

# ФЕМТОСЕКУНДНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ МЕТОДОМ НАКАЧКИ-ЗОНДИРОВАНИЯ В ШИРОКОМ СПЕКТРАЛЬНОМ ДИАПАЗОНЕ

*А. М. Идрисов<sup>1</sup>, П. А. Образцов<sup>2</sup>, В. В. Букин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, г. Москва

<sup>2</sup>Институт общей физики им. А. М. Прохорова, г. Москва

*Цель работы: Освоение метода широкополосной спектроскопии накачки-зондирования (pump-probe) с фемтосекундным временным разрешением для измерения динамики релаксации сверхбыстрых лазерноиндуцированных процессов в различных материалах.*

*Задача: Измерение динамики релаксации наведенного поглощения в образцах силикатных стекол содержащих наночастицы серебра при возбуждении 150 фемтосекундными импульсами на длине волны 390 нм. Определение характерных времен и спектральных особенностей релаксации.*

## 1. Теоретическая часть

Одна из областей, исследующих свойства веществ, – нелинейная оптика – раздел физики, изучающий явления взаимодействия света и вещества, которые протекают по-разному в зависимости от интенсивности света. Благодаря ей можно описать ряд процессов, протекающих в веществе порядка нескольких пикосекунд. Для таких процессов необходимы специфические методики, которые имеют высокое временное разрешение. Время релаксации возбужденного состояния в субпикосекундных временных масштабах, поэтому для его измерения необходима высокоточная техника с высоким временным разрешением. Метод Pump-Probe получил распространение как точный и технически относительно несложный метод определения этого времени с использованием фемтосекундного лазера, длительность импульса которого 150 фс.

## 2. Метод

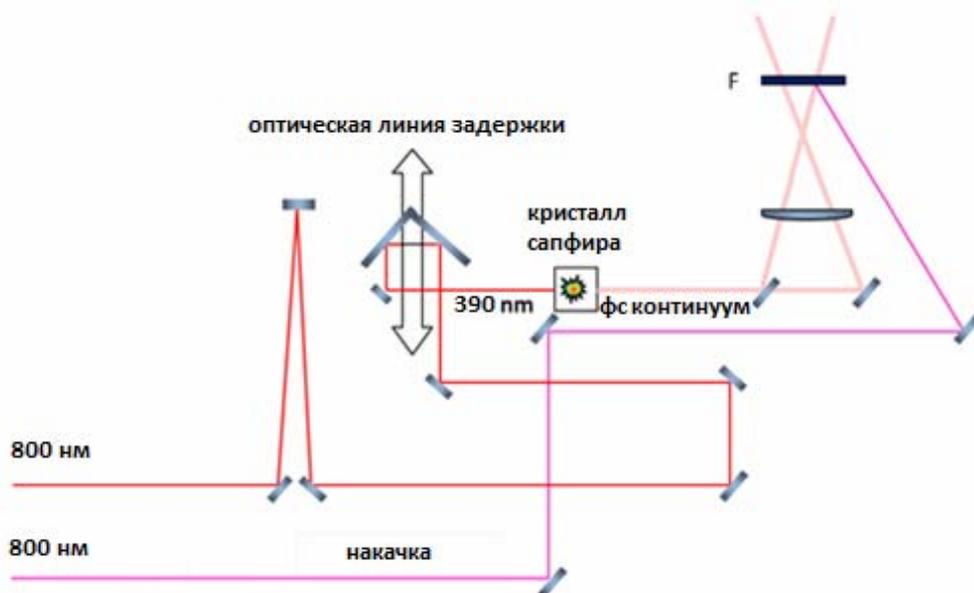
Для измерения времени релаксации применяют методику Pump-Probe, которая заключается в облучении образца двумя разными лучами. Первый из них – Pump-луч (накачка) – высокоинтенсивный пучок, переводящий образец в возбужденное состояние путем поглощения им энергии излучения. Второй луч – Probe-луч – зондирующий.

Исследуемые в работе образцы представляют собой нанокompозитные стекла, приготовленные при помощи реакции ионного обмена [1,2]. В работах было показано, что возбуждение фемтосекундным импульсом приводит к индуцированному поглощению в области измеряемых длин волн. В рамках освоения методики в данной работе были проведены аналогичные измерения с контролем поляризации накачки и зондирования, позволившие определить пороги абляции материала. Последнее измерение было связано с просветлением образца: при больших энергиях луча накачки рано или поздно образец разрушится. Была измерена зависимость изменения поглощения от энергии луча накачки.

