

## СВОЙСТВА НАНОПОРОШКОВ КРЕМНИЯ, СОЗДАННЫХ ИСПАРЕНИЕМ КРЕМНИЯ МОЩНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

М.Д.Ефремов<sup>1</sup>, В.А.Володин<sup>1</sup>, Д.В.Марин<sup>1</sup>, М.Г.Иванов<sup>2</sup>, С.В.Горяйнов<sup>3</sup>, А.И.Корчагин<sup>4</sup>,  
В.В.Черепков<sup>4</sup>, А.В.Лаврухин<sup>4</sup>, С.Н.Фадеев<sup>4</sup>, Р.А.Салимов<sup>4</sup>, С.П.Бардаханов<sup>5</sup>.

1- Институт физики полупроводников СО РАН, 630090, пр. академика Лаврентьева 13,  
Новосибирск, Россия.

2- Новосибирский Государственный Университет, 630090, ул. Пирогова 2, Новосибирск,  
Россия.

3- Институт минералогии и петрографии СО РАН, 630090, Университетский пр. 3,  
Новосибирск, Россия.

4 - Институт ядерной физики им. Г.Г.Будкера СО РАН, 630090, пр. академика Лаврентьева  
11, Новосибирск, Россия.

5 – Институт теоретической и прикладной механики, 630090, ул. Институтская, 4/1,  
Новосибирск, Россия.

E-mail: [marin@isp.nsc.ru](mailto:marin@isp.nsc.ru)

Для получения нанопорошков кремния обычно используют метод их формирования непосредственно в процессе плазмохимического осаждения, либо методы, использующие лазерную абляцию кремния. В данной работе использовался оригинальный радиационный метод формирования нанопорошков кремния с использованием испарения слитков кремния под воздействием мощного электронного пучка в атмосфере инертного газа (аргона) а также в атмосфере азота либо в потоке воздуха. Нанопорошки кремния, сформированные, таким способом, были исследованы методами фотолюминесценции (ФЛ) и спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС). В порошках, состоящих из нанокристаллов кремния, при комнатной температуре обнаружен пик ФЛ в видимом спектральном диапазоне (рис. 1). Сильный коротковолновый сдвиг пика ФЛ может быть объяснен как эффект размерного квантования электронов и дырок в нанокристаллах кремния с малыми размерами (до 2 нм) [1]. Из спектров КРС (рис. 2) на оптических фонах средний размер нанокристаллов можно определить, используя метод свертки эффективной плотности колебательных состояний [2]. Определённый таким образом средний размер совпал с оценками, полученными из данных ФЛ. В зависимости от условий испарения, размеры нанокристаллов кремния варьировались от ~1.5 до 5 нм. При испарении в потоке воздуха формировались нанопорошки SiO<sub>2</sub>.

Коснемся преимуществ выбранного метода формирования нанопорошков, в сравнении с существующими. Во-первых, это потенциально высокая производительность метода. Так, эффективность методов, использующих лазерную абляцию, определяется средней мощностью лазера, но даже для современных, уникальных лазеров средняя мощность ограничена единицами киловатт. Мощность пучка электронов в ускорителе ЭЛВ-6 производства ИЯФ СО РАН может достигать 100 киловатт. Во-вторых, можно контролируемо управлять размерами нанокристаллов кремния, проводя их контролируемое окисление. В-третьих, существует принципиальная возможность сепарации нанокристаллов по размерам, что очень важно для их потенциального применения. Одним из таких применений (помимо оптоэлектронных приборов) является создание элементов энергонезависимой памяти на нанокристаллах кремния с возможностью сверхплотной упаковки.

