Влияние эффекта Пельтье на границе BSM– Si(Mn), содержащей пористость, на процесс инжекции носителей заряда

В.В. Ключковская¹⁾, А.С. Орехов¹⁾, Т.С. Камилов²⁾, А.С. Рысбаев²⁾, К.К. Курбаналиев²⁾

¹⁾ Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, 119333, Москва, Ленинский просп., 59, Россия

²⁾ Ташкентский государственный технический университет, 100095, Ташкент, ул. Университетская 2, Узбекистан

тел: +7 (499) 135-3500, эл. почта: klechvv@ns.crys.ras.ru

DOI 10.34077/RCSP2019-144

Исследование электрических и фотоэлектрических свойств кремния, легированного марганцем (Si<Mn>), проводилось в течение длительного времени [1]. В дальнейшем изучались физико-химические процессы, происходящие в приповерхностном слое и в объемной части кремния при диффузионном легировании марганцем из паровой фазы. Было показано, что при диффузии Mn в Si на поверхности кремния происходит образование высшего силицида марганца (BSM) Mn_4Si_7 .

Исследуемые диоды Mn_4Si_7 -Si<Mn>- Mn_4Si_7 и Mn_4Si_7 -Si<Mn>-M изготавливали с помощью диффузионного легирования кремния марки КДБ–10 марганцем. Параметры исследуемой гетероструктуры при $T = 300$ К: слой BSM (Mn_4Si_7) имеет толщину 7 – 10 мкм, проводимость $\sigma \approx 20$ (Ом · см)⁻¹, p -типа с концентрацией носителей $\sim 10^{19} - 10^{20}$ см⁻³; база структуры Si<Mn> проводимостью i -типа с концентрацией носителей $10^{11} - 10^{12}$ см⁻³; площадь токовых контактов BSM и M – $2 \cdot 10^{-2}$ см²; длина базовых областей – от 0,3 до 1 см. Контакт (M) создавался путем нанесения сплавов NiGa или AlGa. Электрические и фотоэлектрические характеристики структур снимались непосредственно в жидком азоте, а также в специальном криостате. В качестве источника света использовался арсенид галлиевый светодиод, интенсивность излучения которого регулировалась заданием прямого тока диода. Переходная область структуры и ее элементный состав на границе раздела BSM – Si<Mn> исследовалась методами электронной дифракции и электронной микроскопии. При измерении Фото-ВАХ установлено, что при значениях фототока $I_{\phi} \sim 4 \cdot 10^{-4}$ А происходило пузырьковое кипение жидкого азота, а при токах свыше $I_{\phi} \geq 10^{-3}$ А происходило пленочное кипение на приграничной области контакта, т.е. на границе раздела Mn_4Si_7 и Si<Mn>. Методом фокусированного ионного пучка галлия Ga^+ был приготовлен поперечный срез пленки BSM на подложке кремния. Методом сканирующей электронной микроскопии выявлено наличие пористого слоя вдоль границы раздела Mn_4Si_7 и Si<Mn>. Расстояние между порами в среднем составляло $t \sim 1-1,5$ мкм. Установлено, что контакты Si- Mn_4Si_7 имеют не сплошной характер, «стягивание» линий тока к контактными точкам может приводить к появлению в подобной области повышенного сопротивления и, соответственно, локального выделения высокой электрической мощности и нагрев Пельтье. На основе исследований гетероструктур при низких температурах установлено, что освещение собственным светом при фототоке $I_{ph} \geq 1$ мА, и нагрев вследствие эффекта Пельтье, приводят к существенному перегреву границы раздела, обусловленному фототермоэлектрическим эффектом. Фототермоэлектрический эффект на границе раздела Mn_4Si_7 с Si<Mn> (нагрев Пельтье) и поры на границе раздела силицида с кремнием приводят к разделению фотогенерированных носителей заряда (электронов и дырок), вследствие чего на порядки усиливается фоточувствительность гетероструктур.

Литература

[1] Т.С. Камилов, В.В. Ключковская и др. Электрические и фототермоэлектрические свойства гетерофазных структур на основе кремния и силицидов марганца. – Ташкент.: MERIYUS, 2014. 180 стр.