

Изв. АН Эстонии. Физ. Матем., 1989, 38, № 3, 338—340

<https://doi.org/10.3176/phys.math.1989.3.13>

УДК 539.213.2 : 535.372+535.34

М. АЙЗЕНГЕНДЛЕР, Б. НАМОЗОВ, И. СИЛЬДОС

**ОБЛУЧЕННЫЙ НЕЙТРОНАМИ САПФИР КАК МАТЕРИАЛ
ДЛЯ ФОТОВЫЖИГАНИЯ ТЕРМОСТАБИЛЬНЫХ
СПЕКТРАЛЬНЫХ ПРОВАЛОВ**

M. AIZENGENDLER, B. NAMOZOV, I. SILDOS. NEUTRONITEGA KIIRITATUD SAFIIR KUI
MATERJAL TERMOSTABIILSETEKS SPEKTRAALSALGETEKS

M. AIZENGENDLER, B. NAMOZOV and I. SILDOS. NEUTRON-IRRADIATED SAPPHIRE AS A
MATERIAL FOR THERMOSTABLE SPECTRAL HOLES

(Представил К. К. Ребане)

1. Метод выжигания спектральных провалов существенно расширил возможности высокоселективной спектроскопии в конденсированных средах [1]. При использовании одночастотных перестраиваемых лазеров данный метод во многих случаях позволяет выявить однородный контур спектральных линий дефектов. Тем самым становится возможным корректное изучение явлений (например, Штарк-эффекта, Зеeman-эффекта, взаимодействия дефектов с матрицей-основанием и др.), ранее скрытых из-за неоднородного уширения [2-4]. Наряду с вышесказанным, нужно отметить и возможности технического применения метода: в оптической памяти, в быстродействующих оптических элементах, в пространственно-временном голографировании [5-7]. Все это стимулирует поиск материалов, в которых реализуется методика выжигания спектральных провалов.

В последнее время фотовыжигание спектральных провалов удалось осуществить не только в органических материалах, но и во многих классических неорганических примесных (дефектных) кристаллах, например, NaF, CaF₂, SrF₂, алмаз и др. [8, 9].

Цель данной работы — показать возможность фотовыжигания спектральных провалов в облученном нейтронами α -Al₂O₃ (сапфире).

Изучению оптических свойств сапфира, облученного быстрыми частицами (нейтронами, протонами, электронами), посвящено много работ [10-15]. Установлено, что в результате низкотемпературного облучения ($T \sim 23$ К) возникают преимущественно F- и F⁺-центры, которые в зависимости от режима отжига образуют различные агрегаты [13]. Найдено, что в полосах 302 и 358 нм в спектре поглощения на длинноволновых краях обнаруживаются относительно узкие линии — 313 и 368,5 нм соответственно. Изучение поляризационных характеристик как в спектрах поглощения, так и в спектрах люминесценции позволило линию 368,5 нм интерпретировать как бесфононный электронный переход F₂-центра (кислородная дивакансия) [10, 12].

2. Мы исследовали облученные быстрыми нейтронами кристаллы α -Al₂O₃ (размерами 3×4×8 мм³), которые облучали при температуре 60 °С потоком 10¹⁸ Н/см². Для измерения спектров поглощения использовали монохроматор ДФС-24, работающий во втором порядке. Источ-

ником света служила ксеноновая лампа ДКсРШ-250. В качестве детектора света применяли ФЭУ-106 в режиме счета фотонов. Для выжигания спектрального провала был использован импульсный пере-страиваемый лазер на красителе, накачиваемый ХеС1-эксимерным лазером. Параметры световых импульсов, выжигающих провал, были следующие: спектральная полуширина 0,04 нм, длительность 10 нс, энергия в импульсе 0,1 мДж, частота следования импульсов 10 Гц.

