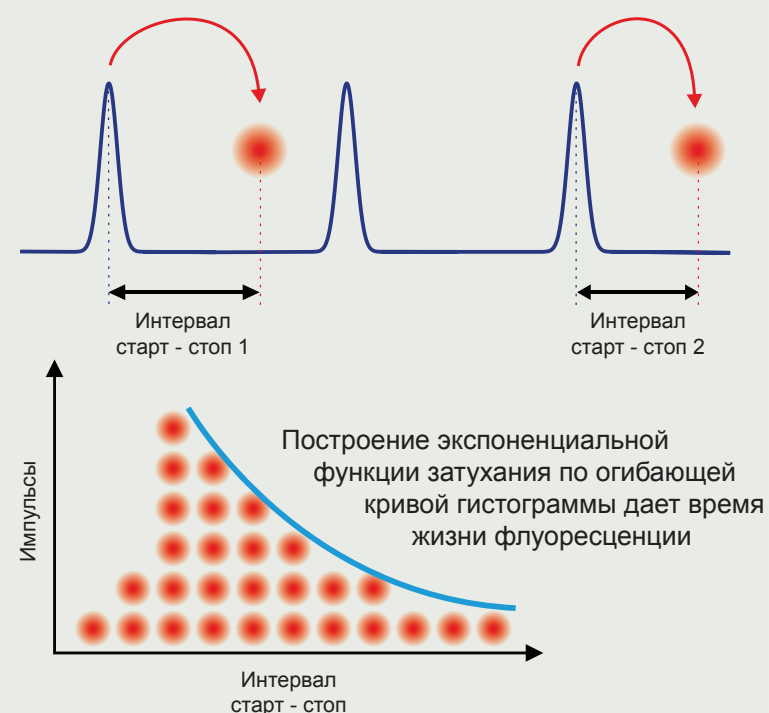
# Времяразрешенная спектроскопия

При измерениях с временным разрешением фотоны регистрируются с учетом импульсов возбуждения. Это позволяет производить исследования явлений, происходящих во временном интервале от пикосекунд до миллисекунд. Типичными примерами являются измерения времени жизни флуоресценции и фосфоресценции, а также анизотропии с временным разрешением.

## Получение результатов измерения в считанные секунды

Процесс получения времяразрешенных данных с FluoTime 300 основан на принципе коррелированного во времени подсчета одиночных фотонов (TCSPC), который является наиболее чувствительным и точным методом для измерения времени жизни флуоресценции. Необработанные данные измерений непосредственно отражают изменение интенсивности флуоресценции во времени и поэтому являются очень наглядными. Нанося данные на логарифмическую шкалу, очень легко проверить, показывает ли затухание только одно время жизни или несколько времен жизни – можно также сразу увидеть поляризационные эффекты. При помощи TCSPC кривые затухания флуоресценции могут быть получены за секунды или даже доли секунд.

## Принцип TCSPC



Коррелированный во времени подсчет одиночных фотонов (TCSPC) основан на точном измерении временного интервала между моментом возбуждения и поступлением первого флуоресцентного фотона на детектор. Измерение временного интервала повторяется многократно для учета статистического характера флуоресцентной эмиссии, все измеренные временные интервалы упорядочиваются в форме гистограммы. После этого возможен анализ этой гистограммы для определения времени жизни флуоресценции и амплитуды сигнала.

## Динамика от пикосекунд до секунд

При помощи фотоэлектронного умножителя на базе микроканальных пластин (MCP-PMT) или гибридного детектора Hybrid-PMT с источниками возбуждения, имеющими короткую ширину импульса и высокую частоту повторов могут быть измерены времена жизни величиной до нескольких пикосекунд. Коррелированный во времени подсчет одиночных фотонов (TCSPC) также может использоваться для измерения времен жизни величиной до нескольких сотен наносекунд путем изменения частоты повторов источников возбуждения. Если FluoTime 300 оборудован специальным модулем многоканального масштабирования, то можно измерять фосфоресценцию со сроками жизни до нескольких миллисекунд.

## Времена жизни короче, чем отклик прибора

Кривые затухания флуоресценции обычно имеют экспоненциальную зависимость от времени. Следовательно, определение времени жизни флуоресценции возможно путем подбора соответствующей экспоненциальной функции затухания для экспериментальных данных с учетом характеристик прибора. Эти характеристики, включающие, например, ширину конечного импульса источника возбуждения, как правило, учитываются функцией отклика прибора (IRF), точное измерение которой возможно при помощи FluoTime 300. Уточненный анализ данных корректирует конечную ширину IRF и, таким образом, позволяет измерять времена жизни флуоресценции короче, чем сама IRF.

**«FluoTime 300 – это универсальный, современный и исключительно удобный в использовании флуоресцентный спектрометр»**

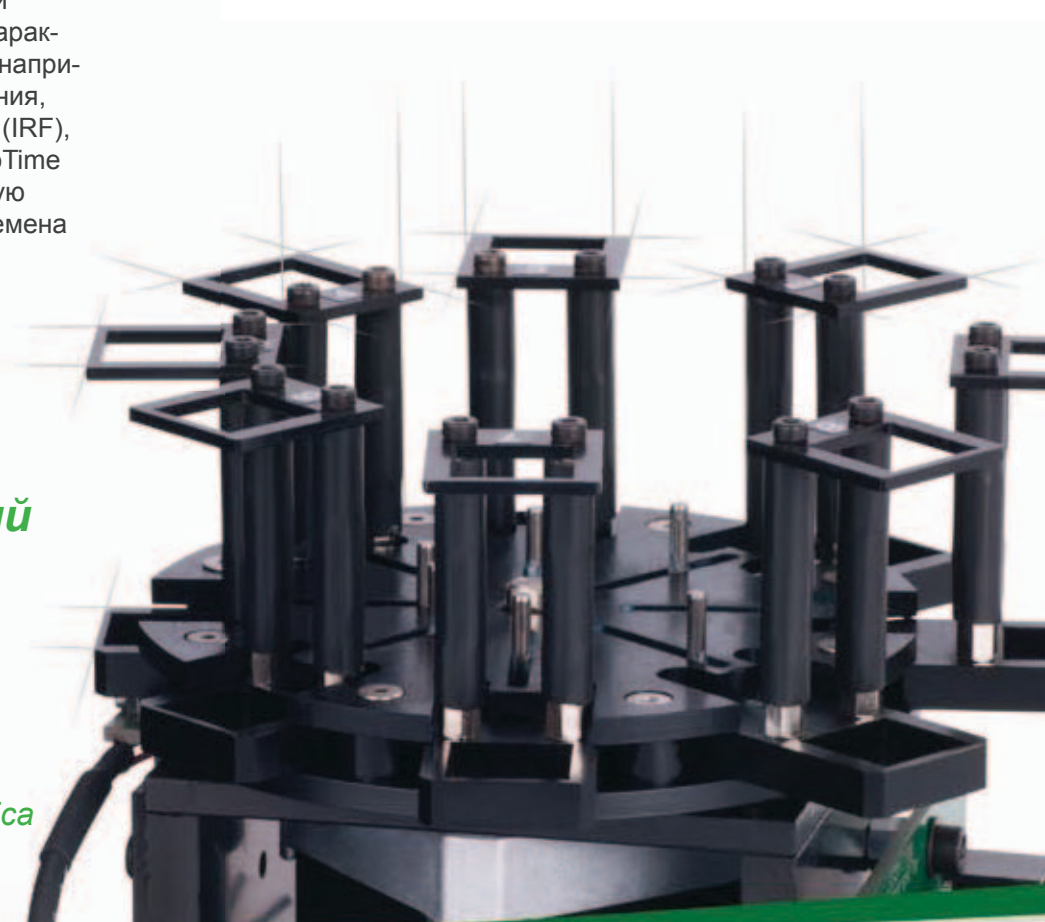
*Tebello Nyokong, Rhodes University, South Africa*

## Инструмент для молекулярных исследований

Время жизни флуоресценции характерно каждого флуорофора и может быть использовано для характеристики образца. При этом на него так же влияет химический состав окружения. Дополнительные процессы, например, резонансный перенос энергии по Фёрстеру (FRET), тушение, перенос заряда, динамика сольватации или молекулярное вращение так же влияют на кинетику затухания. Следовательно, изменения времени жизни могут быть использованы для получения информации о локальном окружении, изучения механизмов реакции или в качестве инструмента контроля качества в промышленности.