## 3. Установка

### Экспериментальная установка:

Источник излучения: Фемтосекундный титан-сапфировый лазер с регенеративным усилителем *t* Coherent Verdi+ RegA (длительность импульса 150 фс, энергия в импульсе 3 мДж, центральная длина волны 780 нм, частота повторения импульсов 1 кГц)



**Pump-луч:** возбуждение образца осуществляется сфокусированным излучением второй гармоники на длине волны 390 нм (преобразование в кристалле ВВО). Излучение фокусируется на поверхности образца в пятно диаметром около 200 мкм с помощью 120 мм линзы.

**Probe-луч:** особенностью установки является возможность осуществлять зондирование образца в широком спектральном диапазоне. Это достигается за счет использования излучения фемтосекундного континуума в качестве зондирующего излучения. Генерация континуума осуществляется сфокусированным излучением основной гармоники титан-сапфирового лазера в объем кристалла сапфира. Сгенерированное таким образом излучение с широким спектром (от 390 до 1600 нм) в дальнейшем используется в качестве зондирующего излучения.

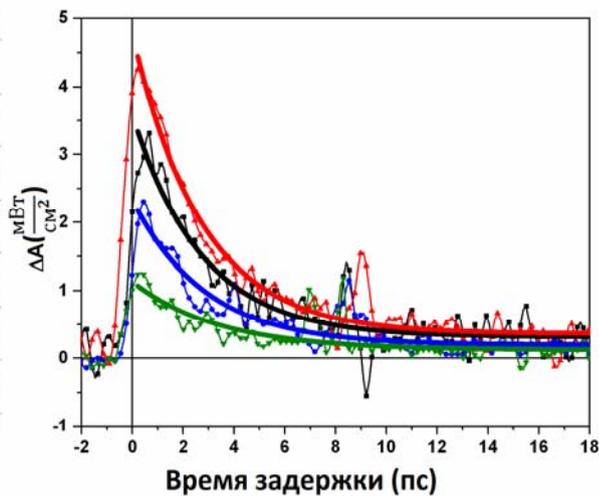
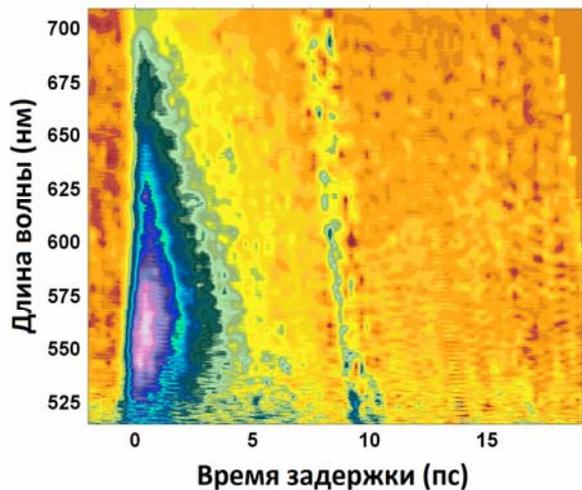
#### 4. Результаты

В работе поляризация контролировалась для Pump-луча с помощью пластины  $\lambda/2$ , а Probe-луча с помощью поляризатора. Были проведены измерения для различных поляризаций лучей, для каждого из случаев были определены соответствующие времена. На графиках ниже приведены зависимости изменения поглощений от времени задержки для различных длин волн и посчитаны константы распада. Экспериментально найден порог абляции материала.

Длина волны накачки 390 нм  
 Длина волны зондирования 515-715 нм  
 Энергия импульса накачки 1.4 мДж