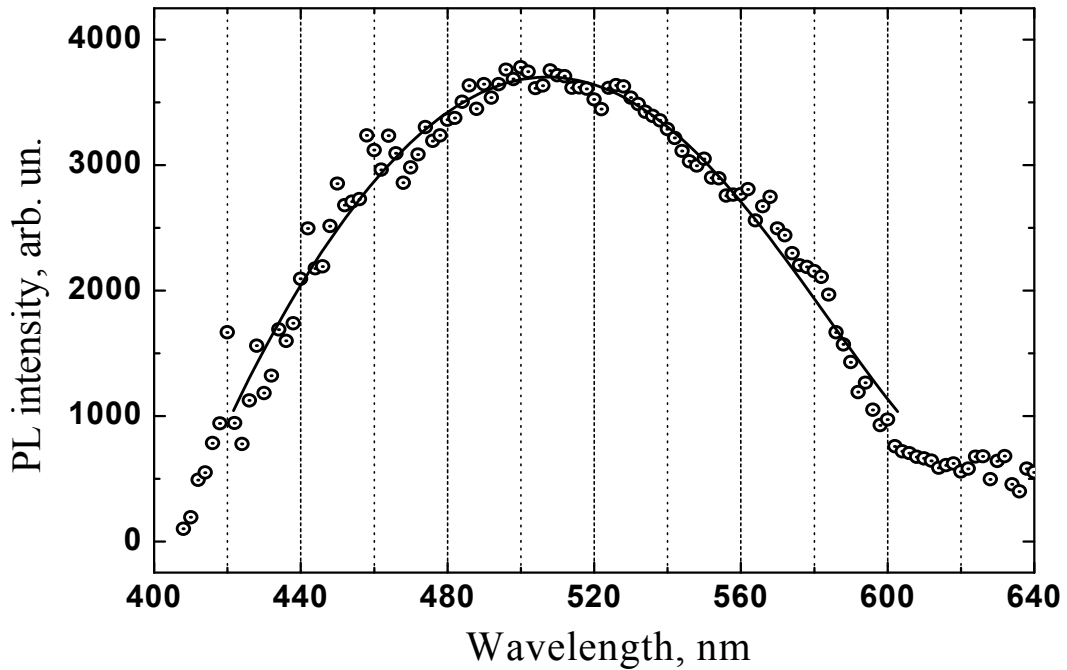


Рисунок 1. Спектр фотолуминесценции нанопорошка кремния (ФЛ возбуждалась импульсным  $N_2$  лазером, длина волны 337 нм, температура 300 К).

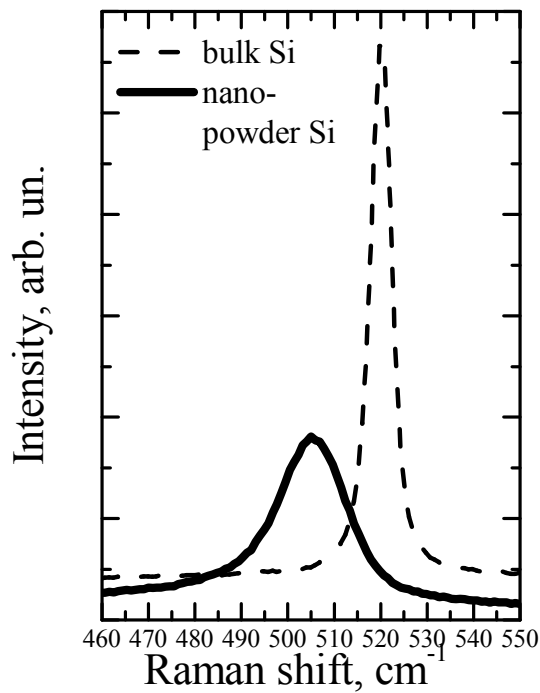


Рисунок 2. Спектры КРС, сплошная линия – нанопорошок кремния, пунктирная линия – объёмный кремний.

Литература

- [1] М.Д. Ефремов, В.А. Володин, Д.В. Марин и др., Письма в ЖЭТФ, **80**, 619, (2004).  
 [2] V.Pailard, P.Puech, J. Appl. Phys., **86**, 1921, (1999).