

## ВЛИЯНИЕ $\alpha$ -ОБЛУЧЕНИЯ НА ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ

© А.А.Лебедев, А.М.Иванов, А.Д.Ременюк, Ю.В.Рудь

Физико-технический институт им.А.Ф.Иоффе Российской академии наук,  
194021 Санкт-Петербург, Россия  
(Получена 5 июня 1995 г. Принята к печати 8 июня 1995 г.)

Исследована дозовая зависимость фотолюминесценции пористого кремния при  $\alpha$ -облучении. Обнаружено, что форма и энергетическое положение спектра фотолюминесценции не зависят от  $\alpha$ -облучения. Интенсивность фотолюминесценции с ростом дозы  $\alpha$ -облучения падает по экспоненциальному закону.

Пористый кремний привлекает широкое внимание исследователей, однако воздействие ионизирующего излучения не его свойства исследованы мало [1,2], хотя оно может пролить свет на природу его светоизлучающих структур.

Настоящая работа посвящена исследованию влияния  $\alpha$ -частиц на фотолюминесценцию пористого кремния.

### Методика эксперимента

Образцы пористого кремния (ПК) были получены электрохимическим травлением  $n$ -кремния с удельным сопротивлением 10–100 Ом·см при токах 50–100 мА/см<sup>2</sup> в течение 1–2 ч. Измерения выполнены на образцах ПК, находящихся на кремниевой подложке.

Спектры фотолюминесценции (ФЛ) измерялись при возбуждении от аргонового лазера при мощности пучка 50–100 мВт/см<sup>2</sup> и энергии фотонов 2.07 эВ при комнатной температуре. Анализ и регистрация спектров ФЛ осуществлялись с помощью монохроматора МДР-2 и фотомножителя ФЭУ-62.

Облучение образцов производилось со стороны слоя ПК при комнатной температуре  $\alpha$ -частицами с энергией  $\sim 5.5$  МэВ и интенсивностью  $\sim 2.5 \cdot 10^7$  см<sup>-2</sup> · с<sup>-1</sup>. Источник  $\alpha$ -частиц и облучаемый образец находились в вакууме при  $\sim 5 \cdot 10^{-3}$  Тор. На время облучения образец помещался в держатель с окном  $\varnothing 8$  мм, остальная поверхность ПК облучению не подвергалась и являлась контрольной при измерении спектров ФЛ. Максимальная доза  $\alpha$ -облучения была  $2.5 \cdot 10^{13}$  см<sup>-2</sup>, а каждая промежуточная доза составляла  $\sim 5 \cdot 10^{12}$  см<sup>-2</sup>.

## Результаты измерений и их обсуждение

Спектр ФЛ для необлученных образцов имел типичный для ПК симметричный вид с максимумом при  $h\nu_{\max} = 1.83 \pm 0.02$  эВ, полушириной  $0.38 \pm 0.02$  эВ и высокой интенсивностью. В процессе облучения форма и положение полосы ФЛ не изменялись в пределах погрешности измерений, а интенсивность  $I_{\max}$  при  $h\nu_{\max}$  заметно уменьшалась с увеличением дозы. Зависимость  $I_{\max}$  от дозы показана на рис. 1. На рис. 2 та же зависимость представлена в полулогарифмическом масштабе, а также приведена зависимость величины  $\Delta \left( \frac{1}{I_{\max}} \right) = \left( \frac{1}{I_{\max \Phi}} - \frac{1}{I_{\max 0}} \right)$  от дозы. Здесь  $I_{\max 0}$  — величина  $I_{\max}$  необлученной части образца, которая в процессе облучения не изменялась, а  $I_{\max \Phi}$  — величина  $I_{\max}$  при заданной дозе  $\Phi$ . Из рис. 2 видно, что экспериментальные точки зависимости интенсивности от дозы  $\alpha$ -облучения достаточно хорошо ложатся на прямую в полулогарифмическом масштабе, что соответствует зависимости

$$I_{\max \Phi} = I_{\max 0} e^{-a\Phi},$$

где  $a$  — коэффициент.

