

06;07;12

Влияние отжига в различных атмосферах на фотолюминесценцию пористого кремния

© *Е.Б. Король, С.М. Киккарин*

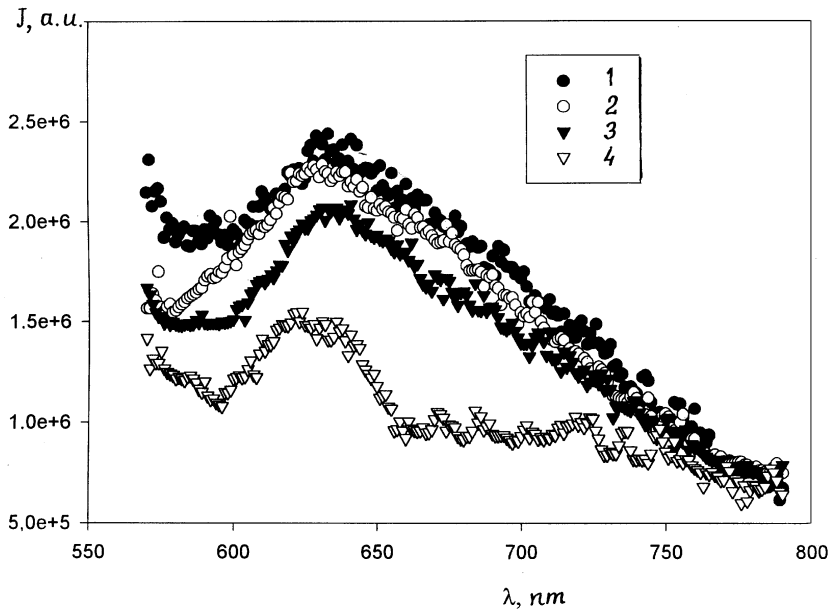
Физико-технический институт
Министерства науки и высшего образования Казахстана, Алматы

Поступило в Редакцию 30 августа 1999 г.

Исследовано влияние изохронного отжига в различных атмосферах на фотолюминесценцию образцов пористого кремния *p*-типа, полученных в результате анодирования в одинаковых условиях. Приведены сравнительные экспериментальные данные по деградации фотолюминесценции при отжиге на воздухе, в вакууме и азоте.

Пористый кремний, люминесцентные свойства которого были обнаружены сравнительно недавно [1], вызывает значительный интерес исследователей в связи с открывающейся перспективой создания кремниевых оптоэлектронных устройств. Природа излучающих свойств пористого кремния все еще окончательно не выяснена, большинство исследователей связывает ее с квантовыми эффектами в наноразмерных кремниевых структурах пор [2–4], что придает проблеме еще и фундаментальный научный аспект.

В настоящее время уже накоплен сравнительно большой экспериментальный материал по исследованию влияния различных факторов на излучательные свойства пористого кремния [5–7]. Однако ввиду наличия большого количества таких факторов порой трудно выявить какие-



1 — без отжига, 2 — отжиг в вакууме, 3 — отжиг в азоте, 4 — отжиг в воздухе.

нибудь тенденции из-за их одновременного изменения либо различия в условиях проведения эксперимента.

В настоящей работе приведены результаты эксперимента по выявлению характера деградации пика фотолюминесценции одинаковых образцов пористого кремния, подвергшихся изохронному отжигу в различных атмосферах при одинаковом температурном режиме отжига.

Пористый кремний выращивался анодированием пластин монокристаллического кремния *p*-типа с удельной проводимостью 6–8 Ω · см. Анодирование проводилось в электролите состава H₂O:C₂H₅OH:HF в пропорции 1:2:1 в течение 30 min при плотности тока 30 mA/cm². После анодирования полученные образцы со слоем пористого кремния разрезались на части для проведения отжига. Часть образца сохранялась для проведения контрольных измерений. Для измерения спектра фотолюминесценции использовалась модернизированная установка для исследования спектров СДЛ-2 с управляющим компьютером для

автоматизации измерений. В качестве источника возбуждения люминесценции использовался пучок аргонового лазера, излучавшего одновременно на длинах волн 458, 488 и 514 nm. Отжиг образцов проводился в кварцевой трубке, снабженной нагревательным элементом. Кварцевая трубка продувалась необходимым газом или откачивалась до уровня 10^{-4} атмосферного давления. Эксперименты проводились с образцами, отожженными в атмосфере азота, а также в вакууме. Отжиг производился в одинаковых температурных режимах — образец при комнатной температуре помещался в кварцевую трубку, производились наполнение нужной атмосферой либо откачка воздуха, затем производился прогрев до 200°C в зоне образца, который выдерживался в течение 40 min.

На рисунке приведены результаты измерений спектров люминесценции для четырех образцов, из которых видно, что пористый кремний демонстрировал наличие пика фотолюминесценции с центром около 640 nm. Резкий рост кривых спектра при коротких длинах волн связан с приближением к линии излучения возбуждающего лазера 514 nm. Как видно из рисунка, отжиг во всех случаях привел к заметному понижению пика люминесценции, причем наибольшая деградация происходит при отжиге в воздухе. При отжиге в вакууме и азоте происходит лишь небольшое уменьшение светимости, приблизительно на 10 и 20% соответственно.

Сильную деградацию при отжиге в воздухе легко связать с увеличением окисного слоя SiO_2 и соответственно с уменьшением размеров кристаллитов кремния. Уменьшение светимости после отжига в атмосфере азота и вакууме лишь отчасти может быть объяснено окислением остаточными фракциями кислорода, более вероятно, что это связано с изменениями в составе приповерхностного слоя, покрывающего пленку окисла SiO_2 поверхности пор.

Список литературы

- [1] *Canham L.T.* // Appl. Phys. Lett. 1990. V. 57. P. 1045.
- [2] *Lehmann V., Goselle U.* // Appl. Phys. Lett. 1991. V. 58. P. 856.
- [3] *Kanemitsu J., Uto H., Masumoto J.* // Phys. Rev. B. 1993. V. 48. P. 2827.
- [4] *Koch F., Petrova-Koch V., Muschik T., Nicolov A., Gavrilenko V.* // Mater, Res. Symp. 1993. V. 283. P. 197.

- [5] Астрова Е.В., Ратников В.В., Витман Р.Ф., Лебедев А.А., Ременок А.Д., Рудь Ю.В. // ФТП. 1997. Т. 31. Р. 1261.
- [6] Шелонин Е.Д., Найденова М.В., Хорт А.М., Яковлева А.Г., Гвелесиани А.А., Мирончук И.Е. // ФТП. 1998. Т. 32. С. 494.
- [7] Горбач Т.Я., Свечников С.В., Мертенко П.С., Тульчинский П.Г., Бондаренко А.В., Волчек С.А., Дорофеев А.М., Мазини Ж., Маелло Г., ЛаМоника С., Феррари А. // ФТП. 1997. Т. 31. С. 1414.