

НАНОКРИСТАЛЛЫ Ge В GeO₂: ФОРМИРОВАНИЕ, СТРУКТУРА И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Д.В. Марин, М.Д. Ефремов, Е.Б. Горохов, В.А. Володин, А.Г. Черков, А.К. Гутаковский
Институт Физики Полупроводников СО РАН, 630090, пр. академика Лаврентьева 13,
Новосибирск, Россия.
E-mail: marin@isp.nsc.ru.

В работе были исследованы плёнки GeO_x, полученные методом осаждения монооксида германия (GeO) на различные подложки. При этом соотношение Ge:GeO₂ оставалось постоянным и равнялось единице, исследовались образцы двух серий: А (подложка сапфир) и В (подложка кремний). Также исследовались плёнки аномально толстого естественного окисла германия, которые по данным работы [1] представляют собой гидратированный монооксид германия, типа GeO_x(H₂O), где x был близок к единице - образцы серии С.

Исследования проводились с помощью методик спектроскопии фотолюминесценции (ФЛ), спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС), эллипсометрии (в том числе и со спектральным разрешением) и высокоразрешающей электронной микроскопии (ВРЭМ). В результате исследования ФЛ был обнаружен пик в районе 2-3 эВ. Спектры КРС показали наличие кристаллического германия, но при этом пик КРС был сдвинут в сторону меньших волновых чисел. Также было обнаружено, что коэффициент преломления образцов ниже чем предсказывает это теория Бруггемана [2].

Все эти факты можно объяснить тем, что избыток германия собирается в кластеры нанометрового размера, при этом кластеры кристаллические - это видно из спектров КРС (рис. 1). Также исходя из положения пика КРС на оптических фонах средний размер нанокластеров можно определить, используя метод свертки эффективной плотности колебательных состояний [3]. Исходя из выше сказанного, кластеры в которые собрался избыток германия, можно назвать нанокристаллами (НК).

Так как барьеры для электронов и дырок в германии, окруженном GeO₂, составляют примерно 2 и 3 эВ соответственно [4], данный объект являет собой квантовую точку первого рода. Вследствие сильной локализации электронов и дырок и снятия правил отбора по импульсу, можно предположить их более эффективную излучательную рекомбинацию, что и было обнаружено при измерении ФЛ (рис. 2). Исходя из квантово механического расчета в модели эффективных масс можно найти связь между положением пика ФЛ и средним размером нанокристаллов [5]. Найденный таким образом средний размер совпадает с определённым из КРС.

То, что избыток германия собирается именно в нанокристаллы мы определили исходя из непрямых методик, прямая же методика (ВРЭМ) наше предположение подтвердила. На фотографиях ВРЭМ видны НК германия, при этом они имеют высокую плотность $\sim 10^{12}$ штук на см².

Литература.

- 1 Е.Б.Горохов, В.В.Грищенко. Эллипсометрия: теория, методы, приложения (сборник статей под редакцией А.В.Ржанова, с. 147-151). – Новосибирск: Наука. 1987.
- 2 D. E. Aspnes, Thin Solid Films, 89, 249, (1982).
- 3 V.Pailard, P.Puech, J. Appl. Phys., **86**, 1921, (1999).
- 4 А.М.Мищенко. Определение потенциальных барьеров в структурах Al-Si₃N₄-Ge, Al-Si₃N₄-GeO₂-Ge по захвату фотоинжектированных носителей. Препринт ИФП СО РАН.
- 5 В.А.Володин, Е.Б.Горохов, М.Д.Ефремов, Д.В.Марин, Д.А.Орехов. Письма в ЖЭТФ, **77**, 485, (2003).