Поляризация накачки  $\longleftrightarrow$

Поляризация зондирования  $\longleftrightarrow$

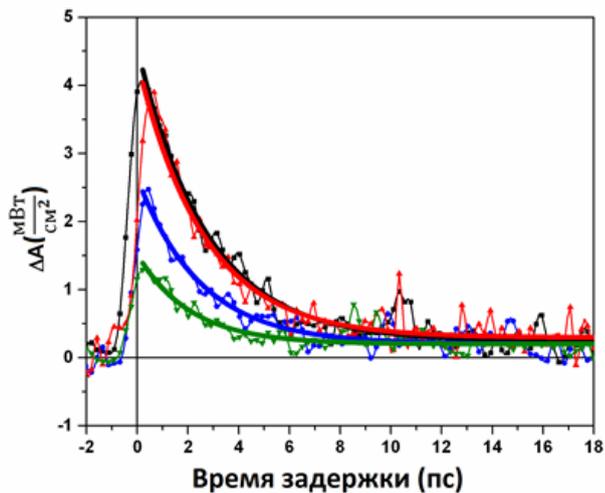
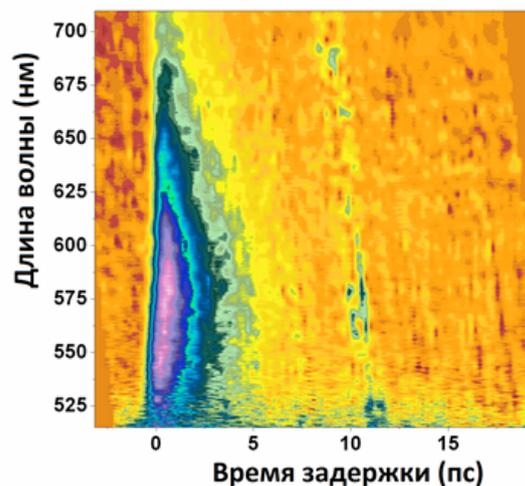


Длина волны зондирования	550 нм	600 нм	650 нм	700 нм
Константа распада	2.7 пс	2.8 пс	2.7 пс	3.3 пс

Длина волны накачки 390 нм  
 Длина волны зондирования 515-715 нм  
 Энергия импульса накачки 1.4 мДж

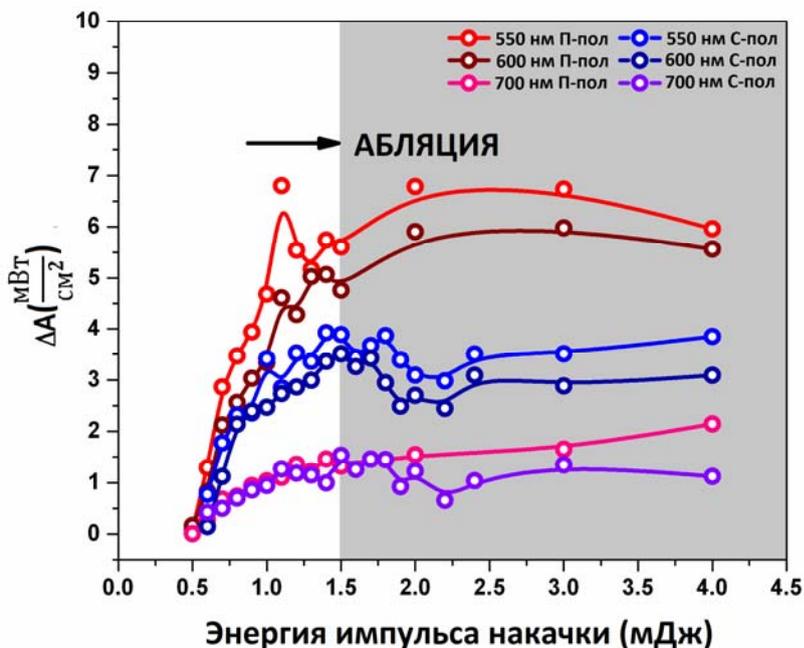
Поляризация накачки  $\updownarrow$

Поляризация зондирования  $\longleftrightarrow$



Длина волны зондирования	550 нм	600 нм	650 нм	700 нм
Константа распада	2.7 пс	2.5 пс	2.6 пс	2.3 пс

Поляризация накачки : неполяризован  
 Поляризация зондирования : красный ←→  
 синий ↓



### Заключение

Освоен принцип измерения методом Pump-Probe. Получены экспериментальные данные о динамике релаксации и определены характерные времена в образцах для различных длин волн, которые совпали с учетом погрешности измерения. В дальнейшем планируется расширить диапазон измерений в ИК диапазоне, что позволит исследовать большее количество материалов.

### Список литературы

1. Halonen M., Lipovskii A. A., Svirko Yu. P. Femtosecond absorption dynamics in glass-metal nanocomposites // OPTICS EXPRESS, 2007. 6845/Vol. 15, No. 11.
2. Mikko Halonen, Andrey Lipovskii, Valentina Zhurikhina, Dmitry Lyashenko and Yuri Svirko. Spectral mapping of the third-order optical nonlinearity of glass-metal nanocomposites // OPTICS EXPRESS, 2009. 17178/Vol. 17, No. 19.