В исследуемом нами объекте при $T=5-90$ К в спектрах поглощения (рис. 1, *a*) и люминесценции обнаружена резонансная линия 368,5 нм с полушириной 0,5 нм. Излучение было возбуждено лазерными импульсами $\lambda=360$ нм. Определение времени затухания люминесценции дало результат $\tau < 10$ нс. Интенсивность линии 368,5 нм зависит от температуры, и при $T \geq 90$ К (в наших условиях эксперимента) она становится труднодетектируемой (рис. 1).

Для выжигания спектрального провала кристалл облучали лазерными импульсами $\lambda=368,4$ нм при средней мощности 10 мВт/см² в течение 10 мин. В результате в контуре линии поглощения выжигался спектральный провал глубиной $\sim 70\%$. Полуширина провала, определяемая спектральной шириной выжигающего света (рис. 1, *b*), составила $\sim 0,04$ нм. Исследование влияния температуры на форму спектрального провала позволяет заключить, что при повышении температуры до 90 К провал существенно не расширяется, но из-за сильного уменьшения интенсивности линии в целом провал становится труднодетектируемым (рис. 1, *b, в*).

Для исследования термостабильности спектрального провала проводили изохронные термоциклы, т. е. объект отжигали в течение 10 мин при определенной температуре, а затем охлаждали до 5 К для проведения измерений (рис. 2). Установлено, что спектральный провал

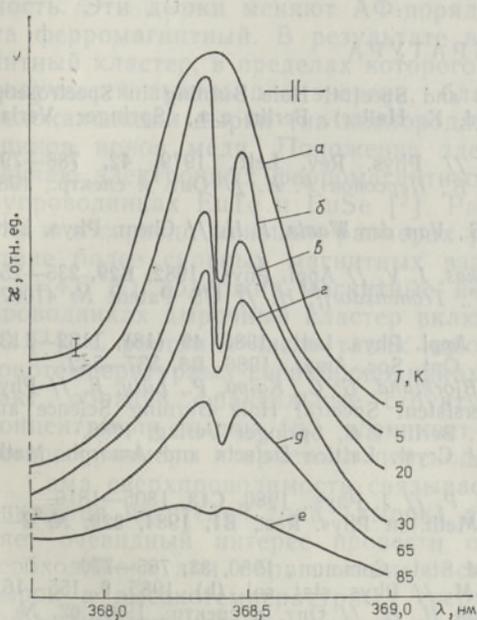


Рис. 1. Температурные зависимости бесфоновой линии и выжженного провала в спектре поглощения облученного нейтронами кристалла $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. *a* — исходный контур линии при 5 К; *b-e* — контуры линий и провалов при 5, 20, 30, 60 и 85 К соответственно.

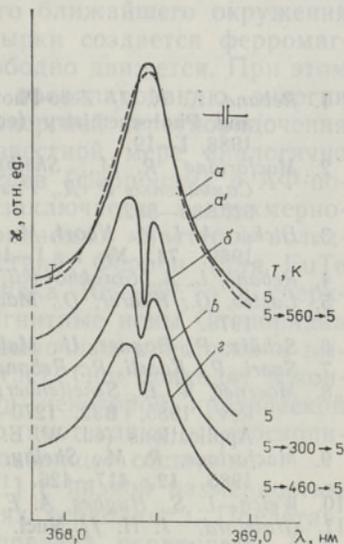


Рис. 2. Термостойкость выжженного спектрального провала после различных термоциклов. *a* — исходный контур линии при 5 К; *b* — линия с выжженным провалом при 5 К; *b, в, a'* — линия с выжженным провалом после термоциклов 5 \rightarrow 300 \rightarrow 5 К, 5 \rightarrow 460 \rightarrow 5 К и 5 \rightarrow 560 \rightarrow 5 К соответственно.

сохраняется длительное время при термоциклах с нагревом до комнатных температур (проверено в течение нескольких дней (рис. 2, в)). Можно заключить (рис. 2, з), что выжженный провал сохраняется даже после нагрева объекта до 200 °С, а стереть провал удастся только нагревом кристалла до 250 °С (рис. 2, а). Отметим, что ранее подобная термостойкость спектрального провала наблюдалась при термоциклах с нагревом до комнатных температур в объекте BaClF: Sm^{2+} [16].

