

## Электро- и фотолюминесценция из кремниевых наноструктур, сильно легированных бором

Н. Т. Баграев<sup>1</sup>, Л. Е. Клячкин<sup>1</sup>, Р. В. Кузьмин<sup>1</sup>,

А. М. Маляренко<sup>1</sup>, В. А. Машков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФТИ им. А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

тел: (812) 292 7315, эл. почта: roman.kuzmin@mail.ioffe.ru

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург, Россия

тел: (812) 552 7793, эл. почта: vladmashkov@yahoo.com

Стремительное развитие микроэлектроники, сопровождаемое увеличением производительности процессоров, а также огромный рост мирового Интернет трафика требуют постоянного увеличения скорости передачи данных и пропускной способности каналов связи. Вследствие этого уже в настоящее время имеется острая необходимость в развитии оптических систем передачи информации, которое на данный момент сдерживается только отсутствием источника излучения, совместимого со стандартной кремниевой технологией. Именно по этой причине изучение оптического излучения из систем на основе кремния привлекает очень большое внимание.

В настоящей работе мы приводим результаты исследований электро- и фотолюминесценции из кремниевых наноструктур, представляющих собой сверхузкую кремниевую квантовую яму р-типа проводимости, ограниченную  $\delta$ -барьерами, сильно легированными бором до концентрации  $N(B) = 5 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$ . Такие ямы создаются на поверхности n-Si (100) в рамках стандартной кремниевой планарной технологии путём диффузии бора, контролируемой управлением потоками собственных междоузельных атомов и вакансий. Выполненные ранее [1, 2] исследования угловых зависимостей электронного парамагнитного резонанса, а также данные сканирующей туннельной микроскопии продемонстрировали, что наличие такой высокой концентрации бора приводит к образованию упорядоченной системы тригональных дипольных центров  $V^+ - V^-$  с отрицательной корреляционной энергией, которые формируются вследствие реконструкции мелких акцепторов бора,  $2B^0 \rightarrow V^+ + V^-$ . Образование данной упорядоченной фазы сопровождается перестройкой энергетического спектра двумерного дырочного газа с формированием корреляционной щели в плотности состояний, что выражается, в частности, в появлении сверхпроводящих свойств  $\delta$ -барьеров ( $T_c = 145 \text{ K}$ ), обна-

руженных в процессе исследований температурных и полевых зависимостей удельного сопротивления, термоэдс, теплоёмкости и магнитной восприимчивости [3].

Было обнаружено, что в спектрах электро- и фотoluminesценции из таких наноструктур доминирует относительно интенсивная линия излучения с мощностью  $\sim 0.03$  mW при комнатной температуре и прямом токе 50 mA. При этом излучение обладает высокой степенью поляризации, которая демонстрирует угловую зависимость, совпадающую с ориентацией дипольных центров бора, и может быть управляема посредством приложения дополнительного внешнего электрического поля параллельного плоскости структуры. Исследование интенсивности излучения в зависимости от различных внешних параметров, таких как температура, величина прямого тока и дополнительное латеральное электрическое поле, позволило предложить модель, объясняющую наблюдаемое поведение люминесценции, которая основана на донорно-акцепторной рекомбинации, происходящей между состояниями мелких доноров и состояниями дипольных центров бора и контролируемой с помощью внешнего латерального электрического поля.

#### **Литература**

1. N.T. Bagraev, N.G. Galkin, W. Gehlhoff et al. J. Phys.: Condens. Matter 20, 164202 (2008).
2. N.T. Bagraev, W. Gehlhoff, L.E. Klyachkin et al. Physica, 21 (2006).
3. Н. Т. Баграев и др. ФТП, 43, 1481 (2009).