**«Никогда еще не удавалось с такой легкостью получать спектры флуоресценции»**

*Zygmunt Gryczynski, Texas Christian University, USA*

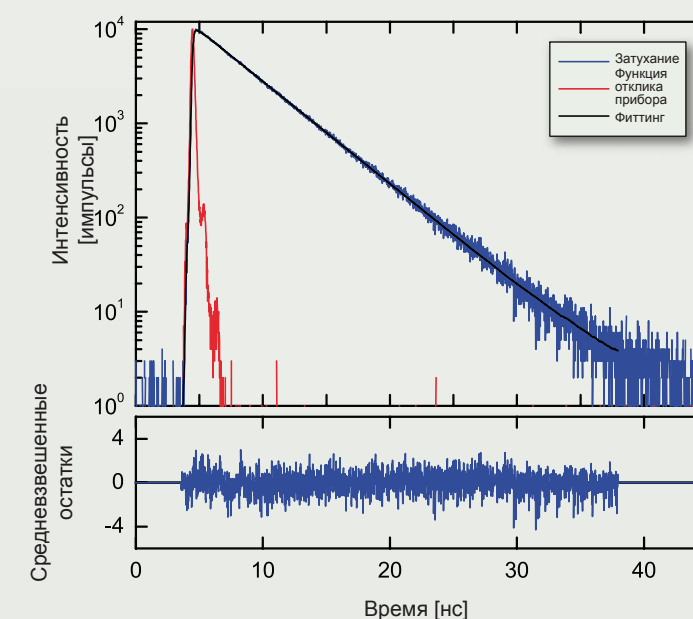


## Некоторые области применения

Времяразрешенная флуоресцентная спектроскопия может применяться во многих областях исследований:

- аналитическая химия – определение или разделение веществ по времени жизни их флуоресценции, наблюдение за изменениями в окружении
- биохимия – изучение сворачивания белка или сигнальных путей
- фотобиология – обнаружение синглетного кислорода для фотодинамической терапии
- биофизика – изучение жесткости мембраны или взаимодействий энзим/субстрат
- промышленный контроль качества – контроль качества пластин, полупроводников или фотоэлементов

## Примеры



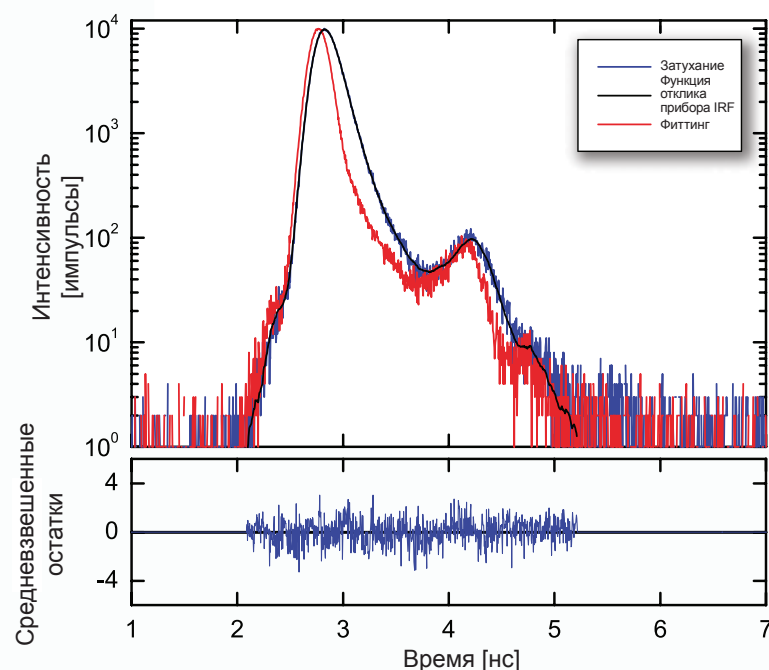
Анализ времени жизни флуоресценции 1 мкм раствора флуоресцина в фосфатном буфере pH 10. Кривая показывает полученную гистограмму TCSPC (голубая) с дополнительно измеренной функцией отклика прибора, IRF (красная). При анализе конечная ширина IRF учтена в процессе обратной численной реконволюции. Линия среднезвешенного остатка (нижняя секция) показывает отличное совпадение эмпирической и экспериментальной гистограмм. Полученное время жизни составляет  $3,99 \pm 0,01$  нс. Измерение было выполнено менее, чем за 10 секунд.



# Примеры измерений

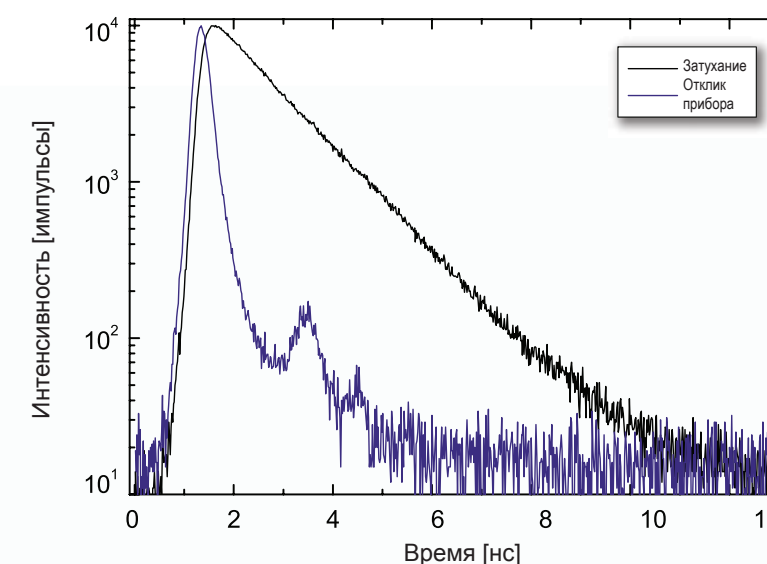
## Определение времени жизни с продолжительностью меньше отклика прибора.

Отличная стабильность лазеров PicoQuant, хорошее временное разрешение компактных детекторов ФЭУ и низкий уровень искажений электронной синхронизирующей аппаратуры делают возможным определение времени затухания порядка десятков пикосекунд даже без детектора МКП ФЭУ. На рисунке показано затухание флуоресценции 100 нМ раствора эритрозина В в дистиллированной воде. Образец возбуждался лазером 531 нм (ширина импульса 72 пс, полная ширина при половине высоты (FWHM), а флуоресценция была детектирована на 550 нм с шириной полосы 3 нм через поляризатор, установленный под магическим углом. Функция отклика прибора IRF была определена как 200 пс (FWHM). Анализ данных с использованием обратной численной реконволюции дал результат моноэкспоненты с временем жизни в  $89 \text{ пс} \pm 4 \text{ пс}$  ( $\chi^2 = 1,08$ ), который отлично согласуется с величиной  $89 \text{ пс} \pm 3 \text{ пс}$ , указанной в литературе.