3. Суммируя результаты исследований, можно заключить, что облученный нейтронами сапфир является перспективным объектом для выжигания спектральных провалов в ультрафиолетовой области. Особо следует отметить высокую термостойкость выжженных провалов.

По-видимому, механизмом фотовыжигания в контуре линии 368,5 нм (аналогично другим кристаллическим системам с радиационными дефектами [16, 17]) является фотоионизация, которая разрушает или видоизменяет F_2 -центры, электронный переход которых находится в резонансе с возбуждающим светом.

В свою очередь, этот метод может успешно применяться в случае исследования спектральных свойств радиационных дефектов в сапфире, когда для выжигания провала используется источник света с более узкой спектральной линией.

И. Сильдос благодарен А. И. Кузнецову, обратившему его внимание на возможность проведения высокоселективных спектроскопических исследований в облученном нейтронами сапфире. Авторы признательны также С. О. Чолаху, П. В. Новикову и В. М. Барышникову за предоставление объектов, Я. Кикасу и К. К. Ребане за поддержку и обсуждение работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Rebane, K. K.* // Zero-Phonon Lines and Spectral Hole Burning in Spectroscopy and Photochemistry (eds. O. Sild, K. Haller). Berlin e. a., Springer Verlag, 1988, 1—19.
2. *Macfarlane, R. M., Shelby, R. M.* // Phys. Rev. Lett., 1979, **42**, 788—791; *Самойленко В. Д., Разумова Н. В., Персонов Р. И.* // Опт. и спектр., 1982, **52**, 580—582.
3. *Dicker, A. I. M., Noort, M., Voelker, S., Van der Waals, J. H.* // Chem. Phys. Lett., 1980, **73**, № 1, 1—10.
4. *Rebane, L. A., Gorokhovskii, A. A., Kikas, J. V.* // Appl. Phys., 1982, **B29**, 235—250.
5. *Castro, G., Haarer, D., Macfarlane, T., Trommsdorff, H.* // US Patent № 410976, 1978.
6. *Schätz, P., Bogner, U., Maier, M.* // Appl. Phys. Lett., 1986, **49** (18), 1132—1134.
7. *Saari, P., Kaarli, R., Rebane, A.* // J. Opt. Soc. Amer., 1986, **B3**, 537—542.
8. *Moerner, W. E., Schellenberg, F. M., Bjorklund, G. C., Kaipa, P., Lüty, F.* // Phys. Rev., 1985, **B32**, 1270—1277; Persistent Spectral Hole Burning Science and Applications (ed. W. E. Moerner). Berlin e. a., Springer Verlag, 1988.
9. *Macfarlane, R. M., Shelby, R. M.* // Cryst. Lattice Defects and Amorph. Math., 1985, **12**, 417—426.
10. *Welch, L. S., Hughes, A. E., Pells, G. P.* // J. Phys., 1980, **C13**, 1805—1816.
11. *Grawford, J. H.* // Nucl. Instrum. Meth. in Phys. Res., **B1**, 1984, **229**, № 2—3, 159—165.
12. *Evans, B. D., Stapelbroek, M.* // Solid State Commun., 1980, **33**, 765—770.
13. *Atobe, K., Nishimoto, N., Nakagawa, M.* // Phys. stat. sol. (b), 1985, **9**, 155—162.
14. *Сюрдо А. И., Кортов В. С., Мильман И. И.* // Опт. и спектр., 1987, **62**, № 4, 801—804.
15. *Барышников В. И., Мартынович Е. Ф., Щепина Л. И., Колесникова Т. А.* // Опт. и спектр., 1988, **64**, вып. 2, 455—457.
16. *Winnaker, A., Shelby, R. M., Macfarlane, R. M.* // Opt. Letters, 1985, **10**, 350—353.
17. *Macfarlane, R. M., Genack, A. Z., Brewer, R. G.* // Phys. Rev., 1978, **B17**, 2821—2832.