

Обогащенный вариант BF_3 до 50% по B^{10} может быть использован в качестве дополнительной аварийной защиты установки, на случай частичного или полного отказа работы аварийной защиты. В данном случае BF_3 будет выполнять роль компенсирующего материала и системы охлаждения, что позволит избежать внештатных аварийных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимов Н.Г., Кодочигов Н.Г., Кузнецов Л.Е., Петрунин В.В., Пономарев-Степной Н.Н., Сухарев Ю.П. ВТГР - Новые перспективы ядерной энергетики // Атомная энергия, Т. 129, № 1, 2020, С. 51-53.
2. Hidayatullah H., Susyadi S., Subki M. H. Design and technology development for small modular reactors - Safety expectations, prospects and impediments of their deployment // Progress in Nuclear Energy, Vol. 79, 2015, pp. 127-135.
3. Shamanin I.V., Chertkov Y.B., Bedenko S.V., Mendoza O., Knyshev V.V., Grachev V.M. Neutronic properties of high temperature gas cooled reactors with thorium fuel // Annals of Nuclear Energy, 2018, Vol. 113, pp. 286-293.
4. Desai, S.S., Rao, M.N. Drift of electrons and performance of BF_3 filled neutron proportional counters // AIP Conference Proceedings Vol. 1832, 2017.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ СВЕТОДИОДОВ НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОСТРУКТУР AlGaAs К ВОЗДЕЙСТВИЮ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Ф.Ф. Жамалдинов, А.В. Градобоев, К.Н. Орлова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: zhamaldinovff@tpu.ru

В настоящее время светодиоды (СД) нашли применение в различных областях науки и техники. При использовании СД в сферах атомной, космической и военной промышленности к параметрам надежности и радиационной стойкости уделяется особое внимание, так как эти устройства очень часто эксплуатируются в жестких условиях. Воздействие нейтронного облучения существенным образом меняет структуру и свойства полупроводниковых материалов [1 - 3]. Таким образом, исследование влияния нейтронного облучения на светотехнические и электрофизические характеристики СД является, несомненно, актуальным.

В качестве объектов исследований в работе использованы промышленные СД на основе двойных гетероструктур AlGaAs , имеющих различную технологию выращивания. СД исследовались в различных режимах питания: пассивный и активный режим с пропусканием рабочего тока при облучении. Для оценки надежности светотехнических параметров СД исследовали ватт-амперную характеристику (ВтАХ) и вольт-амперную характеристику (ВАХ) [4]. Измерение ВтАХ и ВАХ СД выполнялось на автоматизированном измерительном комплексе на основе фотометрического шара. Облучение нейтронным излучением проводилось с помощью ядерного реактора на быстрых нейтронах BARS-4. Уровень воздействия быстрых нейтронов характеризовали флюенсом нейтронов F_n [n/cm^2].

Результаты показали, что технология выращивания гетероструктур СД является основным фактором, определяющим радиационную стойкость прибора. Выявлены две характерные стадии снижения мощности, имеющие собственные коэффициенты повреждаемости. Режим питания СД при облучении нейтронами практически не изменяет форму ВтАХ и ВАХ . В активном режиме при облучении нейтронами ($F_n \leq 1,5 \cdot 10^{12} \text{n}/\text{cm}^2$) наблюдается скачкообразное возрастание мощности излучения СД, что приводит к уменьшению коэффициентов повреждаемости и, соответственно, к увеличению стойкости СД. Возрастание мощности вероятно обусловлено радиационно-стимулированным отжигом локальных механических напряжений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Claes C., Simoen E. Radiation effects in advanced semiconductor materials and devices // Springer Series in Materials Science. – 2002. – Vol. 57. – 351 p.

