

AlGaAs/GaAs фотоэлектрические преобразователи на основе гетероструктур с вертикально-связанными InGaAs квантовыми точками

С. А. Блохин^{1,2}, А. М. Надточий^{1,2}, Е. С. Шаталина³, А. С. Паюсов³, М. В. Максимов^{1,2,3},
С. А. Минтаиров², Н. А. Калюжный², В. М. Лантратов², Н. Н. Леденцов^{1,2}

¹Санкт-Петербургский физико-технологический научно-образовательный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

²ФТИ им. А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

³АФТУ РАН, Санкт-Петербург, Россия

тел: (812) 297-31-82, эл. почта: blokh@mail.ioffe.ru

Современное развитие солнечной энергетики требует постоянного совершенствования характеристик солнечных элементов, важнейшим параметром которых является эффективность преобразования энергии солнечного излучения. Рекордный коэффициент преобразования энергии $\sim 41\%$, достигнутый для трехкаскадного GaInP/GaAs/Ge солнечного элемента (СЭ), близок к теоретическому пределу (46%) для солнечных элементов на основе III-V гетеросоединений [1], и для дальнейшего существенного повышения эффективности солнечных элементов требуются новые решения. Целью данной работы был анализ перспективности применения гетероструктур на основе квантовых точек (КТ) в СЭ для более эффективного использования спектра солнечного излучения [2].

В ходе предварительных исследований методом спектроскопии фототока были изучены особенности внутризонного поглощения и выявлены механизмы кинетики носителей заряда в массивах КТ в зависимости от их структурно-оптических параметров. Было показано, что вертикально-связанные InGaAs КТ с малой энергией локализации носителей обеспечивают высокий уровень поглощения света и эффективное разделение фотогенерированных носителей из массива КТ. Для исследования фотоэлектрических свойств предложенной поглощающей КТ-среды была изготовлена серия фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) в геометрии стандартного однопереходного AlGaAs/GaAs солнечного элемента с тыльным потенциальным барьером n-AlGaAs и тонким широкозонным окном p-AlGaAs. Показана возможность бездислокационного внедрения InGaAs КТ в i-область ФЭП (далее КТ-ФЭП) без какого-либо ухудшения структурного качества p-n-перехода. Выявлена корреляция между плотностью энергетических состояний КТ и длинноволновой областью спектра fotocувствительности КТ-ФЭП. Благодаря дополнительному поглощению в КТ-среде длинноволновой области солнечного спектра и эффективному разделению фотогенерированных носителей заряда (вследствие формирования минизон) впервые был продемонстрирован $\sim 1\%$ прирост плотности тока короткого замыкания. Однако внедрение КТ-среды в ФЭП приводит к заметному падению (~ 0.2 В) напряжения холостого хода, что в совокупности с слегка меньшим коэффициентом заполнения световой вольтамперной характеристики ограничивает максимальное значение КПД разработанных

КТ-ФЭП на уровне 18,3%. Анализ темновых вольт-амперных характеристик р-п-перехода показал, что при внедрении массива КТ в *i*-область ФЭП ток преимущественно протекает по рекомбинационному механизму с существенно бóльшим значением (в 100-раз) плотности обратного тока насыщения по сравнению с ФЭП без КТ-среды. Вынос массива КТ из *i*-области в базу ФЭП ведет не только к увеличению напряжения холостого хода, но и к уменьшению вклада КТ в итоговый фототок, и даже к заметной деградации спектральной чувствительности прибора в видимой области спектра, что свидетельствует о падении качества сбора и разделения носителей в базе. Таким образом, падение напряжения холостого хода и КПД в КТ-ФЭП связано с излучательной рекомбинацией в узкозонном материале InGaAs КТ. В тоже время, применение распределенных Брэгговских отражателей вместо тыльного потенциального барьера AlGaAs позволяет не только уменьшить падение напряжения холостого хода, но и увеличить вклад КТ в ток короткого замыкания.

Работа была поддержана в разных частях госконтрактом Рособразования, грантом СПБНЦ РАН и программой фундаментальных исследований Президиума РАН.

Литература

1. R. R. King et. al. , Proc. of the 23th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Valencia, Spain (2008) pp. 24-29
2. V. Aroutiounian et. al. , J. Appl. Phys. 89, 2268 (2001)