Синтез монокристаллов VO_2 на наноструктурированной поверхности Si

Мутилин С.В.¹, Принц В.Я.¹, Яковкина Л.В.², Гутаковский А.К.¹, Селезнев В.А.¹

¹ ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

² ИНХ СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 3

DOI 10.34077/Semicond2019-431

Диоксид ванадия (VO_2) привлекает к себе большое внимание благодаря возможности обратимо изменять свои свойства при фазовом переходе: от полупроводникового состояния при низких температурах к металлическому состоянию при высоких температурах (~340 К). Фазовый переход сопровождается изменением кристаллической решетки от моноклинной к тетрагональной структуре и может быть вызван не только температурой, но и электрическим полем, импульсным электромагнитным излучением, током, механическими напряжениями и т.д. [1]. До сих пор в основном исследовались поликристаллические пленки VO_2 . В последние годы наблюдается устойчивый рост исследований посвященных одиночным монокристаллам VO_2 , т.к. они имеют более яркие свойства фазового перехода. В частности, за счет отсутствия межзеренных границ в монокристаллах число переключений превосходит 10^{12} раз. Ранее исследовались только единичные монокристаллы VO_2 расположенные на подложках в случайном месте и имеющие случайные размеры в результате синтеза. Для практического применения нужны упорядоченные массивы одинаковых монокристаллов, расположенные в заданном месте и заданных размеров. Такие объекты могут быть использованы при создании, например, умных метаматериалов, фотонных кристаллов, в качестве элементной базы для наноэлектроники и нейроморфных систем.

В данной работе сообщается о формировании упорядоченного массива монокристаллических нанопроволок VO_2 с помощью синтеза на периодических 3D структурах кремния: прямоугольных пьедесталах с сечением 80x80 нм [2] (Рис.1), острых иглах с радиусом кривизны около 10 нм. Массивы нанопроволок VO_2 были выращены с помощью газофазного осаждения с использованием прекурсора ванадил ацетилацетоната на наноструктурированной подложке [3]. Важной особенностью сформированных массивов нанопроволок VO_2 является то, что они имеют малый контакт с подложкой Si, поэтому энергии механических напряжений возникающей при фазовом переходе на гетерогранице VO_2 -Si недостаточно для формирования дефектов. Это кардинально увеличивает долговечность устройств и делает массивы совместимыми с современной кремниевой технологией создания 2D и 3D интегральных схем. В работе также обсуждается синтез нанокристаллов VO_2 на структурированных подложках кремния для создания перспективных устройств для создания нейроморфных систем со сверхмалым потреблением энергии на переключение перспективных.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ (проект № 18-19-00694).

[1] Y.Ke, et.al., *Small*, **14**(39), 1802025, (2018).

[2] S.V. Mutilin, et.al., *Appl. Phys. Lett.*, **113**(4), 043101, (2018).

[3] L.V. Yakovkina, et.al., *J Mater Sci* **52** (7), 4061, (2017).

Рис. 1. Изображение упорядоченного массива нанопроволок VO_2 на наноструктурированной поверхности Si. (a) Схематичное представление, (b) СЭМ изображение массива, вид сбоку, (c) СЭМ изображение массива, вид сверху, (d) ПЭМ изображение одиночного кристалла.