Такая зависимость описывает убывание количества объектов, участвующих в процессе ФЛ. Это убывание, очевидно, связано с деструкцией фотоизлучающих структур при  $\alpha$ -облучении.

С другой стороны, экспериментальная зависимость  $\Delta \left( \frac{1}{I_{\max}} \right)$  от дозы очень далека от линейной. Это свидетельствует о том, что интенсивность ФЛ изменяется с дозой иначе, чем время жизни носителей заряда  $\tau$ . Действительно, при облучении кремния

$$\Delta \left( \frac{1}{\tau} \right) = \left( \frac{1}{\tau_{\Phi}} - \frac{1}{\tau_0} \right) = k\Phi,$$

где  $\tau_{\Phi}$  — время жизни носителей заряда после облучения,  $\tau_0$  — время жизни носителей заряда до облучения,  $k$  — коэффициент деградации времени жизни носителей заряда.

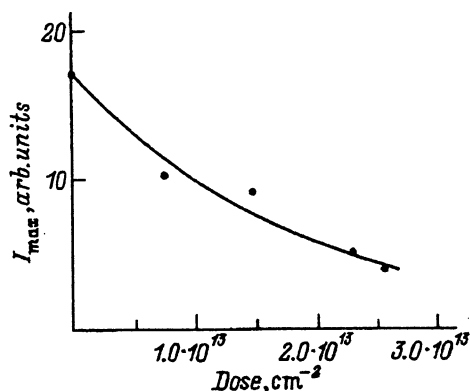


Рис. 1. Зависимость интенсивности  $I_{\max}$  фотолюминесценции от дозы  $\alpha$ -облучения.

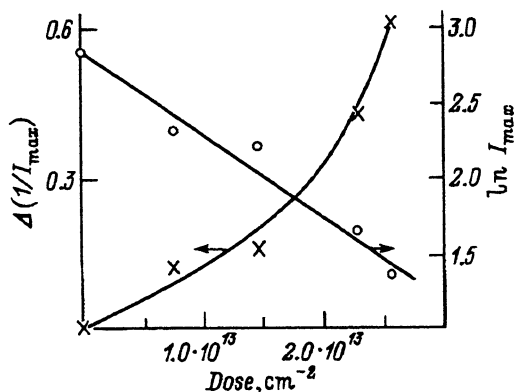


Рис. 2. Зависимость  $\ln I_{\max}$  и  $\Delta \left( \frac{1}{I_{\max}} \right)$  от дозы  $\alpha$ -облучения.

Таким образом, из наших экспериментов следует, что характер деградации ФЛ в ПК определяется не падением времени жизни вследствие введения каналов безызлучательной рекомбинации, как обычно в полупроводниках [3], а уменьшением количества светоизлучающих структур.

#### Список литературы

- [1] J.C. Fu, J.C. Mao, E. Wu, J.Q. Jia, B.R. Zhang, L.Z. Zhang, G.G. Qin, G.S. Wui, Y.H. Zhang. *Appl. Phys. Lett.*, **63**, 1830 (1993).
- [2] Е.В. Астрова, В.В. Емцев, А.А. Лебедев, Д.С. Полоскин, А.Д. Ременюк, Ю.В. Рудь. *ФТП*, **29**, № 7, 1301 (1995).
- [3] А.С. Зубрилов, С.В. Ковешников. Препринт (Л., 1989).

Редактор В.В. Чалдышев

### The influence of $\alpha$ -irradiation on the photoluminescence of porous silicon

*A.A. Lebedev, A.M. Ivanov, A.O. Remenyuk, Yu. V. Rud'*

A.F. Ioffe Physicotechnical Institute, Russian Academy of Sciences,  
194021 St. Petersburg, Russia

A dose dependence of photoluminescence (PL) intensity in porous silicon under  $\alpha$ -irradiation has been studied. The shape and energy position of PL spectra proved to be independent of  $\alpha$ -irradiation. The PL intensity smoothly declines with  $\alpha$ -irradiation dose in accordance with exponential law.

---