Излучающие структуры для кремниевой фотоники на основе растянутых Ge микроструктур

Алешкин В.Я.¹, Байдакова Н.А.¹, Вербус В.А.^{1,2}, Машин А.И.³, Морозова Е.Е.³,
Нежданов А.В.³, Новиков А.В.¹, Скороходов Е.В.¹, Шенгуров Д.В.¹, Юрасов Д.В.¹,
Яблонский А.Н.¹

¹ ИФМ РАН, 603950, Нижний Новгород, Россия

² НИУ Высшая Школа Экономики, 603155, ул. Б. Печерская, 25/12, Нижний Новгород, Россия

³ ННГУ им. Н.И.Лобачевского, 603950, пр. Гагарина 23, Нижний Новгород, Россия

DOI 10.34077/Semicond2019-410

Одним из путей увеличения эффективности источников излучения для Si фотоники на основе Ge является его растяжение, которое позволяет трансформировать Ge в прямозонный полупроводник [1]. Однако необходимые для этого высокие значения деформации (двуосные 1.5-1.8% или одноосные 4.5-5%) для достаточно толстых слоев Ge могут быть реализованы только локально, с использованием различных методов [1]. В работе представлены результаты по формированию методом «концентрации напряжений» одноосно растянутых Ge микроструктур («микромостиков») различного дизайна и исследованию их излучательных свойств.

Исходными структурами для формирования микромостиков служили Ge слои, выращенные методом МПЭ на Si(001) и SOI подложках и характеризующиеся растяжением 0.2-0.25%. По данным микроскопии комбинационного рассеяния света (микро-КРС) это растяжение было увеличено более чем на порядок за счет формирования с помощью оптической литографии, плазмохимического и селективного «влажного» травления свободновисящих, локально растянутых вдоль направления [100] Ge микромостиков [2]. Измерения спектров микро-ФЛ показали, что существенным недостатком свободновисящих микромостиков является плохой теплоотвод от них, что приводит к разрушению микромостиков уже при небольших уровнях накачки. Для улучшения теплоотвода формирование микромостиков было выполнено на Ge слоях, выращенных на SOI подложках с тонким слоем захороненного окисла и слоя Si над ним. Это позволило за счет селективного удаления слоя Si (SiO_2), расположенного под микромостиком, и капиллярных сил реализовать его механический контакт с нижележащим слоем SiO_2 (Si) (рис. 1). По данным микро-КРС и микро-ФЛ формирование такого контакта привело к значительному улучшению теплоотвода от Ge микромостика. В результате уровень оптической накачки, при котором происходит разрушение микромостиков, был увеличен в 4-8 раз. Спектры микро-ФЛ, измеренные при комнатной температуре, показали значительное возрастание сигнала ФЛ, связанного с прямыми оптическими переходами, в области микромостиков, и его сдвиг в сторону меньших энергий. Поведение сигнала ФЛ от микромостиков хорошо описывается выполненными расчетами зонной структуры одноосно растянутого Ge. В частности, к росту интенсивности ФЛ приводит уменьшение энергетического зазора между Г- и L-долинами в Ge при его растяжении. Результатом же расщепления валентной зоны при деформации является наблюдение в спектре ФЛ микромостиков двух сигналов с различной энергией и поляризацией. В работе обсуждается возможности по использованию микрорезонаторов для достижения стимулированного излучения в растянутых Ge микроструктурах.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-29-14056-офи_м.

[1] R. Geiger et al., *Front. Mater.* **2**, 52 (2015).

[2] А.В. Новиков и др., *ФТП* **52**(11), 1131 (2018).

Рис.1. – Схема улучшения теплоотвода от Ge микромостика за счет его адгезии к нижележащему слою SiO_2 подложки SOI.