

- Сведения об авторах*
- Михаил Петрович Марусин** — Университет ИТМО, кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, Санкт-Петербург; ассистент;
E-mail: mishasp06@mail.ru
- Татьяна Анатольевна Протасеня** — Институт прикладной физики национальной академии наук Беларуси, лаборатория контактно-динамических методов контроля, Минск; младший научный сотрудник; E-mail: 5657397@gmail.com

Рекомендована кафедрой
измерительных технологий
и компьютерной томографии

Поступила в редакцию
01.10.14 г.

УДК 535.211:535.214

Д. В. ЧЕСНОКОВ, Д. В. КОЧКАРЕВ, В. А. РАЙХЕРТ,
М. В. КУЗНЕЦОВ, В. В. ЧЕСНОКОВ

О ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ОДНОСТАДИЙНОГО ЛАЗЕРНОГО МЕТОДА МИКРОСТРУКТУРИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ САПФИРА

Представлено описание процесса лазерного сублимационного формирования упорядоченного глубокого микрорельефа на поверхности пластин из лейкосапфира.

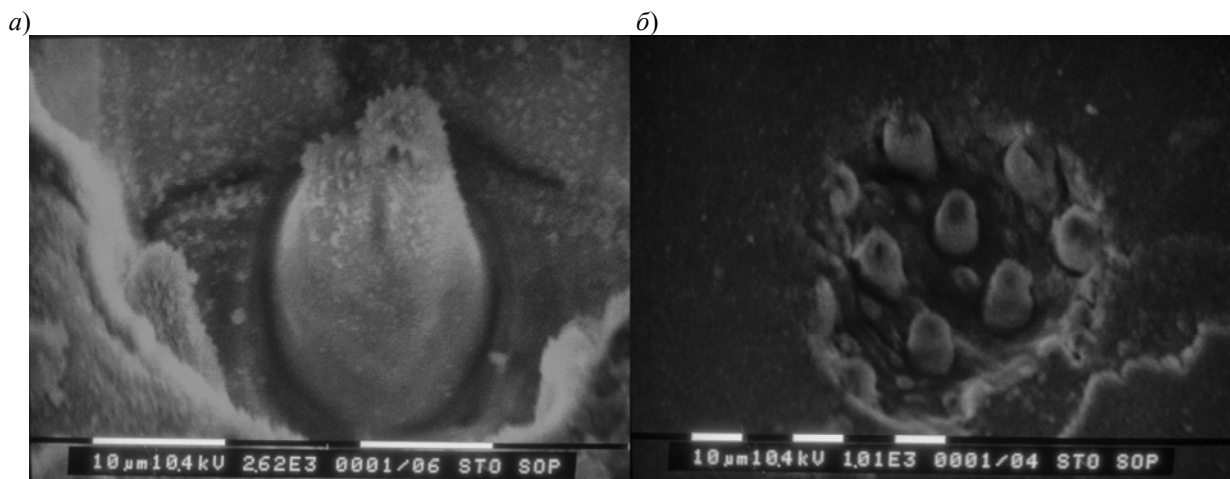
Ключевые слова: лазерная сублимация, рельеф на поверхности, светодиод, тугоплавкие диэлектрики, лейкосапфир.

Разработка и исследования технологий создания микро- и нанорельефов на поверхностях тугоплавких химически стойких диэлектриков (лазерное сверление алмазов, получение алмазной дифракционной оптики и др.) являются актуальными задачами. В настоящей работе приводятся предварительные результаты исследования одностадийного метода формирования (без использования фотолитографии и химических технологий) упорядоченного микрорельефа на поверхностях подложек из лейкосапфира с использованием процессов лазерной сублимации.

