

УДК 628.9.038

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ДИНАМИКУ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА ВКЛЮЧЕНИЙ БРОМИДОВ В СОСТАВ ПЕРОВСКИТА

Бодяго Е.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Гец Д.С.
(Университет ИТМО)

Введение. Светоизлучающие электрохимические ячейки на основе перовскита – это эффективные, недорогие в изготовлении устройства с простой архитектурой, включающей в себя излучающий слой, заключенный между двумя электродами. Однако короткий срок эксплуатации таких устройств серьезно затрудняет их практическое использование. Отсутствие стабильности работы светодиодов на основе перовскита обусловлено деградацией в процессе эксплуатации, возникающей из-за наличия дефектов в структуре, приводящих к усилению безызлучательной рекомбинации [1]. Таким образом, улучшение качества тонких пленок перовскита и подбор композиционного состава излучающего слоя важно для достижения стабильной работы устройств.

Основная часть. Светоизлучающие устройства на основе перовскитов привлекли большое внимание в последние годы из-за быстрого прогресса в повышении эффективности устройств [2],[3]. Но изготовление стабильных устройств на основе перовскита, готовых к дальнейшей коммерциализации, является сложной задачей ввиду наличия и возникновения дефектов в структуре перовскита в процессе работы устройства. Для получения стабильно работающего устройства необходимо провести исследование композиционного состава перовскит-полимерной композиции для подавления дефектов в структуре перовскита. Поиск новых методов пассивации дефектов и улучшение параметров светоизлучающих устройств на основе перовскита является актуальной задачей в научном сообществе, о чем свидетельствуют многочисленные публикации в высокорейтинговых журналах.

Архитектура изготавливаемых светоизлучающих устройств состоит из трех функциональных слоев. Излучающий слой представляет собой перовскит-полимерную композицию, заключенный между двумя электродами, ITO и алюминием соответственно. Устройства с такой архитектурой называют светоизлучающими электрохимическими ячейками (LEC). Люминесцентным компонентом в излучающем слое является перовскит CsPbBr_3 , добавление полиэтилен оксида (ПЭО) необходимо для получения сплошного покрытия с хорошей морфологией [4] и для обеспечения миграции ионов. Анализ пассивации посредством добавления ПЭО осуществляется на основе измерений мощностной зависимости квантового выхода фотолюминесценции для пленок с различным соотношением перовскита и полимера. Мы наблюдаем рост квантового выхода фотолюминесценции с увеличением количества ПЭО, что указывает на пассивацию дефектов на границах зерен перовскита. Однако увеличение количества полимера приводит к повышению сопротивления перовскит-полимерного слоя, что ухудшает параметры светоизлучающего устройства. Данные рассуждения позволяют выбрать оптимальное соотношение между перовскитом и полимером для дальнейшей работы над светоизлучающими устройствами.

Одним из важных типов дефектов в перовските считаются несоординированные связи свинца. Такие дефекты называют дефектами мелкого уровня, возникающие из-за внутренних дефектов тригалогенида свинца [5]. Обычно для их подавления рассматривают введение бромидов, например CsBr или KBr [6], которые были рассмотрены в данной работе. Обе добавки могут встраиваться в кристаллическую структуру перовскита так как содержат бром, который может сокращать вакансии галогена в решетке и уменьшать несоординированные связи свинца. Но два разных состава демонстрируют отличные оптические и транспортные свойства, что критически сказывается на работе устройств.

В двух рассмотренных композициях наблюдается увеличение квантового выхода фотолюминесценции относительно исходного состава, что свидетельствует об уменьшении

количества дефектов в слое перовскита. Более того, добавление 5% избытка CsBr приводит к двукратному увеличению квантового выхода и снижению порога спонтанной усиленной люминесценции, что важно для дальнейшего использования данного материала в качестве активной среды в лазерах. Однако исследование транспортных свойств полученных пленок, показало, что в случае 5% избытка CsBr получается достаточно резистивный слой и при этом необходимая для работы устройств p-i-n структура не формируется. В случае же пленки с добавлением KBr в состав перовскита электрические параметры устройства практически сохраняются. Но самое главное, что из вольт-фарадных характеристик наблюдается сокращение дефектов, негативно влияющих на работу устройства, что позволяет увеличить время работы устройства.

Выводы. В данной работе мы исследовали влияние двух различных пассивирующих добавок в составе перовскита на оптические свойства тонких слоев перовскит-полимерной композиции и на работу светоизлучающих устройств на их основе. Обе рассмотренные добавки приводят к улучшению оптических свойств полученных тонких слоев, но эти две композиции обладают разными транспортными свойствами.

Образец с избытком CsBr в составе перовскит-полимерной композиции демонстрирует наибольший квантовый выход фотолюминесценции при различных мощностях, что указывает на наименьшую концентрацию дефектов в решетке перовскита; при этом порог возникновения усиленной спонтанной люминесценции снижается. В то же время этот слой не демонстрирует формирования p-i-n структуры при использовании в светоизлучающих электрохимических ячейках, что указывает на плохие транспортные свойства этого перовскита.

Добавление 5% KBr также приводит к небольшому увеличению квантового выхода фотолюминесценции по сравнению с исходным перовскитом, что свидетельствует об уменьшении дефектности структуры, но в меньшей степени, чем при добавлении CsBr. В отличие от образца с добавлением CsBr данная композиция продемонстрировала хорошие характеристики при использовании в качестве излучающего слоя в электрохимических ячейках. Добавление 5% KBr не повлияло на формирование p-i-n структуры и привело к уменьшению дефектности, что также подтвердилось вольт-фарадными характеристиками.

Список использованных источников:

1. Woo S. J., Kim J. S., Lee T. W. Characterization of stability and challenges to improve lifetime in perovskite LEDs //Nature Photonics. – 2021. – Т. 15. – №. 9. – С. 630-634.
2. Yan F., Demir H. V. LEDs using halide perovskite nanocrystal emitters //Nanoscale. – 2019. – Т. 11. – №. 24. – С. 11402-11412.
3. Yantara N. et al. Inorganic halide perovskites for efficient light-emitting diodes //The journal of physical chemistry letters. – 2015. – Т. 6. – №. 21. – С. 4360-4364.
4. Xu T. et al. Poly (ethylene oxide)-assisted energy funneling for efficient perovskite light emission //Journal of Materials Chemistry C. – 2019. – Т. 7. – №. 27. – С. 8287-8293.
5. Kim J., Chung C. H., Hong K. H. Understanding of the formation of shallow level defects from the intrinsic defects of lead tri-halide perovskites //Physical Chemistry Chemical Physics. – 2016. – Т. 18. – №. 39. – С. 27143-27147.
6. Byranvand M. M., Saliba M. Defect passivation of perovskite films for highly efficient and stable solar cells //Solar RRL. – 2021. – Т. 5. – №. 8. – С. 2100295.