



ПРОЕКТ «CHARMING»: ВОЛОКОННЫЕ СВЕТОВОДЫ С КВАДРАТИЧНОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ. ОТ НАУКИ К ПРАКТИКЕ

Волоконные световоды, обладающие квадратичной оптической нелинейностью, позволяют реализовать удвоители частоты и электрооптические затворы непосредственно в оптическом волокне, без применения объемной оптики. Благодаря успехам в разработке таких световодов на уровне научных лабораторий, в настоящее время начата реализация международного проекта «CHARMING», направленного на конкретные практические применения.

Целью проекта является разработка компактных полностью волоконных источников видимого лазерного излучения, которые будут использованы для флуоресцентной спектроскопии и конфокальной микроскопии высокого разрешения. Проект «CHARMING» объединяет 7 научных институтов и высокотехнологичных компаний из 6 стран, и финансируется в рамках 7-й Рамочной Программы (FP7) Европейской Комиссии. С российской стороны в проекте принимает участие Научный центр волоконной оптики РАН, отвечающий за комплекс работ по разработке и созданию световодов.

Современные технологии получения изображений высокого разрешения, такие как флуоресцентная микроскопия и спектроскопия с временным разрешением, предъявляют особые требования к характеристикам лазерных источников. При изучении биологических образцов приходится работать со все более и более сложными объектами, и исследователи хотели бы параллельно измерять несколько параметров, что требует лазерных источников возбуждения на нескольких длинах волн и нескольких каналов регистрации одновременно. Для возбуждения наиболее распространенных флуоресцирующих красителей и квантовых точек могут быть использованы длины волн в диапазоне 405–700 нм. Доступные на сегодняшний день лазерные диоды перекрывают спектральные диапазоны 400–515 нм и 630–700 нм, однако в области 515–630 нм отсутствуют источники излучения с необходимыми характеристиками. Указанный пробел может быть восполнен с помощью технологии, разрабатываемой в рамках проекта «CHARMING».

В микроскопии «снижения стимулированной эмиссии» (stimulated emission depletion (STED) microscopy), образец сканируется точка за точкой, с пространственным разрешением, намного превосходящим возможности стандартной конфокальной микроскопии. Введенные в образец молекулы красителя сначала возбуждаются сфокусированным лазерным пучком. Повышение разрешающей способности достигается за счет использования второго лазерного пучка, имеющего поперечное распределение интенсивности в форме бублика. Фокусировка такого пучка на возбужденные молекулы красителя приводит к тушению флуоресценции по краям пятна возбуждения. В результате размер флуоресцирующего пятна существенно снижается и может достигать порядка 10 нанометров. Лазерный пучок в форме бублика должен обладать достаточно большой энергией для эффективного тушения флуоресценции, которая в итоге определяет пространственное разрешение. Таким образом, необходимы лазерные источники высокой мощности, особенно на длинах волн 590 нм, 770 нм и выше, так как многие флуоресцирующие протеины излучают в этой спектральной области.

Время жизни возбужденного состояния флуоресцирующих молекул является очень полезным параметром, который позволяет получать дополнительную информацию для построения изображения объекта. В то время как в стандартных микроскопах применяется непрерывное излучение и используется только информация об интенсивности и спектре, импульсные лазеры дают возможность легко измерять также и время жизни возбужденного состояния молекул. Типичное вре-

мя жизни флуоресценции органических молекул составляет 1–5 нс, и для точного измерения этого времени длительность возбуждающих импульсов должна быть на порядок меньше, а временной интервал между импульсами, по крайней мере, в 5–10 раз больше времени жизни. Таким образом, для флуоресцентной микроскопии требуются импульсные лазеры с длительностью импульсов порядка 100 пс и частотой повторения, перестраиваемой в диапазоне 1–80 МГц. Конечно, можно было бы всегда работать на частоте повторения 1 МГц, но в таком случае регистрация одного изображения занимала бы около одного часа, что является существенным препятствием при исследовании живых биологических образцов.

