

05;07;10;11

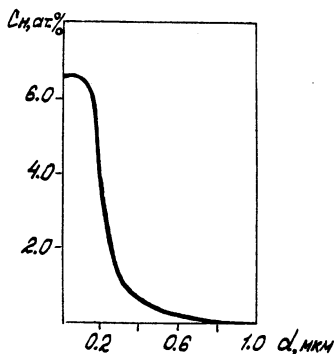
ПРИПОВЕРХНОСТНЫЙ ВОДОРОД В КРИСТАЛЛАХ $\text{Lu}_2\text{SiO}_5\text{-Ce}$

© *Б.В.Шульгин, Ч.Л.Мельчер**, *Ф.Г.Нешов,*
А.В.Кружалов, Т.А.Белых, Е.Г.Голиков

В обзоре [1], представленном Берклиевской лабораторией, отмечено, что силикат лютеция, активированный церием, впервые описанный в работах [2-4], является рекордным "тяжелым" ($\rho = 7.4 \text{ г/см}^3$) эффективным быстрым сцинтиллятором. Актуальным представляется изучение факторов, способных влиять на технические характеристики этого материала, в частности изучение адсорбции газов в приповерхностных слоях (способной влиять на объемную люминесценцию [5]), определение размеров адсорбционного слоя, его состава и т.д. В настоящей работе описаны результаты определения размеров слоя и концентрации приповерхностного водорода, адсорбированного кристаллами $\text{Lu}_2\text{SiO}_5\text{-Ce}$. (На особый характер именно водородсодержащих приповерхностных слоев ряда оксидных кристаллов, в частности LiNbO_3 , указано в обзоре [6]).

Кристаллы $\text{Lu}_2\text{SiO}_5\text{-Ce}$ (0.1%) (от фирмы Шлюмберже-Долл) имели размеры $7 \times 8 \times 9$ мм. Одна из граней 8×9 мм была отполирована, остальные грани кристалла после его резки на алмазном диске не обрабатывались. Для определения содержания водорода в приповерхностных слоях полированной и необработанных граней кристалла $\text{Lu}_2\text{SiO}_5\text{-Ce}$ использовали метод ядер отдачи [7]. Применяли пучок ионов гелия с энергией 4.6 МэВ, ускоренных на циклотроне У-120 Уральского государственного технического университета. Образец $\text{Lu}_2\text{SiO}_5\text{-Ce}$ устанавливали в специальной вакуумной камере. Угол регистрации ядер отдачи составлял 30° . Регистрацию ядер отдачи (водорода) осуществляли с помощью спектрометра с поверхностно-барьерным полупроводниковым детектором. В исследовательской камере для полупроводникового детектора предусмотрена установка Al-поглотителя, осуществляющего селекцию ядер водорода, упруго рассеянных поверхностью кристалла на фоне ядер гелия. Была также осуществлена защита полупроводникового детектора от возможного воздействия яркой

* Ч.Л. Мельчер — ведущий научный сотрудник фирмы Шлюмберже-Долл (C.L. Melcher. Schlumberger-Doll Research, Old Rd., Ridefield, ST006877-4108, USA.)



Профиль распределения примеси водорода в приповерхностных слоях кристалла $\text{Lu}_2\text{SiO}_5\text{-Ce}$.

сиреневой альфа-радиолюминесценции образца $\text{Lu}_2\text{SiO}_5\text{-Ce}$ (370–485 нм, максимум при 390–425 нм), возбуждаемой циклотронным пучком.

Концентрацию атомов водорода оценивали с помощью относительного способа измерения. Эталонем при этом служила пленка лавсана (майлара) $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4$ ($\rho = 1.39 \text{ г/см}^3$), содержащая водород с равномерной по всему объему известной концентрацией. Такая методика определения концентрации атомов водорода по ядрам отдачи является общепризнанной в мировой практике [7].

