

07

## Оптическое повреждение поверхности хлоридов натрия и калия фемтосекундными лазерными импульсами

© А.П. Савинцев

Кабардино-Балкарский государственный университет, Нальчик  
E-mail: pnr@kbsu.ru

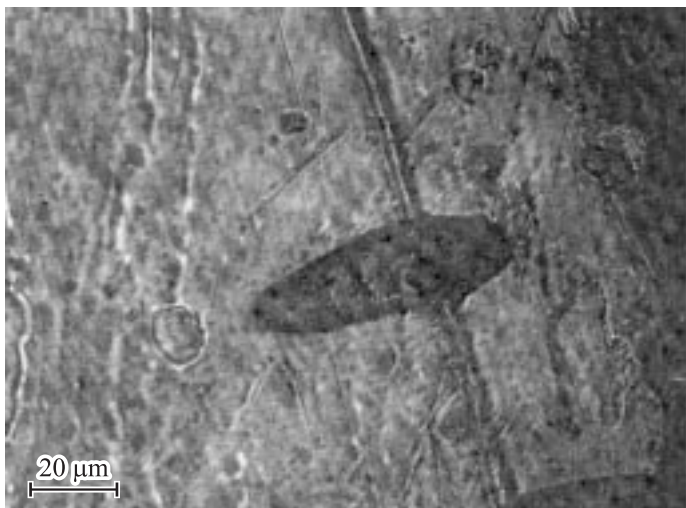
Поступило в Редакцию 21 мая 2007 г.

Найдены пороги оптического повреждения поверхности хлоридов натрия и калия лазерными импульсами длительностью 80 fs. Эксперименты проводились на тераваттной лазерной установке на хром-форстерите. *P*-поляризованное лазерное излучение на длине волны 1240 nm падало на поверхность образцов под углом 35°. Оптическое повреждение поверхности наблюдалось, когда критическая напряженность электрического поля достигала для хлорида натрия 76 MV/cm, а для хлорида калия — 64 MV/cm.

PACS: 64.70.Hz, 42.50.Nn, 42.65.Tg

После создания оптических квантовых генераторов, излучающих фемтосекундные лазерные импульсы, многие вопросы взаимодействия излучения с веществом стали рассматриваться на совершенно ином уровне. Ультракороткая длительность лазерного импульса позволила выйти на уровень тераваттных мощностей и плотностей мощности светового излучения — до  $10^{22}$  W/cm<sup>2</sup>. Создание тераваттных лазеров привело к активному развитию физики сильных и сверхсильных световых полей, тесно связанной с физикой экстремальных состояний вещества.

В работе [1] были изучены критические напряженности электрического поля и плотности мощности порога оптического повреждения поверхности стекла, сапфира и ряда других оптических материалов, облучаемых лазерными импульсами длительностью порядка 200 fs. Было получено, что для таких лазерных импульсов и материалов критические напряженности электрического поля ( $E_{cr}$ ) состав-



**Рис. 1.** Пятно оптического повреждения на поверхности хлорида натрия.

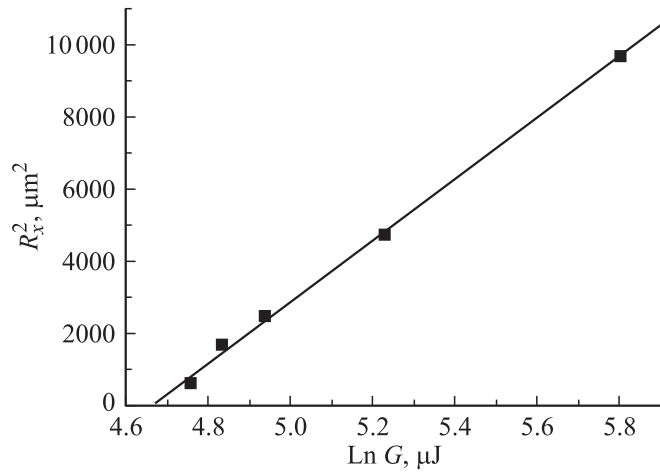
ляют  $(0.6-1) \cdot 10^8$  V/cm, а критические плотности мощности ( $I_{cr}$ ) —  $(1-2.8) \cdot 10^{13}$  W/cm<sup>2</sup>.

