

# Фазовый переход в монокристалле YAG при фемтосекундной лазерной записи

А.Г. Охримчук<sup>1,2</sup>, А.С. Липатьев<sup>1</sup>, Е.В. Жариков<sup>3,4</sup>, Г. Орлова<sup>5</sup>,  
В.К. Мезенцев<sup>6,\*</sup>, П.Г. Казанский<sup>1,7</sup>

<sup>1</sup>Международный центр лазерных технологий, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, ул. Героев Панфиловцев, 20, г. Москва 125480

<sup>2</sup>Научный центр волоконной оптики РАН, ул. Вавилова, 38, г. Москва 119333

<sup>3</sup>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Миусская площадь, 9, г. Москва 125047

<sup>4</sup>Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, ул. Вавилова, 38, г. Москва 119333

<sup>5</sup>НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха, ул. Введенского, 3, к.1, г. Москва 117342

<sup>6</sup>Университет Астон, Бирмингем, В4 7ЕТ, Великобритания

<sup>7</sup>Исследовательский центр оптоэлектроники, Университет Саутгемптон, Саутгемптон SO17 1BJ, Великобритания

\* E-mail: [v.mezentsev@aston.ac.uk](mailto:v.mezentsev@aston.ac.uk)

DOI:10.31868/RFL2018.174-175

В докладе описано наблюдение фазового перехода в монокристалле YAG ( $Y_3Al_5O_{12}$ ) в кристаллическую фазу перовскита YAP ( $YAlO_3$ ) в процессе микромодификации монокристалла фемтосекундными (фс) лазерными импульсами. Микромодификация материалов фс лазерными импульсами (фс-запись) в настоящее время является перспективной технологией в современной фотонике после двух десятилетий впечатляющего прогресса [1]. Обычно такую запись используют для формирования таких оптических структур как волноводы, решетки, разветвители и т.п. в аморфных и кристаллических диэлектрических и полупроводниковых материалах с широким спектром применений. Оптические структуры в кристаллах имеют ряд преимуществ, по сравнению со стеклообразными материалами, например значительно более высокую теплопроводность, а также возможности применения в качестве нелинейных или активных материалов. В настоящей работе использовалась стандартная схема фс-записи с фокусировкой фс лазерных импульсов под поверхностью кристалла, который перемещается механической системой для записи дорожек (треков). Результаты записи типичного трека показаны на Рис. 1,

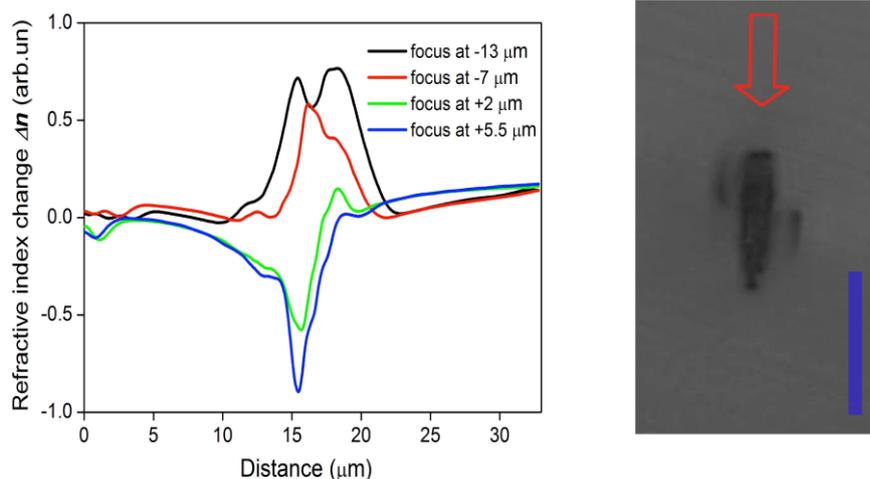


Рис. 1. Слева: примеры профилей показателя преломления в одном из треков, записанных при скорости перемещения образца 3.2 мм/сек. Справа: микрофотография поперечного сечения трека. Красная стрелка показывает направление лазерного пучка при записи, длина синего отрезка соответствует 20 мкм.

