

# ФЕМТОСЕКУНДНЫЕ ЛАЗЕРЫ В XXI ВЕКЕ

## СЕРГЕЙ НИКИТИН

RND, ООО «ФЕМТОВИЖН», ГРУППА КОМПАНИЙ «МЦКТ»

Сегодня я расскажу вам о фемтосекундных лазерах и о том, какие применения эта техника может иметь в XXI веке.

## ПРИОРИТЕТНЫЕ ГРУППЫ ТЕХНОЛОГИЙ

- Большие данные
- Искусственный интеллект
- Системы распределенного реестра
- Квантовые технологии
- Новые и портативные источники энергии
- Новые производственные технологии
- Сенсорика и компоненты робототехники
- Технологии беспроводной связи
- Технологии управления свойствами биологических объектов
- Нейротехнологии
- Технологии виртуальной и дополненной реальностей

Примерно половина этих сквозных технологий могут выиграть от применения фемтосекундных лазеров.

## ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ЛАЗЕРОВ

- 1954 — первый мазер, начало лазерной эры (Н.Г. Басов, А.М. Прохоров, Ч. Таунс)
- 1960 — первый лазер на рубине (Т. Мейман).

Он генерировал довольно большие длительности импульсов (микросекунда)

- 1961–1962 — режим «гигантского импульса» в рубиновом лазере

Вы, наверное, знаете, что лазер состоит из двух зеркал, между которыми находятся активные элементы. Если одного из зеркал нет, то лазер излучаться не может.

Теперь представьте себе, что вы накачали активный элемент энергией и внезапно добавили второе зеркало. Тогда вся накопленная энергия вылетит одним импульсом. Это и есть режим «гигантского импульса», которая используется до сих пор

- 1966–1968 — режим «синхронизации мод» в стекле с неодимом

Физики научались генерировать длительность порядка 1 пикосекунды. Режим, который для этого используется, называется синхронизацией мод.

Вспоминаем, что у лазера есть резонатор, а у резонатора два зеркала, между которыми распространяется лазерное излучение. Это лазерное излучение формируется не на каких угодно частотах, а только на стоячих волнах, точно так же как гитара.

Каждая такая стоячая волна называется модой. Обычно в лазере моды никак между собой не согласованы. Если вы их синхронизируете, то в результате возникнет короткий лазерный импульс, который «гуляет» туда-сюда между зеркалами. Этот импульс и имеет пикосекундную длительность (чем мод больше, тем он короче)

- 1980–1990 — режим «синхронизации мод» в красителях и на сапфире с титаном

Длительность импульсов уменьшилась с пикосекунд до фемтосекунд. Ширина спектра лазеров на сапфире и с титаном такова, что вы можете сразу из лазера получить длительность импульса в 5 фемтосекунд

- 2000–2010 — нелинейно-оптическое преобразование импульсов

Позволяет изучать импульсы с аттосекундной длительностью

## **ДИАГРАММА «ЭНЕРГИЯ-ВРЕМЯ»**

Связывает пиковую мощность импульса с его длительностью и энергией, которая в нем содержится. Чем короче длительность импульса, тем выше пиковая мощность профиксированной энергии.

Если вы разгоните энергию фемтосекундного импульса до джоуля или килоджоуля, то вы попадаете в область сверхсильных полей — оптических интенсивностей и мощностей, характерных для астрофизических процессов. Вы можете строить лазерные ускорители и изучать сверхсильные поля с помощью таких импульсов.

Кроме того, существуют интересная область — область импульсов, пригодных для фемтосекундной микрообработки. Дальнейшая моя презентация будет повествовать именно об этом.