Применение Ge(Si) самоформирующихся наноструктур для создания эффективных солнечных элементов на основе тонкого кристаллического кремния

А.В. Новиков¹⁾, М.В. Шалеев¹⁾, Д.В. Юрасов¹⁾, Н.А. Байдакова¹⁾, Е.Е. Морозова¹⁾, Y. Ota²⁾,
V.H. Nguyen²⁾, K. Gotoh²⁾, Y. Kurokawa²⁾, N. Usami²⁾

¹ Институт физики микроструктур РАН, Нижний Новгород, 603950, ГСП-105

² Nagoya University, Nagoya, Japan, 464-8603, Furocho, Chikusa-ku,

тел.: +7 (831) 417-9480, факс: +7 (831) 417-9474, эл. почта: anov@ipmras.ru

DOI 10.34077/RCSP2019-121

Необходимым условием для развития современной солнечной энергетики является понижение стоимости солнечных элементов (СЭ) на основе кремния при сохранении их высокой эффективности. Одним из путей снижения стоимости СЭ является уменьшение толщины используемых пластин кристаллического Si (с-Si) до толщин 100 мкм и менее. В данной работе представлены результаты исследований возможности использования Ge(Si) самоформирующихся наноструктур для увеличения эффективности СЭ на основе тонкого с-Si за счет текстурирования его поверхности.

Для текстурирования поверхности Si использовались полученные методом МПЭ Ge(Si) самоформирующиеся наноструктуры, которые выступали в качестве маски для анизотропного травления Si. Подробно методика текстурирования поверхности Si с помощью Ge(Si) наноструктур представлена в [1]. Преимуществом предлагаемого метода текстурирования поверхности СЭ является малая (< 1 мкм) толщина удаляемого при этом слоя Si, которая значительно меньше толщины в 5-10 мкм, удаляемой при стандартно используемой в настоящее время процедуры текстурирования поверхности Si за счет его травления в КОН. Выполненные сравнительные исследования спектральной зависимости коэффициента поглощения в тестовых образцах (без текстурирования) и в пластинах различной толщины с текстурированной поверхностью продемонстрировали, что разработанный метод создания микрорельефа на поверхности Si может быть использован для существенного увеличения доли поглощаемого излучения (рис. 1а). Это, как следствие, ведет к росту максимально достижимых значений плотностей тока в СЭ, формируемых на тонких текстурированных пластинах с-Si (рис. 1б).

Рисунок 1. (а) Спектральные зависимости поглощения в структурах с текстурированной и не текстурированной поверхностью для образцов, сформированных на подложках Si(001) толщиной 100 (сплошная линия) и 200 мкм (штриховая линия). (б) Соответствующие значения рассчитанной плотности тока короткого замыкания для данных структур.

В работе на Si пластинах различной толщины, с поверхностью, текстурированной с использованием развитой методики, были созданы и исследованы Heterojunction with Intrinsic Thin layer (HIT) СЭ. При формировании HIT СЭ осаждение слоев аморфного Si осуществлялось методом плазмохимического осаждения из газовой фазы. Была выполнена оптимизация основных параметров СЭ от условий роста и параметров структур с Ge(Si) островками, а также от условий формирования текстурированной поверхности. Показано, что фактор заполнения и КПД для HIT СЭ, сформированных на с-Si пластинах с текстурированной поверхностью, значительно выше, чем в СЭ, созданных на исходных с-Si пластинах. Таким образом, продемонстрирована возможность применения Ge(Si) островков для увеличения эффективности СЭ на основе Si, в том

числе и на тонких пластинах с-Si, за счет текстурирования их поверхности.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-52-50008_ЯФ_а) и Japan Society of Promotion Science (JSPS).

Литература

[1] D.V. Yurasov, A.V. Novikov, M.V. Shaleev et al. // Materials Science in Semiconductor Processing. 2018. V.75, P.143.