

УДК 620.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДВИЖНОСТИ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В СЛОЯХ НАНОКРИСТАЛЛОВ ПЕРОВСКИТА ДЛЯ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Корженевский Ю.Г. (Университет ИТМО), Бабаев А.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н., доцент Парфёнов П.С.

(Университет ИТМО)

Исследована подвижность носителей заряда в слоях нанокристаллов перовскита MAPbI_3 , в том числе изменение подвижности во времени. Установлено, что в течение суток характер транспорта носителей заряда меняется в сторону электронной проводимости. Подтверждено наличие амбиполярной проводимости, что позволяет в будущем реализовать схему светоизлучающего транзистора на основе данного перовскита.

Введение. Перовскиты являются перспективными полупроводниками для использования в светоизлучающих транзисторах (СИТ), и в последние годы было разработано и продемонстрировано несколько видов таких транзисторов, в том числе и с использованием свойства амбиполярной проводимости некоторых перовскитов. СИТ обладают некоторыми преимуществами по сравнению со светодиодами, такими как высокая плотность носителей заряда, контролируемая сила тока, различные схемы инжекции заряда и излучения, что приводит к эффективности электролюминесценции, которая может превзойти сопоставимые светодиоды, а амбиполярность позволяет реализовать СИТ без использования вспомогательных транспортных слоев. Данные свойства могут быть привлекательны для модернизации дисплеев с динамической матрицей, устройств оптической связи и лазеров с электрической накачкой.

Основная часть. Слои перовскита MAPbI_3 синтезированы напрямую на кремниевых подложках с электродами, предназначенных для исследования подвижности носителей заряда методом полевого транзистора, проводилась предварительная силанизация подложек с использованием гексаметилдисилазана. Проанализирована подвижность носителей после синтеза и через 24 часа после пребывания на воздухе. Дополнительно сравнивались значения подвижности, полученные по переходной характеристике, со значением, полученным из пересчитанных вольт-амперных кривых, поскольку они меньше подвержены влиянию ловушечных состояний и поляризационным эффектам.

Для свежеприготовленного образца электронная подвижность, рассчитанная по переходной характеристике, составила $4,7 \times 10^{-6} \text{ см}^2/(\text{В} \times \text{с})$, а получить переходную характеристику р-канала не удалось из-за сильной поляризации затвора. В то же время значения подвижности, пересчитанные из ВАХ: значения составили $7,9 \times 10^{-6} \text{ см}^2/(\text{В} \times \text{с})$ и $1,4 \times 10^{-5} \text{ см}^2/(\text{В} \times \text{с})$ для электронов и дырок в n- и p-канальном режиме соответственно. Эти последние значения говорят о наличии амбиполярной проводимости, для реализации преимуществ которой требуется подобрать подходящий режим работы. Разница же значений это показывает необходимость использования другого материала затвора или другого типа силана, поскольку поляризационное влияние интерфейса с затвором занижает измеряемую подвижность электронов вдвое и препятствует измерению дырочной подвижности.

Измеренная через сутки электронная подвижность, рассчитанная по переходной характеристике, составила $3,6 \times 10^{-6} \text{ см}^2/(\text{В} \times \text{с})$, а дырочная – $1,6 \times 10^{-6} \text{ см}^2/(\text{В} \times \text{с})$. Подвижность носителей заряда, рассчитанная по ВАХ, составила электронная $3,3 \times 10^{-5} \text{ см}^2/(\text{В} \times \text{с})$, дырочная $4,6 \times 10^{-6} \text{ см}^2/(\text{В} \times \text{с})$. То есть поляризационное влияние теперь сказывается на регистрации электронной проводимости, которая выросла непропорционально больше чем выросла дырочная проводимость, что свидетельствует об изменении транспортных свойств перовскита и смещении характера проводимости к электронному типу.

Выводы. Показана амбиполярная проводимость у слоёв перовскита MAPbI_3 , что делает его материалом, подходящим для использования в амбиполярных перовскитных СИТ в качестве активного слоя. Было показано, что при пребывании на воздухе характер транспорта носителей заряда меняется в сторону электронной униполярной проводимости. Также важно отметить, что изменение электрических свойств сопровождается и улучшением фотолюминесценции образцов, что можно связать с уменьшением числа акцепторных ловушечных состояний. В дальнейшей перспективе важно найти точные условия напряжения для реализации амбивалентного режима генерации света.