Электронные и электромеханические явления в $A^{III}B^V$ нитевидных нанокристаллах

Алексеев П.А.¹, Шаров В.А.¹, Дунаевский М.С.¹, Смирнов А.Н.¹, Давыдов В.Ю.¹,
Кириленко Д.А.¹, Резник Р.Р.², Цырлин Г.Э.², Берковиц В.Л.¹

¹ ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 26

² СПбАУ, 194021, Санкт-Петербург, ул. Хлопина, 8

DOI 10.34077/Semicond2019-70

Полупроводниковые нитевидные нанокристаллы (ННК, нанопровода, вискеры) являются перспективными объектами, как для прикладных, так и фундаментальных исследований. С фундаментальной точки зрения ННК позволяют исследовать ряд явлений при условиях труднодостижимых для объёмных полупроводниковых структур. В частности, (GaAs, AlGaAs, InAs, GaP, InP) ННК могут быть выращены с вюрцитной кристаллической структурой. Кроме того, ННК выдерживают упругую деформацию до 10% без разрушения. Нитевидные нанокристаллы также являются хорошим модельным объектом для исследования электронных свойств поверхности. Действительно, в силу большого соотношения поверхность/объём проводимость ННК будет обусловлена плотностью поверхностных состояний, приводящих к обеднению проводящего канала в ННК носителями заряда [1].

Вышеперечисленные явления могут быть исследованы методами сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). С помощью проводящего СЗМ зонда возможно измерять упругие характеристики одиночных ННК [2], измерять вольт-амперные характеристики [3], а также исследовать электромеханические явления [4]. Методом Кельвин-зонд микроскопии возможно исследовать распределения поверхностного потенциала в области Шоттки-барьеров и p-n переходов, а также определять положение поверхностного закрепления уровня Ферми [5].

В докладе будут представлены оригинальные СЗМ исследования позволившие определить основную причину закрепления уровня Ферми на поверхности $A^{III}-As$ (GaAs, AlGaAs, InGaAs) ННК со слоем естественного оксида. Исследования, комбинированные с рамановской спектроскопией и просвечивающей электронной микроскопией, показали предпочтительное окисление соединений третьей группы, приводящее к формированию приповерхностного слоя мышьяка толщиной до нескольких нанометров [5]. Формирование слоя приводило к закреплению уровня Ферми на одном расстоянии от уровня вакуума вне зависимости от состава $A^{III}-As$ соединения. При этом в InAs ННК уровень Ферми закреплялся в зоне проводимости, что приводило к формированию поверхностного электронного канала и омического контакта между СЗМ зондом и ННК. При уменьшении содержания In в $In_xGa_{1-x}As$ ННК поверхностный уровень Ферми смещался из зоны проводимости в запрещённую зону. Это приводило к исчезновению электронного поверхностного канала и обеднению ННК с резким увеличением сопротивления. Такое увеличение сопротивления происходило в $In_xGa_{1-x}As$ ННК при $x < 0.8$. При этом деформация ННК ($In_{0.8}Ga_{0.2}As$) СЗМ зондом приводила к обратному эффекту, связанному с движением дна зоны проводимости ниже уровня пиннинга, вследствие тензорезистивного эффекта и увеличению проводимости ННК на три порядка. Кроме того, в докладе будут представлены результаты исследований генерации пьезоэлектрического тока при деформации GaAs ННК с вюрцитной кристаллической структурой с помощью СЗМ зонда [4], а также обсуждены вклады пьезоэлектрического и тензорезистивного эффектов в изменение проводимости ННК при деформации.

Работа поддержана грантом Российского научного фонда (РНФ) № 18-72-00104.

[1] P.A. Alekseev, et al. *Nano Letters*, **15**, 63 (2015).

[2] M. Dunaevskiy, et al. *Nano Letters*, **17**, 3441 (2017).

[3] P.A. Alekseev, et al. *Applied Physics Letters*, **111**, 132104 (2017).

[4] P.A. Alekseev, et al. *Physica Status Solidi - Rapid Research Letters*, **12**, 1700358 (2018).

[5] P.A. Alekseev, et al. *Nanotechnology*, **29**, 314003 (2018).