## Флуоресцентные красители для ближнего ИК-диапазона

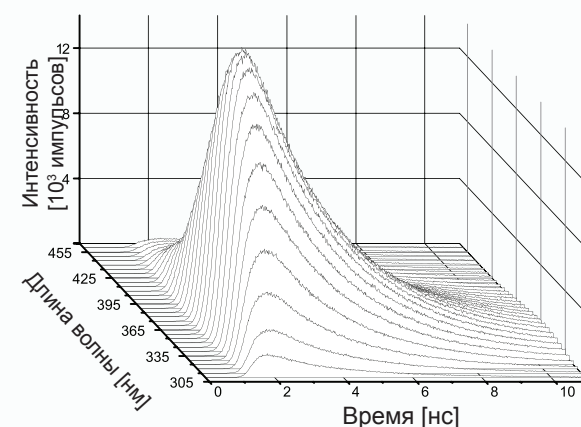
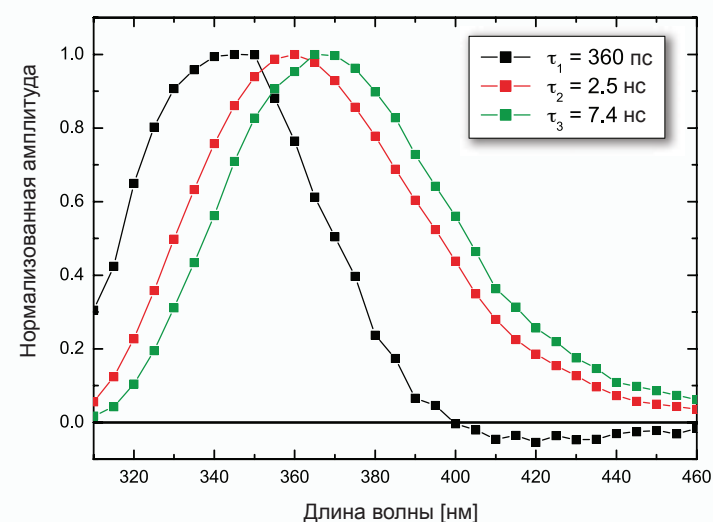
Флуоресцентные красители ближнего ИК-диапазона становятся все более важными инструментами исследования биологических систем, т.к. они менее всего подвержены влиянию поглощения и рассеяния света биологической тканью, по сравнению с классическими УФ и видимыми флуорофорами. Соответственно, за последнее время значительно увеличилось количество новых водорастворимых ИК-флуорофоров, используемых в биологических системах. Для их исследования требуются соответствующие детекторы с низким числом темновых импульсов и хорошим временным разрешением для изучения динамики флуоресценции этих веществ. Примеры показывают флуоресценцию с временным разрешением для обычного флуорофора IR-140 в ацетоне, полученную при помощи специального ФЭУ, чувствительного в ИК-области, с высококачественной дифракционной решеткой. Функция отклика прибора была определена как 600 пс (FWHM). Анализ данных методом обратной численной свертки дал величину времени жизни в  $1,16 \pm 0,01 \text{ нс}$  ( $\chi^2 = 1,17$ ).



## Ассоциированные спектры затухания (DAS) триптофана

Исключительная чувствительность FluoTime 300 наряду с высокопроизводительными импульсными источниками света и аналитическим программным обеспечением PicoQuant позволяют проводить рутинные исследования, для которых раньше требовались специализированные установки и программы, разработанные по индивидуальным требованиям. Такими примерами являются эмиссионные спектры с временным разрешением (TRES) и ассоциированные спектры затухания (DAS) триптофана. Возбуждение 17 мкМ раствора триптофана в фосфатно-со-

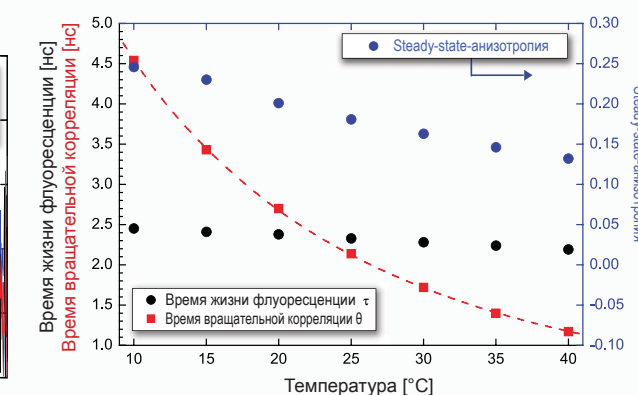
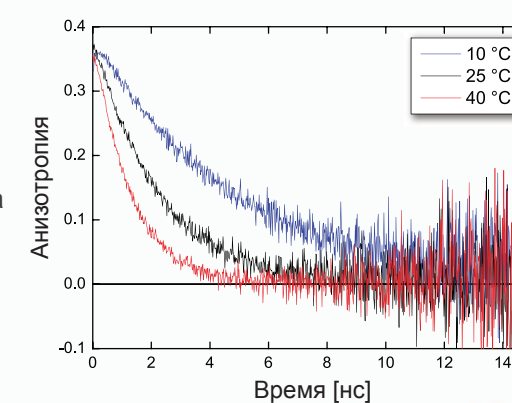
левом буферном растворе с pH 7,4 на 290 нм производилось при помощи импульсного LED, флуоресценция детектировалась в диапазоне от 310 до 460 нм. В течение менее 12 минут были автоматически получены IRF и 31 кривая затухания. Глобальный анализ показывает, что все 31 кривые затухания могут быть охарактеризованы тремя универсальными значениями времени жизни: 360 пс, 2,5 нс, и 7,4 нс. Путем построения зависимых от длины волны относительных амплитуд этих трех компонентов получаем DAS триптофана, который показывает относительно медленную спектральную релаксацию. Компонент затухания 360 пс, выходящий за пределы коротковолнового края эмиссионного спектра, в качестве возрастающего компонента (отрицательная амплитуда) увеличивает сдвиг в длинноволновую область.



## Динамическая анизотропия

Моторизированные высокоапертурные и прозрачные в УФ поляризаторы Глана – Томпсона, программируемый контроллер температуры образца и возможность написания скриптов в EasyTau являются основными компонентами комплексного измерительного цикла, который ведет к получению представленных ниже результатов. Пример: Возбуждение кумарина 6 в этилен-гликоле на 440 нм, эмиссия детектирована на 510 нм с шириной полосы пропускания 3 нм. Система автоматически задала температуру образца, и автоматически выполнила по четыре измерения для каждого температурного интервала: Функция отклика прибора, измерения поляризованного затухания VV (параллельно), VH (перпендикулярно), и VM (под магическим углом). Экспресс – анализ затуханий VV и VH свидетельствует о температурно-зависимом характере эмиссионной анизотропии. Для получения детальных количественных результатов анализ комплекта данных анизотропии был выполнен методом универсальной обратной реконволюции с использованием программы FluoFit. Модель единичной, сферической, вращающей-

ся частицы с единым экспоненциальным временем жизни флуоресценции очень хорошо описывает систему, как и следовало ожидать от высокополярной частицы в полярном растворителе. Результат показывает в небольшой степени темпреатурно – зависимое моноэкспоненциальное время жизни флуоресценции кумарина 6. Зависимость вязкости от температуры могла бы быть подобрана для экспериментально полученного изменения времени вращательной корреляции. Был возможен даже точный расчет значений стационарной анизотропии, которые идеально соответствовали значениям анизотропии, рассчитанным при помощи уравнения Перрина.