Концентрационный профиль атомов водорода, полученный расчетным путем на основании экспериментальных данных о спектре ядер отдачи, приведен на рисунке для полированной грани кристалла $\text{Lu}_2\text{SiO}_5\text{-Ce}$. Как видно из рисунка, концентрация адсорбированного в приповерхностных слоях водорода оказалась равной ~ 6 ат. % вплоть до глубин до 0,3 мкм. Содержание водорода в приповерхностных слоях необработанных граней кристалла $\text{Lu}_2\text{SiO}_5\text{-Ce}$ оказалась несколько больше, до 7–8 ат. % на глубинах до 0,3–0,5 мкм. (Это достаточно высокие концентрации: $10^{21}\text{--}10^{22}$ атомов/ см^3). Как видно из рисунка, водород в значительных концентрациях обнаруживается на глубинах до 1 мкм. Чувствительность метода (при действующем приборном оснащении и энергии зондирующего пучка) не позволяет анализировать содержание водорода на глубинах, больших чем 1 мкм. Оценки, однако, показывают, что содержание водорода в приповерхностных слоях кристалла $\text{Lu}_2\text{SiO}_5\text{-Ce}$ (в приближении экспоненциального профиля распределения водорода по глубине) может быть ощутимым и на больших глубинах, вплоть до 3–5 мкм, и составлять там $10^{16}\text{--}10^{18}$ атомов/ см^3 . Применяемый нами метод ядер отдачи (водорода) не несет информации о хи-

мическом состоянии обнаруживаемого водорода, который при адсорбции на поверхности кристалла $\text{Lu}_2\text{SiO}_5\text{-Ce}$ может вступать в реакцию с веществом основы и образовывать примесные фазы и отдельные молекулы новых соединений типа перекисей, гидроксидов, гидридов или более сложных фаз типа $\text{Lu}_{2-x}\text{H}_{3x}\text{SiO}_5$ (по аналогии с известными фазами приповерхностного водорода в ниобате лития типа $\text{Li}_{1-x}\text{H}_x\text{NbO}_3$ [6]). Для этого требуются дополнительные исследования. Необходимы также исследования в плане анализа поверхности $\text{Lu}_2\text{SiO}_5\text{-Ce}$ на примеси других газов, поскольку при сосуществовании системы кристалл Lu_2SiO_5 — атмосфера обмен между газом и твердым телом может приводить к адсорбции на поверхности кристалла не только водорода, но и других газов, в частности азота, углекислого газа с образованием нитритов и карбонатов в приповерхностных слоях. Так как кристаллы $\text{Lu}_2\text{SiO}_5\text{-Ce}$ предназначены для работы в полях ионизирующих излучений, необходимо учитывать перечисленные выше факторы, поскольку они могут оказывать влияние на процессы радиолиза поверхности и на процессы радиолюминесценции.

В заключение авторы благодарят Г.И. Сметанина, А.В. Шмидта, Ю.Д. Мишарина и А.Г. Волкова за помощь в проведении экспериментов на циклотроне.

Список литературы

- [1] *Derenzo S.E., Moses W.W.* // Proceedings of the "Crystal 2000" international Workshop. 1993. P. 125-135.
- [2] *Шульгин Б.В., Викторов Л.В., Волков А.Р.* и др. Свердловск: изд. Урал. политехн. ин-та. 1990. Деп. ВИНТИ. 1990. № 3570. 13 с.
- [3] *Викторов Л.В., Скориков В.М., Жуков В.М., Шульгин Б.В.* // Неорганические материалы, 1991. Т. 27. № 10. С. 2005-2029.
- [4] *Melcher C.L., Schweitzer J.S.* // IEEE Trans. Nucl. Sci. 1992. V. NS-39. P. 502-505.
- [5] *Александров А.Б., Алукер Э.Д., Васильев И.А.* и др. Введение в радиационную физико-химию поверхности щелочно-галоидных кристаллов. Рига: Зинатне, 1989. 245 с.
- [6] *Сергеев А.Н.* Приповерхностный водород в анионодефицитных оксидах (по данным отечественной и зарубежной печати). М., 1990. 50 с. (Обзоры по электронной технике. Сер. 6. Материалы. В. 10 (1575)/ЦНИИ "Электроника").
- [7] *Чернов И.П., Шадрин В.Р.* Анализ содержания водорода и гелия методом ядер отдачи. М.: Энергоатомиздат, 1988. 128 с.

Уральский государственный
технический университет

Поступило в Редакцию
3 января 1996 г.