Проявление квантоворазмерных эффектов в нанокристаллах и аморфных нанокластерах германия в плёнках GeSi_xO_y

Гамбарян М.П.¹, Кривякин Г.К.^{1,2}, Черкова С.Г.¹, Володин В.А.^{1,2}

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

² Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

DOI 10.34077/Semicond2019-159

Нанокристаллы и аморфные нанокластеры кремния и германия в диэлектрических плёнках представляют собой квантовые точки, и интересны с фундаментальной точки зрения, а также перспективны для применения в нано- и оптоэлектронике. Недавно в плёнках германосиликатного нестехиометрического стекла GeSi_xO_y была обнаружена фотолюминесценция в ИК диапазоне, предположительно обусловленная дефектами [1].

Нестехиометрические оксидные плёнки двух типов $\text{GeO}_x[\text{SiO}]_{(1-x)}$ и $\text{GeO}_x[\text{SiO}_2]_{(1-x)}$ были

получены высоковакуумным испарением порошков GeO_2 и либо SiO , либо SiO_2 , и напылением на холодную подложку $\text{Si}(001)$. Исходные и подвергнутые отжигам (550, 600 и 650 °C, 1 час) образцы исследовали методами электронной микроскопии, ИК-спектроскопии, электронной микроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС) и фотолюминесценции (ФЛ). Спектры ФЛ были нормированы с учётом спектральной чувствительности детектора.

Из анализа спектров КРС установлено, что исходная плёнка $\text{GeO}[\text{SiO}_2]$ не содержала кластеров германия, а исходная плёнка $\text{GeO}[\text{SiO}]$ содержала кластеры аморфного германия, по данным электронной микроскопии размер кластеров составлял ~3 нм. По данным ИК-спектроскопии, плёнки содержали Si-O, Ge-O и Si-O-Ge связи. После отжига 550 °C в обеих плёнках были обнаружены кластеры аморфного германия, а после отжига 650 °C в них были обнаружены нанокристаллы германия.

В исходных плёнках при низких температурах обнаружена широкая полоса ФЛ с максимумом 1050 нм, а также узкие пики, самый интенсивный с положением 1623 нм (см. рис.). ФЛ, вероятно, обусловлена дефектами – вакансиями кислорода и избыточными атомами германия. Отжиги вызывают трансформацию структуры плёнок и меняют вид спектров ФЛ. В плёнках, содержащих нанокластеры германия, наблюдается ФЛ с максимумом 1500-1600 нм (см. рис.). При этом уменьшился сигнал ФЛ от дефектов. Исследована температурная зависимость интенсивности пиков ФЛ, она падала с ростом температуры, но сохранялась при температурах до 200 К. Обсуждается вклад в ФЛ нанокристаллов германия, формируемых при отжиге 600-650 °C.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 19-07-00367. Авторы благодарны M.Vergnat и M.Stoffel (Université de Lorraine) за помощь в регистрации спектров фотолюминесценции.

[1] S.G. Cherkova et. al., // *Journal of Luminescence*, 207, 209 (2019).