

УЛЬТРАТОНКИЙ ЭЛЕКТРОННО-БЛОКИРУЮЩИЙ ОКСИД АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ИК СВЕТОДИОДА НА КОЛЛОИДНЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧКАХ PbS

Туровец У.Е., Позняк А.А., Голосов Д.А., Тумилович А.А., Плиговка А.Н.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Беларусь*

Актуальной проблемой современных тонкопленочных ИК светодиодов является неравновесный транспорт носителей заряда в активную область. Эффективная рекомбинация происходит при сопоставимой концентрации электронов и дырок. Такое условие может быть достигнуто путем введения специального блокирующего или инжектирующего слоя [1]. В качестве эффективного электронно-блокирующего слоя (ЭБС) может быть использован ультратонкий слой оксида алюминия (ОА) [2]. Однако влияние толщины такого слоя на эффективность ИК светодиода ранее не было исследовано.

В данной работе методом атомно-слоевого осаждения (АСО) были сформированы ЭБС различной толщины и исследовано их влияние на яркость, внешнюю квантовую эффективность (ВКЭ) и временную стабильность ИК светодиода.

Методом АСО (ALD Thin Film Deposition System from Kurt J. Lesker Company) в тестовых структурах ИК светодиода на коллоидных квантовых точках (ККТ) PbS были сформированы два ЭБС ОА толщиной 1,5 и 3 нм. В качестве контрольной группы использовали структуру без ЭБС. Температура поверхности составляла 100°C, в качестве источника алюминия использовался триметилалюминий, а в качестве источника кислорода – вода. Толщина слоя определялась по количеству циклов и известной скорости осаждения, которая составляла $\sim 1 \text{ \AA} \cdot \text{цикл}^{-1}$.

Структура тестового ИК светодиода представляла собой следующую последовательность слоев: стеклянная подложка с ITO 70–80 нм, оксид цинка 25–30 нм, ЭБС ОА 1,5 или 3 нм, слой ККТ PbS $\sim 47,5$ нм, органический полимер 4,4'-бис(карбазол-9-ил) бифенил 60 нм, оксид молибдена 3 нм и электрод из золота 100 нм.

В структуре без ЭБС максимальная яркость составляла $2,14 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1}$, а максимальное значение ВКЭ – 0,1%. Во всех трех структурах пик электролюминесценции находился на длине волны 1300 нм, что соответствует ближнему ИК диапазону. Анализ структур с ЭБС показал значительное улучшение характеристик ИК светодиода. Максимальная яркость структуры была достигнута при использовании ЭБС толщиной 1,5 нм и составила $7,42 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1}$, структура с ЭБС ОА 3 нм показала величину яркости $4,5 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1}$. Для ЭБС 1,5 и 3 нм максимальное значение ВКЭ-характеристики не показало значительного улучшения и составляла $\sim 0,2\%$. ИК светодиод с ЭБС 1,5 и 3 нм оставался стабильным более 144 часов при отклонении пиковой яркости не более чем на 10%.

Таким образом, экспериментально полученные результаты показывают, что использование ЭБС ОА позволяет увеличить яркость устройства до $7,42 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1}$ без ухудшения ВКЭ и временной стабильности. Дальнейшие исследования по повышению эффективности ИК светодиодов на ККТ PbS путем введения в конструкцию ЭБС приближают возможность их коммерциализации. Применение таких светодиодов позволило бы найти, экономичную замену твердотельным ИК светодиодам в приборных приложениях устройств ночного видения и волоконно-оптической связи.

Библиографические ссылки

1. Cao W. et. al. / Nat. Comm. 2018. Vol. 9. P. 2608.
2. Marus M. et. al. / Appl. Phys. Lett. 2020. Vol.116 (19). P. 191103-1–191103-6.