Массивы диэлектрических частиц SiGe и Ge на несмачиваемых поверхностях Si и SiO₂

Шкляев А.А.^{1,2}

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

² Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

DOI 10.34077/Semicond2019-83

Массивы диэлектрических частиц могут создавать покрытия поверхностей для целенаправленного манипулирования падающим светом, когда его длина волны λ и размер частиц d удовлетворяют соотношению $\lambda \sim nd$, где n - показатель преломления. При таких условиях в частицах возникают электрические и магнитные резонансы. Для видимой и ближней ИК областей спектра перспективными материалами для таких частиц является Ge и Si с показателем преломления более 4. Было установлено, что осаждение Ge на поверхности SiO₂ приводит к зарождению частиц Ge без образования смачивающего слоя [1]. Процесс несмачиваемости проявил себя как один из наиболее простых и эффективных способов получения массивов частиц. Ранее проводились исследования по осаждению сравнительно малых покрытий Ge (толщины до 10 нм) для получения частиц Ge нанометрового размера с целью изучения квантово-размерных эффектов. В данной работе нами исследован процесс образования частиц Ge субмикронного размера на SiO₂ при отжигах слоёв Ge толщиной до 100 нм (Рис. 1) и определены его механизмы в зависимости от температуры отжига и толщины слоя Ge.

Рис.1. – СЭМ-изображение частиц Ge, полученных на SiO₂ за счёт несмачиваемости.

Несмачивающие свойства чистых поверхностей Si по отношению к слоям SiGe обнаружены нами недавно [2,3]. В этом случае процесс несмачиваемости характеризуется двумя особенностями. В зависимости от скорости осаждения Ge и температуры подложки он может приводить к образованию как массива упорядоченных частиц SiGe, так и массива неупорядоченных компактных частиц размером до 3 мкм с геометрическим фактором до 1. Нами исследован механизм образования таких частиц с точки зрения неустойчивости слоя SiGe на поверхностях кремния и показано, что образование упорядоченных частиц происходит в результате спинодальной несмачиваемости, тогда как частицы с большим геометрическим фактором зарождаются под действием неоднородности поверхностного слоя по химическому составу и упругим напряжениям.

Исследования, проведённые с помощью комбинационного рассеяния света с высоким пространственным разрешением в плоскости поверхности образца, показали, что полученные массивы частиц обладают свойствами метаповерхностей. В частности, наблюдалось значительное усиление интенсивности электромагнитного поля под частицами [4]. Этот эффект может быть результатом возбуждения резонансов Ми. Измеренные спектры отражения и пропускания света в ближней ИК-области спектра показали, что образцы, покрытые частицами SiGe и Ge субмикронного размера, обладают хорошими антиотражающими свойствами. Их использование может найти применение для увеличения эффективности фотоэлектронных преобразователей различного назначения.

Работа проводилась при финансовой поддержке РНФ, грант №19-72-30023.

[1] A.A. Shklyayev, M. Ichikawa, *Surf. Sci.*, **514**, 19 (2002).

[2] A.A. Shklyayev, A.E. Budazhapova, *Appl. Surf. Sci.*, **360**, 1023 (2016).

[3] A.A. Shklyayev, A.E. Budazhapova, *Thin Solid Films*, **642**, 345 (2017).

[4] V. Poborchii, et al., *Appl. Phys. Express*, **10**, 125501 (2017).