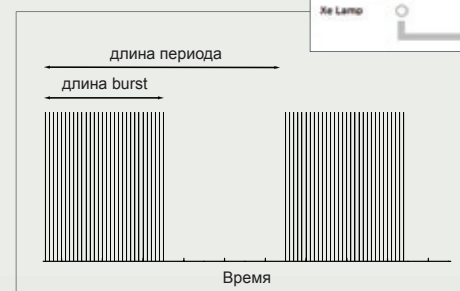
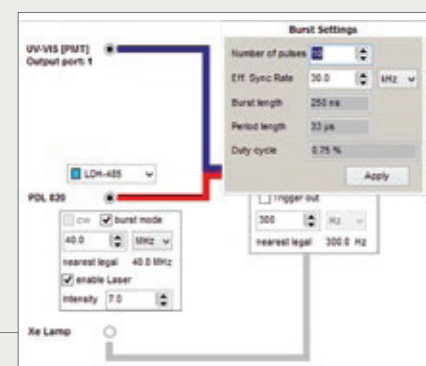
# Примеры измерений

## Фосфоресценция синглетного кислорода фотосенсибилизатора для фотодинамической терапии

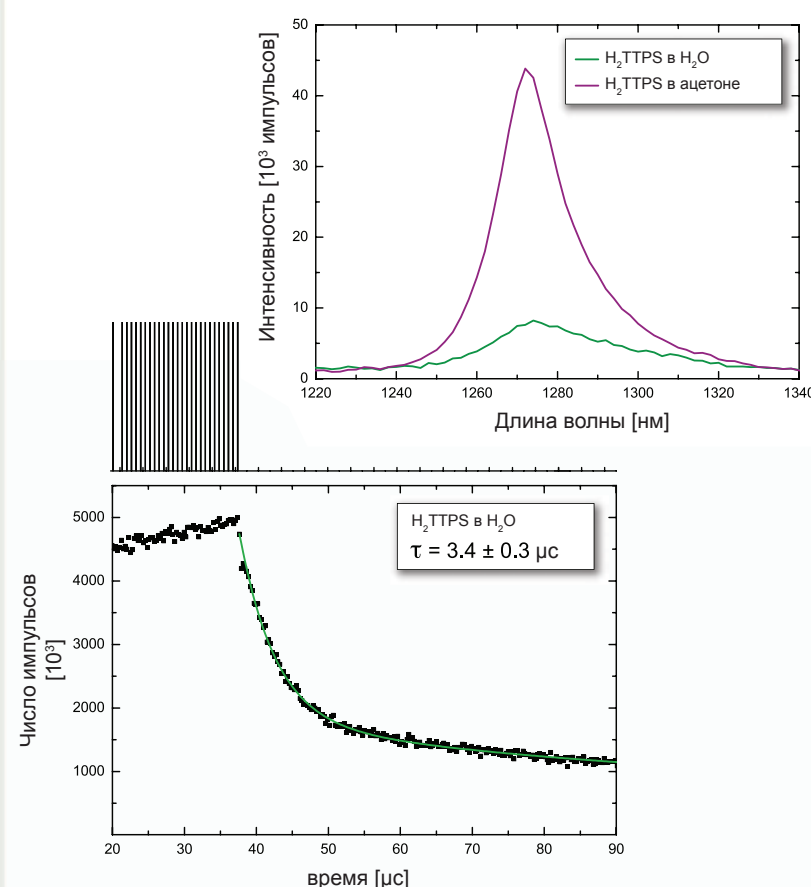
Синглетный кислород – это общее название для молекулярного кислорода в электронно-возбужденном состоянии, которое является менее стабильным по сравнению с молекулярным кислородом в основном электронном состоянии. Его обычно получают путем передачи энергии фотосенсибилизатора в возбужденном состоянии молекуле кислорода. Реакционные свойства синглетного кислорода используются, например, для разрушения раковых клеток при фотодинамической терапии. Для получения оптимальных режимов подобной терапии современные исследования сфокусированы на создании молекул фотосенсибилизатора, повышающих эффективность генерации синглетного кислорода. Другие исследования на-

правлены на изучение времени жизни эмиссии синглетного кислорода, которое зависит от растворителя и может быть использовано для получения информации о среде молекул, генерирующих кислород. Исследования синглетного кислорода, как правило, выполняются с использованием измерений фосфоресценции steady state и с временным разрешением, эмиссия детектируется в диапазоне порядка 1270 нм. Подобные измерения, как правило, сложны, т.к. эмиссия синглетного кислорода очень мала по сравнению, например, с сигналом флуоресценции фотосенсибилизатора. Пример иллюстрирует спектр эмиссии синглетного кислорода, полученного из H<sub>2</sub>TTPS в ацетоне и даже в H<sub>2</sub>O, что представляет особенную сложность из-за наложения спектров ОН-колебаний воды и эмиссии синглетного кислорода. На второй диаграмме дополнительно показано измерение синглетного кислорода с временным разрешением, полученное с использованием режима burst mode. Фиттинг дает время жизни в 3,4 ± 0,3 мкс, которое отлично согласуется с опубликованным в литературе значением. Таким образом, благодаря высокой чувствительности FluoTime 300 даже в зоне ближнего ИК нет необходимости в использовании дополнительных модулей для выполнения измерений с временным разрешением и стационарных измерений синглетного кислорода даже в H<sub>2</sub>O.

## Режим burst



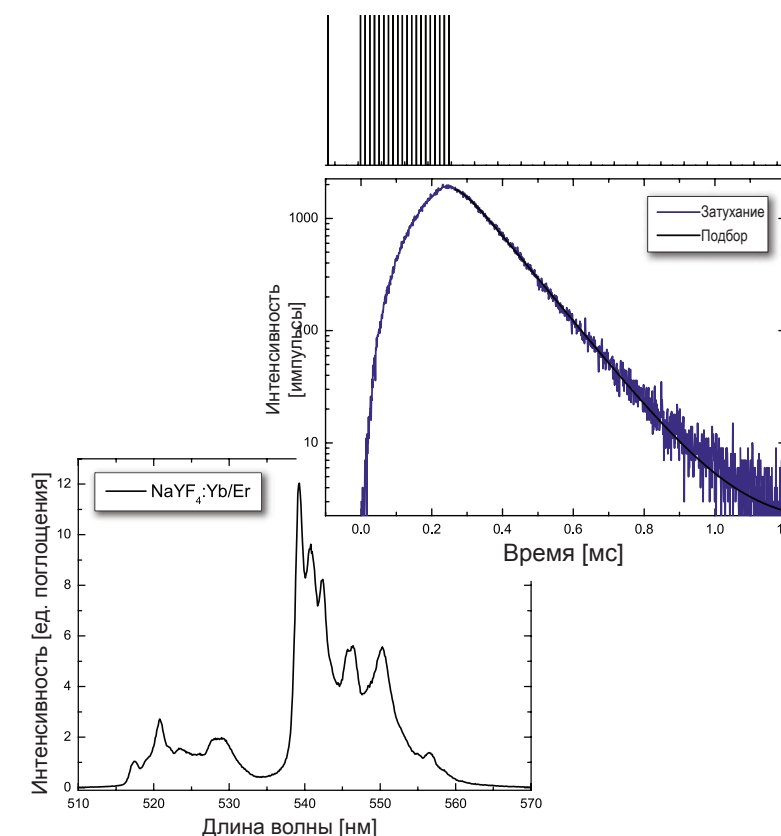
Импульсные диодные лазеры PicoQuant оптимизированы для частоты повторов в МГц диапазоне, что позволяет выполнять измерения времени жизни флуоресценции в диапазоне от пс до нс. Для измерений более продолжительного времени жизни в диапазоне до мс требуются соответствующая низкая частота повторов источника возбуждения. Поскольку диодные лазеры зачастую не являются эффективными источниками возбуждения при низких частотах повторов из-за ограниченной энергии импульса, то подобные измерения, как правило, выполняются при помощи импульсных ксеноновых ламп. Однако для этого требуется дополнительный путь возбуждения с соответствующим монохроматором возбуждения. В качестве альтернативы импульсным ксеноновым лампам FluoTime 300 имеет специальный режим burst, который не требует никаких дополнительных модулей и при этом позволяет выполнять измерения времени жизни в диапазоне до мс. В режиме burst диодный лазер сначала генерирует некоторое число лазерных импульсов с частотой повторов в диапазоне МГц, а затем отключается для детектирования эмиссии образца. Отдельные лазерные импульсы ведут себя как один единичный импульс с более высокой энергией. Таким образом, будет возбуждено больше молекул, и, соответственно, выше будет интенсивность флуоресценции. Измерения фосфоресценции и возбужденных состояний с длинным временем жизни возможны без использования других источников возбуждения.



