Исследование резонансных отражательных свойств кремниевых нанопилларов, сформированных на подложке кремний-на-изоляторе

Басалаева Л.С.¹, Настаушев Ю.В.¹, Дульцев Ф.Н.¹, Крыжановская Н.В.², Фетисова М.В.²

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

² СПбАУ, Санкт-Петербург, 194021, Санкт-Петербург, ул. Хлопина, 8/3

DOI 10.34077/Semicond2019-400

В последние годы диэлектрические нанорезонаторы различной формы (наносферы [1], нанопиллары [2], нанодиски [3] и наноконусы [4]) привлекают значительный интерес исследователей в качестве альтернативы плазмонным наномантеннам для решения задач эффективного управления светом на наномасштабе. Кремниевые нанопиллары (Si НП) или нанодиски, сформированные на кварцевой подложке являются перспективными нанообъектами для реализации различных оптоэлектронных устройств. Однако зачастую возникает необходимость размещать Si НП на проводящих подложках с высоким показателем преломления. В таком случае происходит подавление резонансов из-за утечки мод в подложку. Теоретически обосновано [5], что для предотвращения утечки мод Si НП нужно отделить Si НП от подложки с высоким показателем преломления тонким промежуточным слоем с низким показателем преломления. Мы экспериментально сформировали и исследовали структуры Si НП на подложках кремний-на-изоляторе (КНИ) с целью выявления факторов, влияющих на подавление распространения волны внутри подложки и устранения дифракционных эффектов утечки мод в подложку. Упорядоченные массивы Si НП были сформированы на подложке КНИ посредством электронной литографии на негативном резисте AR-N7520.17new с последующим реактивным ионным травлением. В качестве исходных подложек использовались разные подложки КНИ с толщиной скрытого слоя SiO₂: 300 нм и 500 нм. Толщина резистивной маски составляла 400 нм. Экспонирование образцов проводилось на установке электронной литографии (Pioneer, Raith GmbH) при U=20кВ, I=47пА. Высота Si НП составила 200 нм и 400 нм. Диаметр Si НП варьировался от 100 до 250 нм, период варьировался от 400 до 1000 нм. Были измерены спектры отражения микромассивов Si НП размером 40 x 40 мкм в диапазоне длин волн от 400 нм до 1000нм. В спектре отражения от подложки КНИ наблюдались сильные модуляции от скрытого слоя SiO₂ (Рис.1). Из Рис.1 также видно, что Si НП обладают сильными антиотражающими свойствами в видимой части спектра. Наблюдался сдвиг минимумов в спектрах отражения в длинноволновую область при увеличении толщины слоя кремния между Si НП. Также в спектрах отражения присутствовали узкие резонансные линии, которые связаны с решеточными резонансами.

Рис.1. Спектры отражения Si НП на КНИ. Период Si НП 400 нм. Диаметр Si НП ~208 нм. Высота Si НП ~200 нм, толщина заглубленного SiO₂ 300 нм, толщина остаточного слоя Si ~300 нм.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (3.9787.2017/8.9). Авторы благодарны д.ф.-м.н. В.П. Попову и Н.В. Дудченко за изготовление КНИ-структур.

[1] A.I. Kuznetsov et al., *Scientific Reports*, **2**, 492 (2012).

[2] W. Yue et al., *Laser Photonics Rev*, **11**(3), 1600285 (2017).

[3] E.V.Melik-Gaykazyan et al., *ACS Photonics*, **5**(3), 728 (2018).

[4] Y-C.Lee et al, *Photonics Nanostructures: Fundam. Appl.*, **12**, 16 (2014).

[5] V. E. Babicheva et al., *J. Opt. Soc. Am. B* **34**(7), D18 (2017).