

Продемонстрирована оптическая линейка нового типа

Сотрудники [Лаборатории численного и экспериментального моделирования новых устройств фотоники НГУ](#), [Института автоматики и электрометрии СО РАН](#) и [Института вычислительных технологий СО РАН](#) в своей совместной работе предложили новый способ генерации широкополосного лазерного излучения. [Результаты исследования](#) опубликованы в престижном журнале Scientific Reports группы Nature. Подробнее о результатах своего исследования рассказали авторы статьи – молодые ученые Анастасия Беднякова и Денис Харенко.

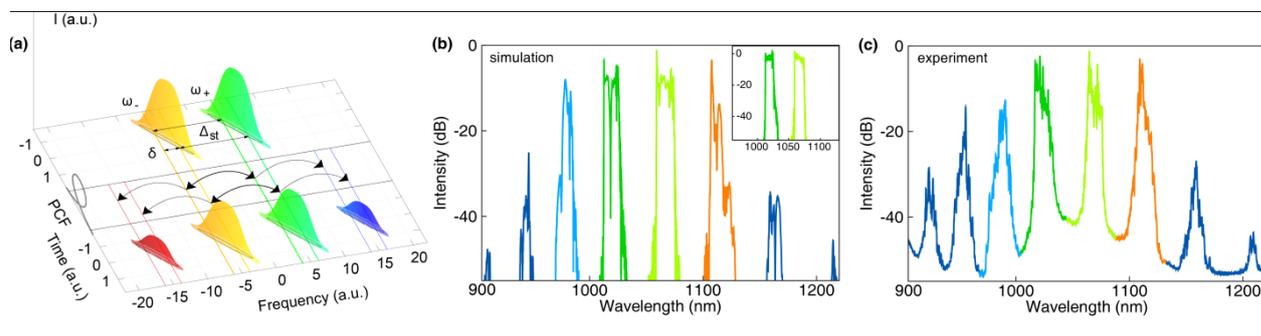


Рис. 1. (a) Нелинейное смешение в фотонно-кристаллическом световоде двух коротких импульсов с линейной частотной модуляцией. $\Delta\omega$ - разница частот между импульсами, δ - расстояние между продольными модами внутри импульсов; (b-c) спектр сигнала на выходе нелинейного световода в расчёте (b) и эксперименте (c)

Широкополосное лазерное излучение, или излучение с широким спектром частот, следует отличать от излучения обычных ламп накаливания, также излучающих все «цвета» от инфракрасного до фиолетового. Дело в том, что лазерное излучение состоит из дискретного набора частот (частотокола), в то время как излучение лампы представляет собой непрерывный (гладкий) спектр. Более того, каждая частота лазерного излучения может быть привязана к другой по фазе, а итоговым результатом сложения всех частот друг с другом является генерация сверхкоротких импульсов, длительность которых обратно пропорциональна ширине спектра. Такая частотная гребёнка и называется «спектральным комбом», а самая близкая аналогия из «реальной жизни» — это обычная измерительная линейка, где миллиметровые риски являются теми самыми частотами по которым можно производить измерения, только уже не на столе, а в оптическом диапазоне. Чем длиннее линейка и чем чётче на ней нанесены риски (читай, чем лучше частоты связаны друг с другом), тем больше у неё практических применений.

Сделать такую оптическую линейку можно как непосредственно, например, в применении титан-сапфировых лазеров, где ширина комба может достигать одной октавы (800 нм), либо путём увеличения ширины уже имеющегося спектра в высоконелинейной среде, например в оптических волокнах с высокой нелинейностью. Под действием керровской нелинейности происходит образование новых спектральных компонент в сигнале и формирование когерентного комба. Получение подобного широкого когерентного спектра, который принято называть «суперконтинуумом», привело к революционному развитию частотной метрологии.

«Нами предложен качественно новый способ генерации широкополосного излучения, основанный на смешении сдвинутых по частоте когерентных коротких (а именно фемтосекундных) импульсов в высоконелинейном световоде с близкой к нулю дисперсией».

«По сути каждый из этих импульсов в частотном представлении является той самой оптической линейкой, но пока «длина» этой линейки не дотягивает до октавы, она мало пригодна для метрологических применений. Особенность наших импульсов в том, что их генерация происходит синхронно в одном волоконном резонаторе. Таким образом, у нас есть две короткие линейки, но жёстко связанные друг с другом (как будто стержнем заданной длины). Мы показали, что в результате их нелинейного смешения в специальном волокне происходит генерация новых спектральных компонент (коротких линеек), образующих спектральный комб коротких импульсов в диапазоне более чем 300 нм, что является значительным шагом вперёд. Преимуществами предложенного метода генерации спектрального комба коротких импульсов (коротких, но жёстко связанных друг с другом оптических линеек) являются высокая стабильность и простота реализации. Помимо своего фундаментального значения, предложенный метод также открывает новые возможности для практических применений, среди которых синтез импульсов предельно короткой длительности, генерация в среднем ИК диапазоне путём генерации разностных частот, когерентная микроскопия и сверх-широкополосная передача данных», — говорят авторы исследования.

«Полученный результат возник не на пустом месте. В 2014 году нами была опубликована [работа в журнале Nature Communications](#), в которой был предложен лазерный источник, генерирующий связанные короткие импульсы на двух длинах волн. При численном моделировании распространения импульсов в резонаторе данного лазера мы обратили внимание на то, что в спектре сигнала кроме основных импульсов также присутствуют и гармоники на новых длинах волн. Оказалось, что этому явлению существует физическое объяснение, которое и легло в основу нашей дальнейшей работы. Была разработана аналитическая модель, с помощью которой продемонстрирована ключевая роль процесса четырёхволнового смешения (ЧВС). После этого нами были созданы условия для наиболее эффективного протекания этого процесса, и, в итоге, мы получили гребёнку из восьми импульсов, которые являются копиями двух первоначальных импульсов, но в новых частях спектрального континуума (оптической линейки)».

«В наших ближайших планах увеличить энергию импульсов на входе в высоконелинейный световод и использовать фотонно-кристаллические волокна с более плоским дисперсионным профилем вблизи точки нулевой дисперсии, что позволит получить комб сверхкоротких связанных импульсов шириной в октаву и стать на шаг ближе к возможным практическим применениям».

Источники:

[Продемонстрирована оптическая линейка нового типа](#) – Новосибирский государственный университет (nsu.ru), 09 июня 2017.

[Продемонстрирована оптическая линейка нового типа](#) – Монависта (novosibirsk.monavista.ru), 10 июня 2017.

[Новосибирскими учеными продемонстрирована оптическая линейка нового типа](#) – Новости сибирской науки (sib-science.info), 10 июня 2017.