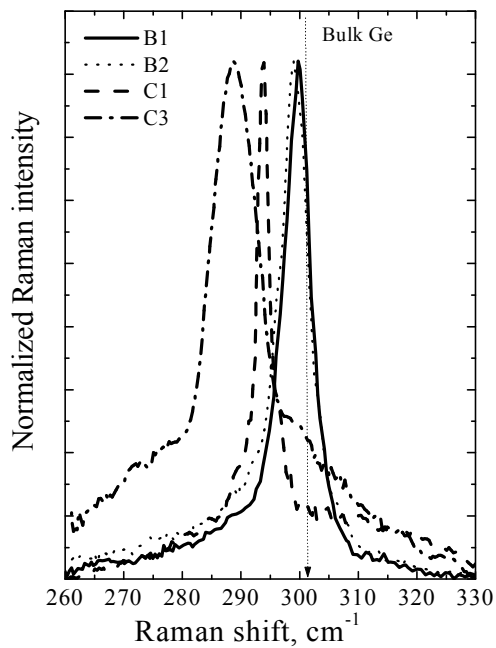


Рисунок 1. Спектры комбинационного рассеяния света образцов серий В и С. Интенсивность нормирована для удобства восприятия.

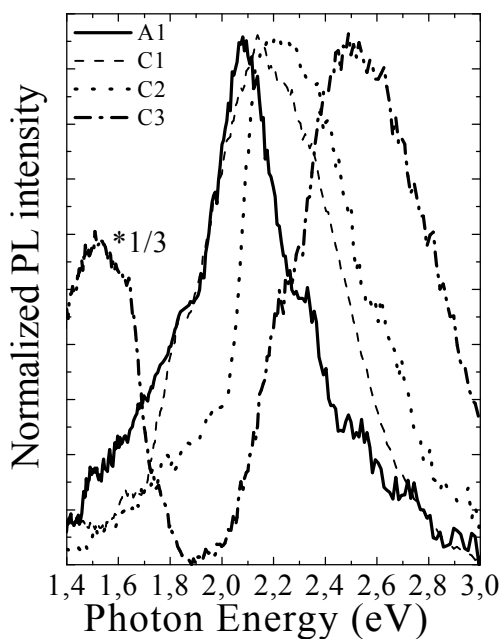


Рисунок 2. Спектры фотолюминесценции плёнок GeO_2 с нанокластерами германия из серии А и С. Интенсивность нормирована для удобства восприятия.

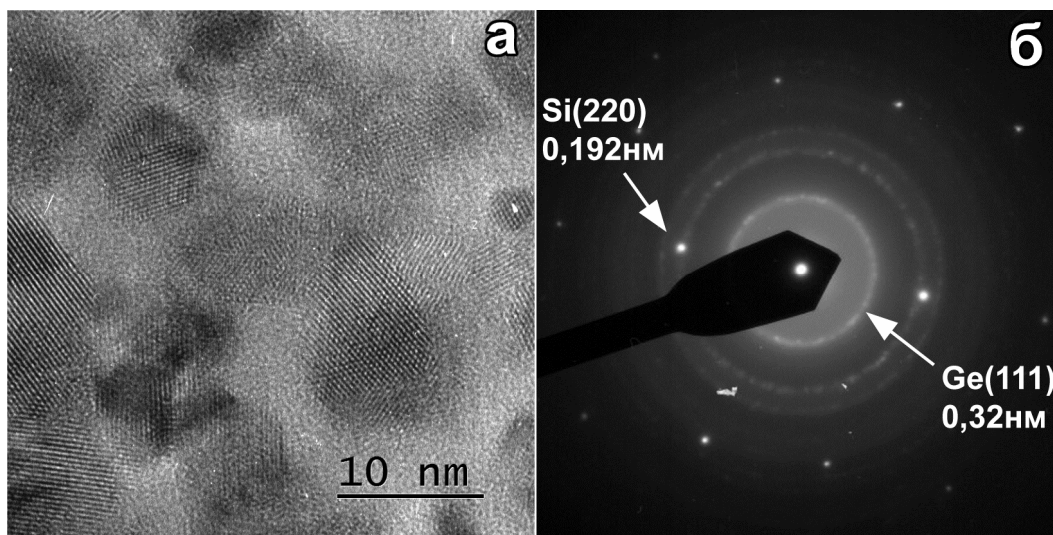


Рисунок 3. ВРЭМ изображение (а) и соответствующая микродифракционная картина (б) аморфной пленки GeO (из серии В) с нанокристаллами Ge на кремниевой подложке.