Измерения времени жизни флуоресценции в видимом диапазоне, который малодоступен в настоящее время, станут установившейся практикой при использовании новых импульсных лазеров, разрабатываемых в проекте «CHARMING». Новые лазеры сделают стандартной процедурой, например, изучение протеинов, флуоресцирующих в красной области спектра, которые приобретают все большее значение в биологии. Благодаря новым лазерам, параллельные измерения *in-vivo* на нескольких длинах волн станут более надежными, позволяя исследовать одновременно несколько различных протеинов и взаимодействие между ними.

Одной из наиболее востребованных длин волн для биофизических исследований является УФ излучение в области 280–295 нм. Это оптимальная длина волны для возбуждения аминокислоты триптофан, которая является широко используемым и изучаемым природным флуорофором. Доступные на сегодняшний день источники излучения на этой длине волны являются либо очень дорогими (лазерные системы на основе Ti-сапфира с утроением частоты), либо имеют слишком малую среднюю мощность (всего лишь 2 мкВт от импульсных лазерных диодов), что существенно затрудняет исследования флуоресценции триптофана. Разработка компактных импульсных лазеров на длине волны 590 нм, обладающих достаточно большой мощностью излучения, позволит генерировать длину волны 295 нм за счет удвоения частоты в нелинейных кристаллах. Такой подход даст новый толчок исследованиям флуоресценции триптофана.

Перечень доступных и полезных флуорофоров, имеющих полосы поглощения от УФ до ближнего ИК диапазона, очень велик. Поэтому специалисты в области флуоресцентной микроскопии (от биологов до физиков) с нетерпением ожидают появления доступных лазерных источников на любой новой длине волны. Компактные и недорогие лазеры уже произвели маленькую революцию в данной области исследований. Разработка новых лазерных источников в спектральном диапазоне, который недоступен для современных диодных лазеров с модуляцией усиления, еще больше ускорит развитие флуоресцентной микроскопии. На сегодняшний день наиболее распространенный подход заключается в использовании импульсных ИК лазеров с последующим удвоением частоты в нелинейных кристаллах. Этот подход имеет свои недо-



Генерация второй гармоники в волоконном световоде. (Совместный результат ИЦВО РАН и ORC Southampton)

В ЭТОМ НОМЕРЕ

статки, такие как необходимость точной и стабильной юстировки оптических элементов.

Проект «CHARMING» нацелен на создание компактных, стабильных и недорогих источников лазерного излучения видимого диапазона. Все необходимые функции, такие как генерация второй гармоники и электрооптическая селекция коротких импульсов, планируется реализовать непосредственно в волоконных световодах. Для достижения данной цели в рамках проекта объединены усилия экспертов из различных областей: полупроводниковые лазерные диоды (NANOPLUS GmbH, Германия), диоды с модуляцией усиления и флуоресцентная микроскопия (PICOQUANT GmbH, Германия), специальные и микроструктурированные световоды (НЦВО РАН, Россия), периодически полингированные световоды (ORC Southampton, Великобритания), волоконные электрооптические устройства (ACREO AB, Швеция), упаковка волоконно-оптических устройств (IXFIBER, Франция) и волоконные лазеры (MULTITEL asbl, Бельгия).

Полностью волоконная генерация второй гармоники с высокой эффективностью и высокой средней мощностью излучения уже была продемонстрирована в совместной работе партнеров по данному проекту (ORC Southampton, НЦВО РАН и MULTITEL; Optics Letters 34 (16), p2483–85, 2009). В ходе проекта планируется исследовать различные инновационные подходы, такие как использование микроструктурированных световодов, для того чтобы реализовать эту перспективную технологию в виде потенциального коммерческого продукта. Полностью волоконный электрооптический селектор импульсов так же был экспериментально продемонстрирован в совместной работе участников проекта (ACREO AB и MULTITEL, труды конференции 4th EPS-QEOD Europhoton Conference, 2010). В результате проекта будут разработаны и созданы полностью волоконные лазерные источники, перекрывающие весь видимый диапазон длин волн. Созданные лазеры будут протестированы в реальных системах флуоресцентной микроскопии высокого разрешения.