## Апконверсия флуоресценции наночастиц

Апконверсионные флуоресцентные частицы поглощают свет в ближнем ИК диапазоне и излучают в видимом. В настоящее время фокус исследовательской работы сосредоточен на этих частицах из-за их перспективной области применения, например, формирование оптических изображений in vivo, т.к. они позволяют использовать возбуждение в ИК диапазоне, в котором уровень поглощения и рассеивания света биологическими тканями является минимальным. Другой возможной областью применения являются сенсibilizированные красителем солнечные элементы. Стандартный солнечный элемент не поглощает свет в ближнем инфракрасном диапазоне, т.к. энергия ИК слишком мала для инъекции электронов в зону проводимости материала солнечного элемента. Возможной опцией для преодоления этого ограничения и создания солнечных элементов с более высокой эффективностью преобразования света является использование сенсibilizированных красителем солнечных элементов, в которых для преобразования ИК-света в видимый с достаточной энергией для преодоления запрещенной зоны полупроводникового материала используются апконверсионные частицы.

Пример иллюстрирует апконверсионный спектр наночастиц NaYF<sub>4</sub>, солегирированных эрбием и иттербием в циклогексане в видимом диапазоне с лазерным возбуждением на 980 нм. Для измерения времени жизни была использована функция пакетного режима FluoTime 300. Фиттинг данных выявляет

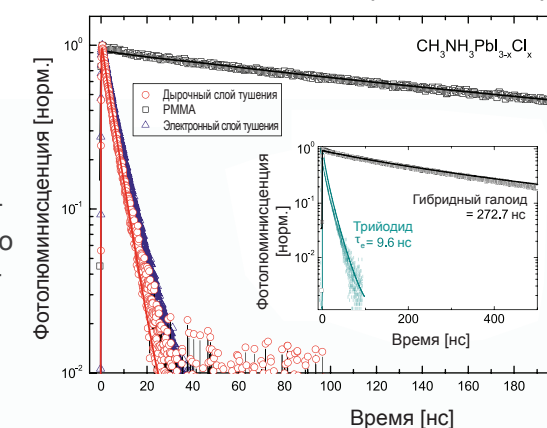


два значения времени жизни флуоресценции, 100 мкс и 30 мкс. Несмотря на достаточно малый и, следовательно, труднораспознаваемый эффект ап-конверсии флуоресценции, высокая чувствительность FluoTime 300 вместе с ИК-лазером серии LDH делает такие эксперименты осуществимыми.

## Определение электронно-дырочной диффузионной длины в солнечных элементах на основе перовскитов.

Важным параметром для понимания фотофизики полупроводниковых солнечных элементов является диффузионная длина фотовозбужденных электронов и дырок в материале. Эксперименты с тушением фотолюминисценции с временным разрешением являются ценным инструментом для определения диффузионной длины. Примеры иллюстрируют данные, полученные от смешанных галогидного и трийодидного органометаллических слоев перовскита в присутствии электронного (голубая линия) или дырочного (красная) слоя тушения или полиметилметакрилатного (PMMA) покрытия (черная). Кривые затухания были зарегистриро-

ваны на 780 нм, что соответствует пиковой эмиссии обоих материалов. Измеренная динамика затухания может быть применена к диффузионной модели, что позволяет вычислить диффузионную длину. В данном случае диффузионная длина электронов и дырок в гибридном галогидном перовските составила 1 мкм, а иодистый материал имел гораздо меньшую длину в 100 нм, что вполне согласуется с показателями работы этих материалов в качестве солнечных элементов.



S. D. Stranks et al., Science, 342 (2013), p.341

# Компоненты системы

## Компактный размер, непревзойденные характеристики

FluoTime 300 обладает исключительной чувствительностью в сочетании с непревзойденной простотой использования. Система основана на таких технологиях как пикосекундные импульсные диодные лазеры и электроника для коррелированного по времени счета одиночных фотонов (TCSPC), разработанных PicoQuant и дополненных высокотехнологичными оптомеханическими компонентами, детекторами и аксессуарами.

### Высококачественные оптические компоненты

FluoTime 300 включает в себя различные высококачественные оптические компоненты, такие, как линзы, поляризаторы, аттенюаторы и сменные фильтры. Все элементы являются моторизованными, и оптимизация их положения выполняется автоматически модулями wizard программы EasyTau или настраивается вручную в режиме «customized measurements». Даже входная и выходная щели монохроматоров полностью управляются компьютером, делая размещение образца единственной необходимой ручной операцией при измерении спектра флуоресценции.

### Эффективные монохроматоры

Монохроматоры Черни – Тернера могут иметь фокусные расстояния 150 или 300 мм. Оба можно оборудовать различными высококачественными дифракционными решетками для получения спектрального разрешения до 0,1 нм на широком диапазоне длин волн. Настройка длины волны регулируется компьютером с минимальной величиной шага в 0,01 нм. Спектральные полосы пропускания монохроматоров могут быть легко отрегулированы при помощи ПО.

*Сердцем FluoTime 300 является большая универсальная камера для образцов с полностью автоматизированными оптическими элементами и кронштейном для различных держателей образцов, включая криостаты.*

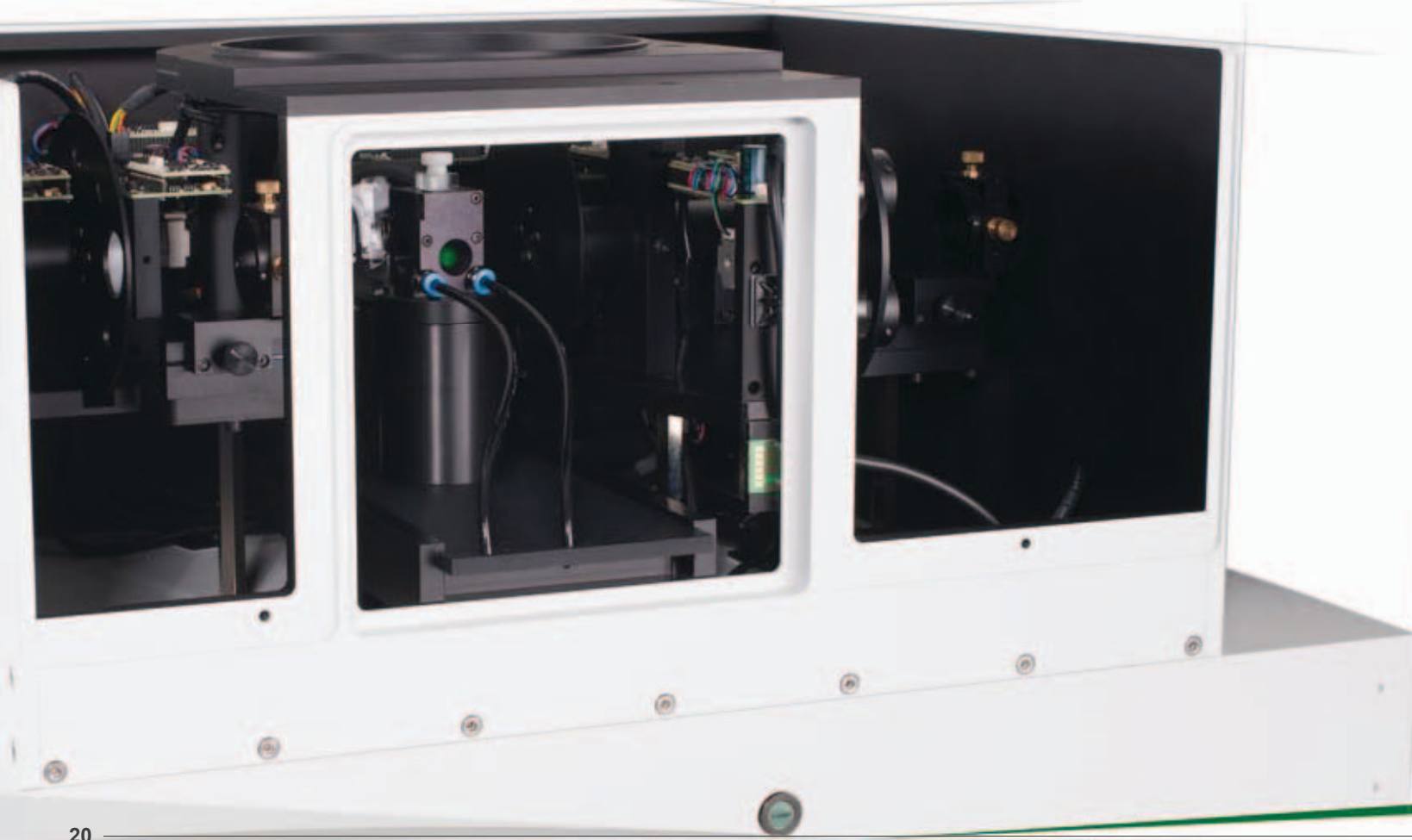
### Сбор данных TCSPC и MCS

Для выполнения измерений флуоресценции с временным разрешением и steady state имеются два первоклассных блока сбора данных: TimeHarp 260 и PicoHarp 300.