2. Mukherjee B. et al. Application of low-cost Gallium Arsenide light-emitting-diodes as kerma dosimeter and fluence monitor for high-energy neutrons // Radiation Protection Dosimetry. – 2007. – Т. 126. – №. 1-4. – С. 256-260. DOI: 10.1093/rpd/ncm053
3. Weide-Zaage K., Chrzanowska-Jeske M. Semiconductor devices in harsh conditions // CRC Press. – 2016. – 256 p. DOI:10.1201/9781315368948
4. Gradoboev A.V., Simonova A.V., Orlova K.N. Influence of irradiation by ^{60}Co gamma-quanta on reliability of IR-LEDs based upon AlGaAs heterostructures // Physica status solidi. – 2016. – V. 13. – №. 10-12. – pp. 895-902. DOI:10.1002/pssc.201600035

РОЛЬ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ МО В СТОЙКОСТИ К ОКИСЛЕНИЮ ЦИРКОНИЕВОГО СПЛАВА ZR-1NB С ПОКРЫТИЕМ Cr/Mo

А.В. Абдульменова, Ю. Р. Мингазова, М.С. Сыртанов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: ava75@tpu.ru

Введение. Многие ученые рассматривают хром в качестве защитного покрытия, которое будет предотвращать окисление циркониевых сплавов при авариях с потерей теплоносителя [1]. Однако при высоких температурах возрастает диффузия Cr в Zr с образованием эвтектики с $T_{\text{пл}}=1332$ °С. Ранее в работе была показана эффективность использования двухслойного Cr/Mo покрытия на подавление диффузии хрома в циркониевый сплав [2]. Целью настоящей работы является исследование влияние текстуры молибдена на коррозионную стойкость циркониевого сплава с Cr/Mo покрытием.

Материалы и методы. Покрытия Cr (8 мкм)/Mo (3 мкм) и Cr (8 мкм) были нанесены на циркониевый сплав методом магнетронного распыления. Подслой Mo с первой текстурой (Mo-1) был сформирован с помощью использования одиночного магнетронного распыления, со второй (Mo-2) – дуального магнетронного распыления. Высокотемпературные испытания проводились при нагреве на воздухе до 1100 °С с последующей изотермической выдержкой в течение 15 и 60 минут. Анализ микроструктуры образцов был проведен с помощью СЭМ TESCAN MIRA3.

Результаты. Непокрытый циркониевый сплав имеет наибольший привес на протяжении всего времени окисления. Прирост массы Cr/Mo-1 увеличивался с 3 (15 минут) до 14 мг/см² (60 минут), а для Cr/Mo-2 с 5 до 15 мг/см². Нанесение Cr покрытия снижает привес в ~3-4 раза в сравнении с двухслойным покрытием, и на один порядок в сопоставлении к непокрытой подложке. Интенсивное окисление непокрытой части образца привело к разнице коррозионных привесов образцов с покрытиями. Анализ СЭМ изображений показал, что увеличение времени окисления приводит к росту внешнего оксидного слоя Cr₂O₃ и росту междуфузионного слоя Cr-Zr. В случае покрытий Cr/Mo-1 и Cr/Mo-2 толщина Cr₂O₃ примерно соответствует толщине для образца без барьерного покрытия, однако толщина остаточного хрома больше. Междиффузионный слой Cr-Mo у Cr/Mo-2 больше в отличие от Cr/Mo-1, что указывает на более активную диффузию для данной ориентации кристаллитов.

Заключение. Мо ограничивает образование слоя Cr-Zr при высокотемпературном окислении с толщиной остаточного хрома большей. Толщина слоя Cr-Mo больше в случае Cr/Mo-2, что привело к увеличению привеса. Толщины Cr₂O₃ однослойного и двухслойных покрытий схожи. Ввиду этого, подслои Mo оказывают незначительное влияние на стойкость к окислению Cr покрытия.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ, проект № 21-79-00175.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Park D. J., Kim H. G., Jung Y., Park J. H., Yang J. H., Koo Y. H. Behavior of an improved Zr fuel cladding with oxidation resistant coating under loss-of-coolant accident conditions // Journal of Nuclear Materials. – 2016. – Vol. 482. – P. 75-82.