Проект «CHARMING» финансируется Европейской Комиссией в рамках 7-й Рамочной Программы (FP7). Проект стартовал в сентябре 2011 года и рассчитан на исполнение в течение трех лет. Более подробно с проектом можно ознакомиться на официальном сайте www.charming-project.eu.



**ЮНИОН
Принт**
ТИПОГРАФИЯ

ПЕЧАТЬ ДО ФОРМАТА А2
Speedmaster SM 74-5 P3
Printmaster PM 74-4 P
Quickmaster QM 46-2

ПРОДУКЦИЯ

- каталоги
- журналы
- газеты
- плакаты
- афиши
- календари (квартальные, настенные, перекидные, настольные, карманные)
- буклеты
- листовки
- флаеры
- стикеры
- папки
- фирменные бланки
- блокноты и тетради
- конверты
- открытки и приглашения
- визитные карточки
- блоки для записей
- разработка фирменного стиля и предпочтательная подготовка

на правах рекламы

HEIDELBERG
Speedmaster

Типография "Юнион Принт"
603022, г. Нижний Новгород, Окский съезд, 2
тел.: (831) 439 44 99, 430 71 22

ЛЮДИ И КОМПАНИИ

В ЭТОМ НОМЕРЕ

А	Л	П	Ф	Ф
АМП5	Лентелефонстрой-УВЦ, НОУ.....6,7	ПГУТИ.....2,3	ФСК ЕЭС, ОАО.....11	Finisar.....12
Андреев В.А.2,3	Листвин В.Н.....43-46	Пнев А.Б.....35-42	Фуджикура Лтд.....8	Fluke Networks.....8
В	М	Р	Х	И
Васильева Т.И.....6, 7	Масутани Шуо.....8	Райхем.....5	Хрипченко В.Ф.....9	Inphi.....12
ВНИИОФИ, ФГУП.....18-27, 35-42	Митюрев А.К.....18-27, 35-42	РКСС.....11	Центр ВОСПИ, ЗАО.....9	Ж
Г	Н	Ростелеком, ОАО.....3,5	ЦНИИС ФГУП3,6	JDSU.....12
Гаврилов В.Н.....32-34	Накацудзи Тоситанэ.....8	Ростехнология, Государственная корпорация10	Ч	Н
Григорьев В.В.18-27, 35-42	Некрасов С.....8	Рудницкий В.Б.....16-17	Частов А.А.....32-34	NeoPhotonics.....12
Грязнов Ю.М.....32-34	Николаев М.....8	С	Я	Newbrige5
Д	НОЛАТЕХ, ЗАО.....28-29	Салтыков А.Р.....16-17	Ямато Сакурай.....8	О
Дураев В.П.....28-29	НТО РЭС и С имени А. С. Попова.....6	САМ, НПП3	2test8	Oclaro12
И	О	Связьсервис, НПК29	3М.....5	Omnitron.....8
Инденбаум Д. М.13-15	ОАК, ОАО10	Сироткин С. В.13-15	А	OWZ-Bayer.....5
Инкаб, ООО4 обл.	Оптен-Кабель, ООО13-15	СПБГУТ им. проф.М.А. Бонч- Бруевича16-17	Alcatel.....5	Р
ИРЭ Полюс, НТО.....2 обл.	ОФС Связьстрой ВОКК-1, ЗАО29	СПЕКТР, НПЦ3	DDL.....5	Pirelli.....5
К		Супертел ДАЛС, ОАО НТЦ ВСП.....30	Deutsche Telekom.....12	С
Кварц, ФГУП ННИПИ.....32-34		Т	Е	Siemens5
Кислицин С.А.32-34		Т8, ООО12, 43-46	Ericsson.....15, 42	Т
Коннектор Оптикс, ООО.....12		Тихомиров С.В.18-27, 35-42	EXFO.....8	Techniplan5
Кравцов В.Е.18-27, 35-42		Трещиков В.Н.43-46		