TimeHarp 260 – это современная, компактная и простая в использовании PCIe плата с регулируемым временным разрешением от 25 пс до 5,2 мс, и, соответственно, представляющая собой идеальный вариант для измерения люминесценции steady state и затухания с временным разрешением в диапазоне от нескольких десятков пикосекунд до нескольких секунд. TimeHarp 260 отлично подходит для систем, оборудованных фотоумножителями или гибридными фотоумножительными детекторами. Для измерения сверхбыстрой динамики автономная установка PicoHarp 300 предлагает еще более оптимальное временное разрешение

до 4 пс и, следовательно, ее рекомендуется использовать с системами FluoTime 300, оборудованными MCP-PMT или гибридными фотоумножителями, чувствительными в синей области.

*Два блока сбора данных PicoHarp 300 и TimeHarp 260 обеспечивают коррелированный во времени подсчет единичных фотонов (TCSPC), многоканальное масштабирование (MCS), корреляцию совпадений или event timing с временными разрешениями в диапазоне от пикосекунд до миллисекунд. Установки работают в гистограммном режиме и имеют два режима регистрации времени.*



# Компоненты системы

## Детекторы подсчета фотонов

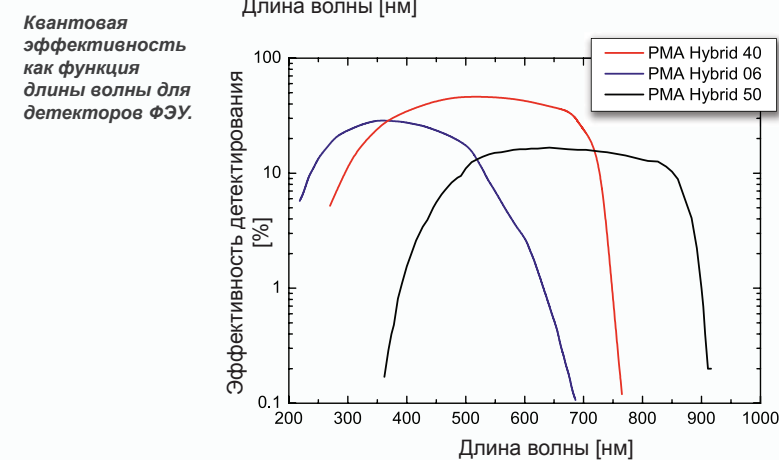
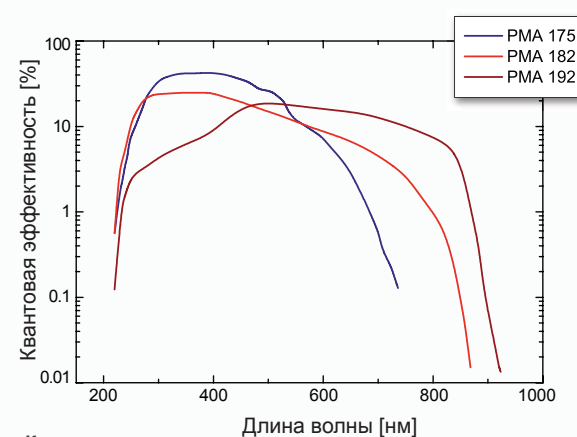
FluoTime 300 может быть укомплектован одним или двумя детекторами подсчета единичных фотонов. Каждый детектор имеет электромеханический затвор, опциональное охлаждение и защиту от перегрузки, которые могут управляться программным пакетом системы. Предоставляются детекторы ФЭУ, MCP-PMT, или модули –Hybrid PMT.

ФЭУ серии PMA работают в спектральном диапазоне от 200 до 920 нм. ФЭУ серии PMA являются наилучшим выбором для измерения времени жизни в диапазоне до 50 пс, так как они обеспечивают оптимальный баланс между чувствительностью и временным разрешением. Для функций, требующих еще более высокого временного разрешения, следует выбирать детекторы MCP-PMT. При работе вместе с соответствующей коротко-импульсной лазерной системой очень короткое время отклика позволяет определять время жизни вплоть до 10 пс. Все MCP-PMT могут быть оборудованы термоэлектрической системой охлаждения для сокращения числа темновых импульсов. Гибридный



Типовые детекторы FluoTime 300: ИК-ФЭУ, ФЭУ, и гибридный ФЭУ.

ФЭУ представляет собой относительно новую, но великолепную альтернативу MCP-PMT. Гибридный ФЭУ серии PMA Hybrid обладает высокой производительностью детектирования до 45 %, наряду с очень хорошим временем отклика, которое для определенных моделей даже сопоставимо с MCP-PMT. Гибридные ФЭУ детекторы предоставляются для спектрального диапазона от 220 до 900 нм. Оптимизированный инфракрасный ФЭУ работает в спектральном диапазоне от 950 до 1700 нм. Все ИК – ФЭУ имеют внутренние термоэлектрические системы охлаждения (система кодирования), исключая необходимость использования жидкого азота и/или охлаждающей воды. Эти детекторы имеют достаточно короткое время отклика, позволяющее определять время жизни до 100 пс.



Эффективность детектирования как функция длины волны для гибридных ФЭУ детекторов.

## Подсистема возбуждения

Подсистема возбуждения состоит из готовых к работе пикосекундных импульсных диодных лазеров (серии LDH) или LED(серии PLS), охватывающих диапазон волновых длин от 245 нм до инфракрасного. Лазеры генерируют импульсы величиной до 40 пс и даже LED достигают ширины импульса гораздо ниже 1 нс. Частота повторов и выходная мощность всех лазеров могут регулироваться посредством ПО, превращая их в идеальные источники возбуждения для измерений времени жизни флуоресценции.

Поскольку все LED и лазерные головки работают с одним и тем же блоком драйверов, переключить длину волны так же просто, как поменять лампочку в светильнике. Для спектров возбуждения и эмиссии различные стационарные и импульсные ксеноновые дуговые лампы создают непрерывный световой поток в диапазоне от 200 до 1 000 нм.

Могут быть также использованы другие внешние лазерные установки, например, титан – сапфировые лазеры или суперконтинуумные лазеры PicoQuant семейства Solea.

Solea сочетает в себе короткую ширину импульсов с возможностью перестройки длины волны от 480 до 900 нм, позволяя получать спектры возбуждения и эмиссии, а так же измерения с временным разрешением, используя один источник света. Средства управления лазерами серии Solea полностью интегрированы в ПО EasyTau. Другой опцией для подсистемы возбуждения является универсальный импульсный лазерный модуль VisUV с пикосекундными импульсами в трех волновых длинах (266, 355, и 532 нм). Сочетая гибкую величину частоты повторов от одиночного импульса до 80 МГц и ширину импульса < 70 пс, VisUV является отличным решением для времяразрешенной флуоресцентной спектроскопии, особенно в УФ, например, для возбуждения аминокислот в исследованиях флуоресценции белков.



