ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ САПФИРА, ОБЛУЧЕННЫХ ИОННЫМ ПУЧКОМ Kr^{19+}

Костылев В. Е.[1], Ананченко Д.В.[1], Никифоров С.В.[1], Карипбаев Ж. Т.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан
E-mail: kostilevvi@gmail.com

LUMINESCENT PROPERTIES OF SAPPHIRE SINGLE CRYSTALS IRRADIATED WITH Kr^{19+} ION BEAM

Kostylev V. E.[1], Ananchenko D.V.[1], Nikiforov S.V.[1], Karipbaev Zh.T.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] L.N.Gumilyev Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

The optical properties and luminescence of sapphire irradiated with Kr^{19+} (145 MeV) ion beam were studied. The ion irradiation leads to the F, F+, and F2 centers formation in sapphire. Nonmonotonic dependence of the optical absorption of F-type centers on the ion irradiation dose was found.

Монокристаллический сапфир обладает высоким электрическим сопротивлением (10^{14} Ом·м), благодаря чему широко используются в качестве диэлектрического материала при производстве интегральных микросхем [1]. Повышенная стойкость к радиации позволяет использовать его при производстве интегральных микросхем, работающих на АЭС и в космосе [2]. Известно, что воздействие тяжелых заряженных частиц на твердые тела приводит к генерации в облучаемом слое механических напряжений, радиационных дефектов, которые влияют на функциональные свойства материалов. Облучение сапфира ионами с энергией выше пороговой может приводить к образованию в нем точечных дефектов по Френкелю, представляющих собой пару, состоящую из катионной (анионной) вакансии и межузельного катиона (анион). Анионные вакансии могут захватывать электроны, образуя дефекты F-типа [3], которые во многом определяют люминесцентные и оптические свойства сапфира. Целью данной работы является изучение радиационных дефектов, образующихся в сапфире при облучении высокоэнергичными ионами Kr^{19+} (145 МэВ), люминесцентными и оптическими методами.

Были исследованы оптически прозрачные монокристаллы сапфира (содержание примесей Ti и Cr не превышало 0,5 ppm). Облучение ионами Kr^{19+} (145 МэВ) осуществлялось на ускорительном комплексе DC-60 (Казахстан, г. Нур-Султан), значения флюенсов составляли 10^{17} ион/м^2, $5\cdot10^{17}$ ион/м^2, 10^{18} ион/м^2. Было произведено моделирование ионного облучения с использованием программы TRIM, в результате которого определен средний пробег ионов Kr^{19+} в сапфире, который

составлял 12,1 мкм. Были рассчитаны дозы, поглощенные образцами при ионном облучении: 48, 240 и 480 МГр. Спектры оптического поглощения (ОП) регистрировались с использованием двухлучевого спектрофотометра Lambda 35 в спектральном диапазоне от 190 до 900 нм. Спектры фотолюминесценции (ФЛ) регистрировались спектрометром LS-55 (ФЭУ R928). Возбуждение ФЛ осуществлялось ксеноновой лампой (150 Вт).

Установлено, что ионное облучение приводит к возникновению дефектов, поглощающих свет в диапазоне энергий от 4 до 6,5 эВ. Для идентификации радиационных центров, образующихся при облучении, было произведено разложение на Гауссианы радиационно-индуцированного оптического поглощения (RIOD) (Рисунок 1a), являющегося разностью спектра оптического поглощения облученного и необлученного кристалла. Были обнаружены полосы поглощения, связанные с F-центром (5,9 эВ), F^+-центров (5,4, 4,8 эВ) и F_2-центрами (4,2 эВ).

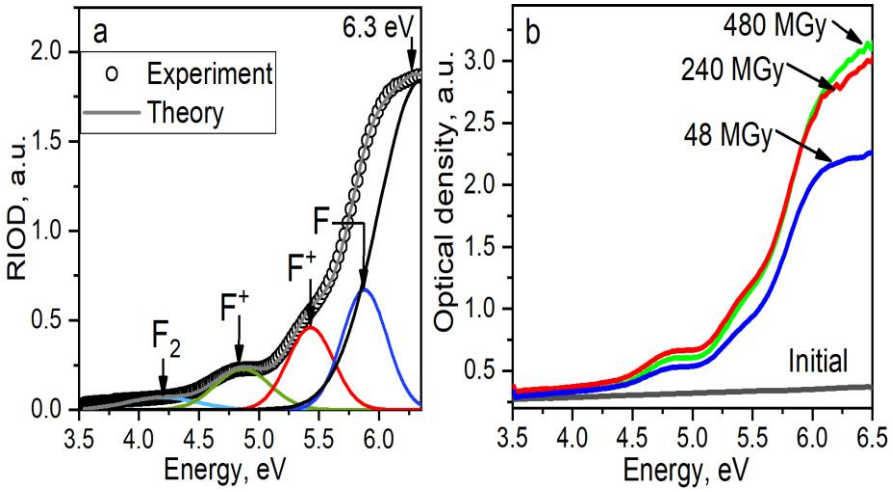

Рис. 1. Спектры ОП сапфира, облученного различными дозами Kr19+ (a), и разложение радиационно-индуцированного ОП на Гауссианы (доза 240 МГр) (b)

Принадлежность полосы поглощения при 6,2 эВ к определенному центру однозначно не установлена, есть мнение, что данная полоса может быть связана с F^+-центром [4]. Обнаружена немонотонная зависимость оптического поглощения обнаруженных центров F-типа от дозы ионного облучения. Поглощение растет до 240 МГр, а затем при 480 МГр падает. Полученное немонотонное поведение было также подтверждено методом ФЛ.

1. Dobrovinskaya E. R., Lytvynov L. A., Pishchik V. Sapphire: material, manufacturing, applications, Springer Science & Business Media (2009)
2. Белоус А., Солодуха В., Шведов С. Космическая электроника. Книга 1, Техносфера (2015)
3. Evans B. D., Journal of nuclear materials, 219, 202-223 (1995)
4. Вайнштейн И. А., Кортов В. С., Физика твердого тела, 42, 7, 1223-1229 (2000)