Упорядоченный массив вертикальных нанопроволок VO_2 на наноструктурированной поверхности Si

С.В. Мутилин¹⁾, В.Я. Принц¹⁾, Л.В. Яковкина²⁾, В.А. Селезнев¹⁾, А.К. Гутаковский¹⁾

¹⁾ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН,

Новосибирск, 630090, пр. Ак. Лаврентьева 13

²⁾ Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Новосибирск,

630090, Пр. ак. Лаврентьева, 3

тел: +7 (383) 333-0699, факс: +7 (383) 330-5636, эл. почта: mutilin@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2019-28

Диоксид ванадия (VO_2) является одним из наиболее интересных и перспективных материалов с сильно коррелированными электронами. Он претерпевает резкий, обратимый фазовый переход полупроводник-металл под действием, например, температуры, излучения, электричества, механических напряжений и пр. При этом оптические, электрические и механические свойства VO_2 испытывают значительные изменения. Наиболее интересными являются монокристаллы VO_2 в которых, в отличие от поликристаллической пленки, ширина гистерезиса сужается до 1-3К, величина скачка проводимости увеличивается до 10^5 раз, а число повторений превосходит 10^{10} раз. Такие уникальные свойства фазового перехода могут быть использованы в микро/нанoeлектронных устройствах и фотонных приложениях (в особенности в ИК и ТГц областях), таких как фотонные кристаллы, перестраиваемые метаматериалы, оптические ограничители, ультрабыстрые оптические переключатели [1].

До сих пор исследовались единичные монокристаллы VO_2 расположенные на подложках в случайном месте и имеющие случайные размеры в результате синтеза. В данной работе сообщается о формировании упорядоченного массива монокристаллических нанопроволок VO_2 с помощью селективного роста на периодических 3D структурах кремния полученных с помощью нанолитографии [2].

Массивы нанопроволок VO_2 были выращены с помощью осаждения из газовой фазы с использованием прекурсора ванадил ацетилацетоната на наноструктурированной подложке [3]. Наноструктурирование подложки было выполнено при помощи нанолитографии на больших площадях (около 15x15 см) кремниевой пластины. Кристаллы VO_2 преимущественно растут

Рис. 1. Изображение упорядоченного массива нанопроволок VO_2 на наноструктурированной поверхности Si. (a) Схематичное представление, (b) СЭМ изображение массива, вид сбоку

на литографических квадратах размерами $80 \times 80 \text{ nm}^2$ нормально к поверхности.

Выращенные нанопроволоки состоят из одинаково ориентированных нанокристаллов высотой около 500 нм (Рис. 1).

Такие структуры перспективны в качестве новых устройств в основе которых лежит фазовый переход VO_2 и дают полную интеграцию в современные 2D и 3D интегральные схемы (совместимы с кремниевой технологией).

Таким образом, в данной работе мы представляем качественный переход от формирования и изучения одиночных,

случайно выращенных кристаллов VO_2 к формированию и изучению прецизионных массивов одинаковых нанокристаллов VO_2 с контролируемым местоположением, периодом, размером, ориентацией, составом и пр. Полученные массивы вертикальных столбиков перспективны для формирования умных метаматериалов, фотонных кристаллов чувствительных к температуре, свету, механическим напряжениям и пр.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-19-00694).

Литература

- [1] Y.Ke, et.al., Small, 14(39), 1802025, (2018).
- [2] L.V. Yakovkina, et.al., J Mater Sci 52 (7), 4061, (2017).
- [3] S.V. Mutilin, et.al., Appl. Phys. Lett., 113(4), 043101, (2018).