Объяснение эффектов лазерного повреждения поверхностей тугоплавких, особенно прозрачных для излучения, диэлектриков встречает затруднения [1]. Начальные этапы развития повреждения предположительно связаны с эффектом возникновения фотопроводимости (в случае рубина), многофотонного поглощения, поглощения на дефектах, в том числе связанных с центрами окраски и др. Последующие этапы повреждения, видимо, обусловлены термохимическими или плазмохимическими процессами в веществе, инициированными выделившимся на начальном этапе теплом [2, 3] и приводящими к дальнейшему повышению температуры.

В проведенных авторами экспериментах поверхности полированных подложек облучались сфокусированным многоканальным лазерным пучком твердотельного Nd:YAG-лазера с длиной волны 355 нм; длительность импульсов 5 нс; импульсная плотность мощности падающего излучения на подложке до $6,7 \cdot 10^{18}$ Вт/м²; частота импульсов 50 Гц; исследования выполнялись на аппаратуре, описанной в работе [4]. В области каналов лазерного пучка интенсивность излучения мала; материал сублимируется в промежутках между каналами, оставляя выступы округлой формы; на поверхности подложек из лейкосапфира или карбида кремния может быть сформирован массив микрообразований типа „полусфера“.

Полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа изображения участков рельефа на поверхности лейкосапфировых подложек, образовавшегося при сублимационном режиме лазерного облучения, приведены на рисунке (*a* — видна поверхность образца, у которого на дне углубления сформирована „микролуковица“ высотой 19 мкм, диаметром 16 мкм, образовавшаяся при облучении в течение 10 с; *б* — глубина кратера составляет 6,5 мкм, видны выступы диаметром 8 мкм, экспозиция 3 с).



В результате анализа полученных результатов было выдвинуто предположение о том, что при облучении на поверхности происходит образование и накопление с последующими импульсами продуктов диссоциации лейкосапфира, термически нестабильного при температуре плавления [5]; продукты реакции обладают повышенным поглощением падающего излучения, это способствует интенсификации процессов и повышению температуры подложки до инициации сублимации лейкосапфира. Аналогичным образом можно объяснить образование микрорельефа на поверхности монокристаллического карбида кремния.

Полученные результаты подтверждают возможность создания упорядоченных глубоких микрорельефов на поверхности сапфира и других тугоплавких диэлектриков или полупроводников методами лазерной сублимации, одностадийным нелитографическим способом. При формировании такого рельефа на поверхности чипа промышленных образцов светодиодов обнаружено существенное увеличение внешнего квантового выхода диодов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рэди Д. Действие мощного лазерного излучения. М.: Мир, 1974.
2. Вейко В. П. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Силовая оптика. М.: Физматлит, 2008.
3. Либенсон М. Н. Лазерно-индуцированные оптические и термические процессы в конденсированных средах и их взаимное влияние. СПб: Наука, 2007.
4. Чесноков В. В., Резникова Е. Ф., Чесноков Д. В. Лазерные наносекундные микротехнологии. Новосибирск: СГГА, 2003.
5. Термодинамические свойства неорганических веществ. Справочник / Под общ. ред. А. П. Зефирова. М.: Атомиздат, 1965.

Сведения об авторах

- Дмитрий Владимирович Чесноков** — канд. техн. наук, доцент; Сибирская государственная геодезическая академия, кафедра наносистем и оплотехники, Новосибирск; E-mail: phys003@list.ru
- Денис Вячеславович Кочкарев** — Сибирская государственная геодезическая академия, кафедра физики, Новосибирск; инженер; E-mail: denlnsk@mail.ru

- Валерий Андреевич Райхерт** — Сибирская государственная геодезическая академия, кафедра физики, Новосибирск; ведущий инженер
- Максим Витальевич Кузнецов** — Сибирская государственная геодезическая академия, кафедра физики, Новосибирск; техник
- Владимир Владимирович Чесноков** — д-р техн. наук, профессор; Сибирская государственная геодезическая академия, кафедра физики, Новосибирск

Рекомендована кафедрой
физики

Поступила в редакцию
01.10.14 г.