Контроль фс-записи осуществлялся оптимизацией ключевых операционных параметров: мощности импульсов и скорости перемещения кристалла относительно фокуса лазерного пучка. В процессе записи лазерные импульсы локально нагревают фокальную область вплоть до расплавления кристалла. Перегретый расплав существует в течение нескольких микросекунд и затем возвращается в твердую фазу с модифицированной микроструктурой. В настоящей работе особое внимание уделено структуре модифицированного материала.

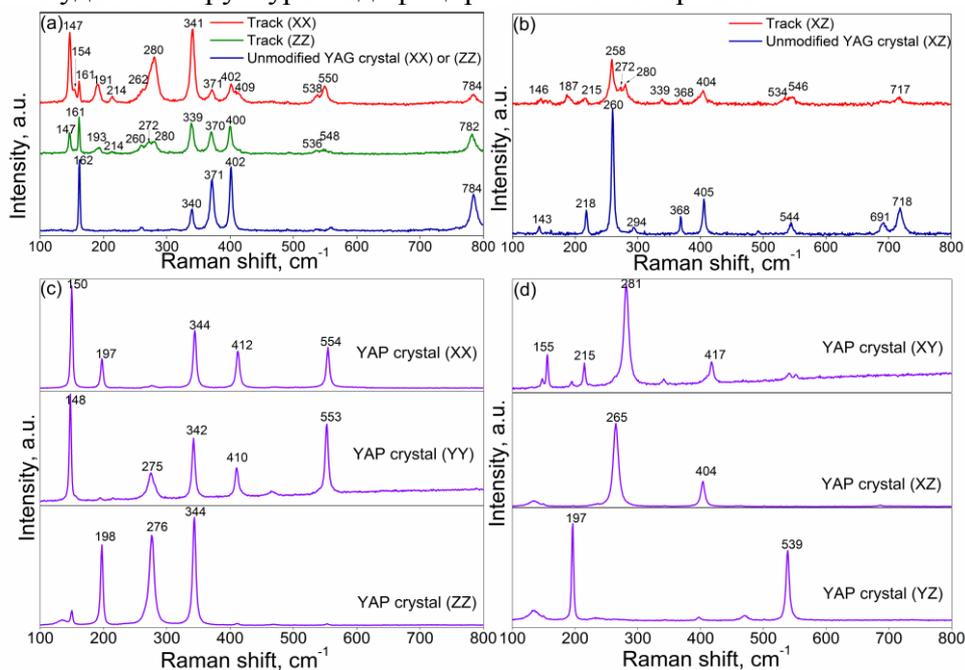


Рис. 2. Поляризованные Рамановские спектры, полученные при облучении центральной области трека (а) и в немодифицированной области кристалла YAG (b) по сравнению со спектрами монокристалла YAP (с,d). Поляризации возбуждающего и рассеянного пучков показаны в скобках: а) и с) для параллельных поляризаций; b) и d) для кросс-поляризаций.

Подобные исследования, практически, отсутствуют в практике фс-записи. Обычно считается, что поглощение энергии фс-импульсов приводит к нарушению кристаллической структуры и, возможно, аморфизации материала в окрестности фокальной области. Мы впервые наблюдали фазовый переход монокристалла YAG в кристаллическую форму перовскита YAP. Это подтверждается результатами Рамановской спектроскопии, приведенными на Рис. 2. Обнаружены дополнительные, по сравнению с монокристаллом YAG, интенсивные линии, характерные для монокристалла YAP. Показано, что наиболее интенсивные YAP-линии ( $147\text{ cm}^{-1}$ ,  $341\text{ cm}^{-1}$ ) появляются при скорости перемещения образца более 2 мм/сек и появление новой фазы YAP внутри монокристалла YAG носит пороговый характер. Проведенный нами моделирование распределения температуры при экспериментальных параметрах фс-записи показывает, что такой фазовый переход происходит при достижении пиковой температуры точки плавления и при типичных скоростях перемещения образца время существования перегретого расплава размером в несколько микрон составляет несколько микросекунд. При обратном переходе в твердую фазу возникает монокристаллическая структура YAP.

## Литература

- [1] R. Osellame, G. Cerullo, R. Ramponi (Eds.), Femtosecond Laser Micromachining, Springer (2012)