ИК- фотолюминесценция кремния при облучении тяжелыми ионами высоких энергий

Черкова С.Г.¹, Володин В.А.^{1,2}, Скуратов В.А.³

¹ ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

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

³ Объединенный институт ядерных исследований, 141980, Дубна, ул. Жолио-Кюри, 6

DOI 10.34077/Semicond2019-344

Проблема создания эффективного излучателя на основе кремния до сих пор не решена и остаётся актуальной. Одним из подходов в создании кремниевых светодиодов является инженерия светоизлучающих дефектов [1]. Существует множество способов создания таких дефектов, но практически нет работ в которых использовались тяжелые высокоэнергетичные ионы. Торможение таких частиц вблизи поверхности происходит почти полностью за счет ионизации.

Пластины высокоомного кремния, выращенные методом безтигельной зонной плавки, с ориентацией (111), были облучены при комнатной температуре ионами $^{132}\text{Xe}^{26+}$ с энергией 167 МэВ в диапазоне флюенсов от $3 \cdot 10^{11}$ до 10^{13} см^{-2} на циклотроне ИЦ-100 ЛЯР ОИЯИ (г. Дубна). Согласно расчетам по программе SRIM (www.srim.org), пробег ионов Хе составлял ~ 19.9 мкм. Потери на ионизацию в приповерхностном слое достигали 12.5 кэВ/нм. Образцы были исследованы с помощью метода спектроскопии фотолюминесценции (ФЛ) при различных температурах, для возбуждения ФЛ использовались лазеры с длинами волн 325 и 488 нм.

Сразу после имплантации в спектрах ФЛ при криогенных температурах при возбуждении 325 нм обнаружена широкая полоса в области 1150-1600 нм (1.1-0.77 эВ) (Рис. 1). Помимо этого виден набор узких пиков, которые можно соотнести с известными в литературе линиями - X (1.033 эВ), W (1.018 эВ), W' (1.0048 эВ), связываемыми с мелкими междоузельными кластерами, R (0.901 эВ) ассоциируемый с {311} дефектами и C (0.79 эВ) – обычно приписываемый комплексам C-O. При увеличении дозы облучения до 10^{13} см^{-2} максимум ФЛ смещается в длинноволновую область, а интенсивность сигнала падает примерно на порядок. Положение наблюдаемой широкой полосы ФЛ примерно совпадает с положением известных «дислокационных» пиков D1-D4 (0.81–0.99 эВ) [1, 2]. В литературе указывается, что при облучении ионами высоких энергий не наблюдается протяженных дефектов в приповерхностных областях. Источниками света скорее являются плотные сетки локально ограниченных вблизи траектории ионов дислокационных дефектов. В работе обсуждается роль ионизации в процессах дефектообразования и вклад создаваемых дефектных комплексов в люминесцентные свойства. Спад ФЛ с ростом дозы ионов, обусловлен конкуренцией создаваемых при бомбардировке светоизлучающих дефектов и центров безызлучательной рекомбинации.

Рис.1. – Спектры ФЛ (10 К, $\lambda_{\text{ex}}=325$ нм) слоев Si, облученных ионами Хе, дозами, см^{-2} : 1- 0; 2- $3 \cdot 10^{11}$; 3- $2 \cdot 10^{12}$; 4- 10^{13} .

[1] Н.А. Соболев. ФТП, **44**, 3 (2010).

[2] L.I. Fedina, A.K. Gutakovskii, T.S. Shamirzaev. J. Appl. Phys., **124**, 053106 (2018).