В рамках проведения исследований поведения ионных кристаллов в поле ультракоротких лазерных импульсов была выполнена работа, целью которой являлось изучение порогов оптического повреждения поверхности хлоридов натрия и калия фемтосекундными лазерными импульсами.

Эксперименты проводились в Центре коллективного пользования „Лазерный фемтосекундный комплекс“ Института теплофизики экстремальных состояний Объединенного института высоких температур РАН на тераваттной фемтосекундной лазерной системе на хром-форстерите [2].

Лазерные импульсы на длине волны 1240 nm, длительностью ( $\tau$ ) 80 fs падали на поверхность кристалла под углом 35°. Исследовалось воздействие на поверхность образцов *p*-поляризованного лазерного излучения.

Система наблюдения позволяла контролировать изучаемую область на предмет наличия дефектов, регистрировать изображение поверхно-



**Рис. 2.** Аппроксимация размеров пятна оптического повреждения к нулевым значениям.

сти до облучения, в момент облучения (с задержкой 0.5 ns) и после облучения. Затем с использованием программы обработки изображения можно было определить размеры главных осей  $R_x$  и  $R_y$  пятен повреждений, которые имели форму овала (рис. 1). Размеры пятен сопоставлялись с энергией лазерного импульса ( $G$ ), вызвавшей повреждение поверхности. Потом строился график зависимости размера пятна от  $G$  для нахождения такой пороговой плотности энергии, где размеры пятна лучевого повреждения обращаются в нуль (рис. 2). Если точки на графике зависимости размера пятна повреждения от плотности энергии ложатся на прямую, то считается, что эксперимент был проведен корректно.

По результатам аппроксимации (рис. 2) порог оптического повреждения поверхности грани (100) хлорида натрия лазерными импульсами длительностью 80 fs составляет у нас  $1.3 \text{ J/cm}^2$ , что в пересчете дает  $I_{cr} = 1.6 \cdot 10^{13} \text{ W/cm}^2$  и  $E_{cr} = 0.76 \cdot 10^8 \text{ V/cm}$ ; порог оптического повреждения поверхности хлорида калия достигает  $0.9 \text{ J/cm}^2$ , что в пересчете дает  $I_{cr} = 1.1 \cdot 10^{13} \text{ W/cm}^2$  и  $E_{cr} = 0.64 \cdot 10^8 \text{ V/cm}$ .

Дополнительно было проведено сравнение порогов оптического повреждения поверхности граней (100) и (110) хлорида натрия.

Грань (110) была выпилена и потом дополнительно отшлифована. Порог лучевой деструкции грани (110) оказался в 1.5–2 раза выше, чем грани (100).

Как видно, оптическое повреждение поверхности хлоридов натрия и калия с  $\tau = 80$  fs происходит при критических плотностях мощности, сравнимых с плотностью мощности, найденной для материалов, исследованных в [1].

Для хлоридов натрия и калия в издании [3] приведены значения  $E_{cr}$  хлоридов натрия и калия в интервале 10 ns–15 ps. Наши результаты дают опорные точки на зависимости критической напряженности электрического поля от длительности импульса в фемтосекундном диапазоне.

Таким образом, в работе были экспериментально определены пороги оптического повреждения поверхности хлоридов натрия и калия лазерными импульсами длительностью 80 fs.

## Список литературы

- [1] *Von der Linde D., Schüler H.* // J. Opt. Soc. Am. B. 1996. V. 13. N 1. P. 216–222.
- [2] *Агранат М.Б., Ашитков С.И., Иванов А.А.* и др. // Квантовая электроника. 2004. Т. 34. № 6. С. 506–508.
- [3] *Сверхкороткие световые импульсы.* / Под ред. С. Шапиро. М., 1981. 480 с.