Компактные импульсные диодные лазеры с пикосекундными импульсами, LED с суб-наносекундными импульсами, суперконтинуумные лазеры серии Solea или универсальные многочастотные лазерные модули типа VisUV являются стандартными источниками возбуждения.

# Компоненты системы

## Держатели образца

- **Интеграционная сфера с держателем образца для жидких и твердых образцов**

Определение абсолютных квантовых выходов с высокой точностью

- **Регулируемый фронтальный держатель образца со скользящим зажимом**

Настраиваемые положение образца и угол падения света

- **4-позиционный держатель образца с охлаждением Пельтье**

Полностью моторизированные и управляемые через ПО настройки температуры

- **8-позиционный держатель образца**

Идеально подходит для больших потоков образцов

- **Регулируемый фронтальный держатель образца с наклонной вставкой**

Отлично подходит для исследования порошкообразных образцов

- **Термостатируемый держатель образца**

Температурный диапазон от минус 20 °C до 135 °C, в зависимости от ванны

- **Держатель образца на одну кювету с охлаждением Пельтье**

Программируемые температурные регуляторы



# Компоненты системы

## Специализированные держатели образца

В большой универсальной камере образцов FluoTime 300 может быть размещено множество специализированных держателей образцов. Их модульная конструкция позволяет выполнить моментальное переключение установочных блоков, обеспечивая исключительную гибкость при выполнении измерений жидких, твердых или измельченных образцов в разных условиях.

## Держатель образца с оптоволоконном

Этот блок имеет оптоволоконно вместо держателя образца, что позволяет стыковать оптический микроскоп с FluoTime 300. В этом случае FluoTime 300 может использоваться для измерения как спектров люминисценции в режиме steady-state, так и времяразрешенных спектров в фокальном пятне микроскопа. Для исследования света, пришедшего от микроскопа, может использоваться весь ряд оптических элементов FluoTime 300, например, автоматизированный поляризатор, сменный фильтр, аттенюатор и монохроматор вместе с аналитическими инструментами ПО EasyTau и FluoFit.

## Регулируемый фронтальный держатель образца

Для анализа люминисцентных свойств твердых образцов, порошков, пленок, покрытий или пластин требуется фронтальный держатель. Этот блок позволяет с большой точностью отрегулировать вручную положение образца и его угол относительно траекторий падающего луча и луча детектирования. Настройка этого угла позволяет не только скомпенсировать рассеивание света от образца, но и оптимизировать положение образца. Держатель предназначен для образцов с размерами до 2 дюймов и оснащен скользящим зажимом или наклонной вставкой.

## Установочный блок образца с термостатируемым держателем для кювет 1 см x 1 см

Этот установочный блок имеет термостатируемый держатель образца для стандартных кювет 1 см x 1 см. Держатель образца соединен с внешним рециркулятором через уплотнители на передней панели установки. Кроме этого, на фронтальной панели блока предусмотрен вход для сухого продувочного газа для предотвращения образования конденсата на кювете.

## 8-позиционный держатель образца

Держатель образца имеет слоты для размещения до 8 стандартных оптических кювет (1 см x 1 см). Держатель образца полностью моторизован и управляется при помощи ПО EasyTau, позволяющей плавно переходить от одного образца к другому без вмешательства оператора. Этот держатель не является термостатируемым и не имеет охлаждения элементами Пельтье. Он идеально подходит для высокоскоростного выполнения измерений флуоресценции при температуре окружающей среды, когда в рамках одного эксперимента требуется измерить множество образцов (например, серия концентраций).

## Держатель образцов с охлаждением Пельтье для кювет 1 см x 1 см

Блок включает держатель образца с охлаждением Пельтье для стандартных кювет 1 см x 1 см. Элемент Пельтье позволяет задавать и поддерживать температуру образца в диапазоне от минус 15 °C до 110 °C, и он полностью управляется ПО EasyTau, позволяя не только задавать фиксированные значения, но и записывать температурные зависимости флуоресцентных свойств. Блок также оборудован входом для продувки сухим газом для предотвращения конденсации воды на стенках кюветы.

## 4-позиционный Пельтье-охлаждаемый держатель.

Блок оснащен револьверной головкой с держателями образцов, позволяющими разместить до четырех кювет 1 см x 1 см. Головка держателя полностью охлаждается при помощи элемента Пельтье, что позволяет работать в температурном диапазоне от минус 15 °C до 110 °C. Держатель образца соединен с внешним водным рециркулятором через уплотнители на передней панели для обеспечения термостабилизации. Имеется вход для сухого продувочного газа для предотвращения запотевания кюветы. Револьверная головка держателя образца на 4 слота полностью моторизована и управляется ПО EasyTau.

## Держатель для сосуда Дьюара с жидким азотом

Такой держатель является недорогим решением для выполнения измерений люминисценции при 77 K. FluoTime 300 можно оборудовать кварцевым сосудом Дьюара на специальном кронштейне, что обеспечивает свободный доступ к образцу со всех четырех сторон. Жидкий или порошкообразный образец помещается в кварцевую пробирку, которая погружается в жидкий азот. Простая конструкция сосуда Дьюара и пробирок для образцов позволяет быстро менять образцы с минимальным временем термической стабилизации. Блок оснащен специальной крышкой, которая полностью закрывает камеру с образцом

## Интеграционная сфера для измерений квантового выхода

Измерения квантового выхода люминисценции, обычно, выполняются путем сравнения интенсивности эмиссии соединения со стандартным известным квантовым выходом в идентичных условиях измерения. Это надежный и точный метод, но он занимает много времени. Помимо этого, целевое соединение и эталон должны иметь сходные диапазоны поглощения и эмиссии. В случае же, когда подходящий эталон отсутствует, или, в принципе, для всех рассеивающих образцов, необходимо использование интеграционной сферы для измерения абсолютного квантового выхода. FluoTime 300 может быть оборудован интеграционной сферой для измерений в том числе и твердых образцов. Она тщательно спроектирована, откалибрована и с высокой точностью воспроизводит опубликованные данные некоторых стандартов квантового выхода, таких как Rhodamine 6G, Coumarin 153 и Ru(bpy)<sub>3</sub>. Полный процесс определения квантового выхода включен в ПО EasyTau в качестве отдельного Wizard. Точные данные по квантовому выходу могут быть получены за несколько минут даже неподготовленным пользователем. Таким образом, все основные характеристики флуоресценции можно изучить на одном приборе, что упрощает процесс работы и калибровку.



# Компоненты системы

## Модуль остановленного потока (stopped flow)

Приставка для изучения кинетики быстрых реакций (серия SFA-20 от компании «TgK Scientific Ltd») позволяет отслеживать быстрые реакции в растворах в миллисекундном диапазоне. Приставка имеет эмпирическое значение dead time < 8 мс, позволяя контролировать такие реакции как кинетика ферментов, тушение, ассоциация/ диссоциация и др. В качестве опций доступны версия для микрообъемов, пневматическим приводом, набором для анаэробных исследований, смешивание в разных соотношениях, последовательное смешивание и ПО для расширенного анализа (Kinetic studio).



## Низкие температуры

Для экспериментов, требующих низкотемпературного состояния образца, FluoTime 300 может быть оборудован большой многофункциональной камерой для образцов, в которую можно поместить криостат на основе жидкого азота от компании «Oxford Instruments» (серия Optistat) или гелиевый криостат замкнутого цикла от компании «ARS» (серия DE-202).

Oxford OptistatDN – это азотный криостат, создающий идеальную низкотемпературную среду для оптических измерений в диапазоне от 77 до 500 К. Замена образца проста и происходит без нарушения вакуума или нагревания криостата. За регулирование криостата полностью отвечает программа EasyTau, что даже позволяет производить температурный рампинг в полностью автоматическом режиме.

Для выполнения измерений при еще более низких температурах FluoTime 300 можно оснастить гелиевым криостатом замкнутого цикла DE-202 от компании «ARS».

Этот криостат представляет собой компактный, аксиально симметричный криоохладитель замкнутого цикла, который идеально подходит для низких тепловых нагрузок и позволяет выполнять низкотемпературные измерения фотолюминисценции в диапазоне от 4 до 500 К.



# Характеристики

## Визуальная конфигурация

- L- профиль

## Режим работы

- Коррелированный во времени подсчет единичных фотонов (TCSPC)
- многоканальное масштабирование (MCS)

## Чувствительность

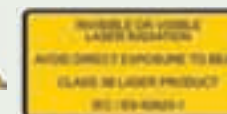
- Соотношение сигнал/шум, измеренное по рамановскому спектру воды, обычно выше 26 000:1, длина волны возбуждения 350 нм, спектральная полоса пропускания 5 нм, время интеграции 1 с

## Диапазон времени жизни

- от 50 пс до секунд с детектором ФЭУ и электроникой TCSPC
- от < 20 пс до секунд с детектором Hybrid-PMT и электроникой TCSPC
- от < 10 пс до секунд с детектором MCP-PMT, электроникой TCSPC и соответствующим лазером
- до нескольких секунд с ФЭУ, Hybrid-PMT или MCP-PMT и электроникой MCS

## Источники возбуждения

- Пикосекундные импульсные диодные лазеры или LED с частотой повторов до 80 МГц, общий драйвер.
- Solea: настраиваемый широкополосный лазер с частотой повторов до 40 МГц.
- Суб-микросекундная импульсная ксеноновая лампа
- ксеноновая дуговая лампа 300 Вт
- Внешние лазеры, например, титан – сапфировые лазеры



## Монохроматоры

- Тип Черни - Тернера
- Фокусное расстояние: 150 или 300 мм, одиночная или двойная выходная щель
- решетка 1200 г/мм, отражающая при 500 нм или 600 г/мм отражающая при 1250 нм (прочие решетки по запросу)
- Регулируемая ширина щели в диапазоне от 10 мкм до 4 мм (с непрерывным регулированием, полное компьютерное управление)
- Среднее устранение рассеянного света 1:10<sup>5</sup> с соответствующим длинноволновым пропускающим фильтром 1:10<sup>10</sup>

## Детекторы

- Охлаждаемые или неохлаждаемые детекторы
- Фотоумножители (ФЭУ) с различными спектральными диапазонами от 200 до 920 нм
- Микроканальные пластинчатые фотоумножители (MCP-PMT) с различными спектральными диапазонами от 185 до 910 нм.
- Фотоумножители, чувствительные в ближнем инфракрасном диапазоне (ФЭУ) с различными спектральными диапазонами от 950 до 1700 нм
- Гибридные ФЭУ (Hybrid PMT) со спектральным диапазоном от 300 до 890 нм.

## Программное обеспечение

- Простая в использовании комплексная система на базе Windows и аналитическое программное обеспечение
- Архивирование, экспорт данных, арифметические действия с данными.
- Мастера приложений Wizards для различных стандартных приложений.
- Ручной режим измерения с полным управлением прибором и опциональным средством оптимизации измерительных параметров.
- Язык написания скриптов для сбора данных, заданных пользователем, и выполнения цикла измерений.
- Анализ времени жизни на базе процедуры реконволюции, до 4й экспоненциальной функции затухания, распределения времени жизни, анизотропия, глобальный анализ, строгий анализ ошибок.

# PicoQuant для ученых



Ежегодный семинар по спектроскопии одиночных молекул собирает крупнейших исследователей в этой области.

## Прикладная лаборатория

Мы приглашаем ученых посетить наши прикладные лаборатории PicoQuant и увидеть FluTime 300 в работе или выполнить контрольные измерения на собственных образцах. Мы выполним быстрое и квалифицированное исследование ваших образцов. Мы обсудим ваши потребности и постараемся предложить решение, оптимально соответствующее вашим условиям. Конечно же вы также можете ознакомиться с другими нашими продуктами, включая чувствительную к одиночным молекулам микроскопическую систему MicroTime 200.

## Обучающие курсы «Флуоресценция с временным разрешением».

Для лучшего понимания принципов и пользы флуоресцентной времяза разрешенной спектроскопии и микроскопии компания PicoQuant проводит ежегодный курс "European Short Course on Principles and Applications of Time-resolved Fluorescence Spectroscopy" с 2003 года. В 2009 было организовано дополнительное мероприятие с фокусом на времяза разрешенную микроскопию и областях ее применения. Оба обучающих курса предназначены для лиц, желающих получить глубокие знания по принципам флуоресцентной спектроскопии и микроскопии, а также их применениям в области LifeScience. Курс состоит из лекций и практических занятий на приборах.

## Семинар по спектроскопии одиночных молекул

С 1995 года ученые компании PicoQuant проводят ежегодные семинары по «Спектроскопии одиночных молекул и сверхчувствительному анализу в области медико-биологических наук», собирающие крупнейших исследователей в этой области. Посредством этого мероприятия мы стимулируем обмен знаниями и новыми идеями между экспертами в области спектроскопии одиночных молекул, интересующихся ученых из других областей и потенциальных пользователей биотехнологической индустрии.



# PicoQuant GmbH

Группа компаний PicoQuant была учреждена в 1996 для разработки надежных, компактных и простых в использовании контрольно-измерительных приборов и систем с временным разрешением. Начиная с апреля 2008 реализация продукции и поддержка заказчиков в Северной Америке осуществляется компанией PicoQuant Photonics North America Inc.

Сегодня компания PicoQuant является лидером в области производства импульсных диодных лазеров, систем сбора данных с временным разрешением, подсчета единичных фотонов и флуоресцентных приборов. Наше оборудование во всем мире. Оно помогает в подготовке научных публикаций для высокорейтинговых научных журналов и разрабатывать производственные процессы для промышленного производства мирового уровня. Область прикладного применения, начавшаяся с традиционного детектирования флуоресценции с временным разрешением в биоаналитике, непрерывно расширяется и включает контроль качества полупроводников, формирование диффузного оптического изображения, обработку квантовых данных, тестирование оптических детекторов и телекоммуникации.

Благодаря нашей простой в использовании продукции исследователи могут теперь сосредоточиться на своих задачах в области биологии, медицины, экологии или химии, не нуждаясь в глубоких знаниях по физике, электронике или оптике.

## Мы предлагаем передовую технологию.

Наша цель – предложить по разумной цене научным сообществам и производственным отраслям современную технологию, которая была совместно разработана и апробирована известными исследователями. Мы успешно объединили свои усилия со всеми крупными компаниями в области конфокальной микроскопии для разработки специального оборудования, позволяющего проводить исследования флуоресценции с временным разрешением на их промышленных лазерных сканирующих микроскопах.



Реализуя эту концепцию, мы находимся в постоянном поиске новых задач. PicoQuant специально поощряет заявки от производителей оборудования на свою продукцию, особенно, для таких областей применения, где технологии с использованием временного разрешения ранее считались слишком дорогостоящими и трудоемкими.

## Более 20 лет исследований и разработок

Более, чем 20 лет исследований, несколько тысяч реализованных установок и сотрудничество с международными экспертами в специальных прикладных областях, в совокупности, создает базу для новых выдающихся разработок, стимулом для которых являются потребности и ожидания наших заказчиков. Мы приглашаем вас посетить наш веб-сайт или напрямую обратиться к нашим специалистам по продукции и ее прикладному применению для обсуждения ваших конкретных потребностей. И конечно же, мы всегда рады видеть вас в наших прикладных лабораториях во время вашего визита в Германию.



PicoQuant GmbH  
Рудовер шоссе 29 (IGZ)  
12489 Берлин  
Германия  
Телефон: +49-(0)30-6392-6929  
Факс: +49-(0)30-6392-6561  
info@picoquant.com  
<http://www.picoquant.com>

