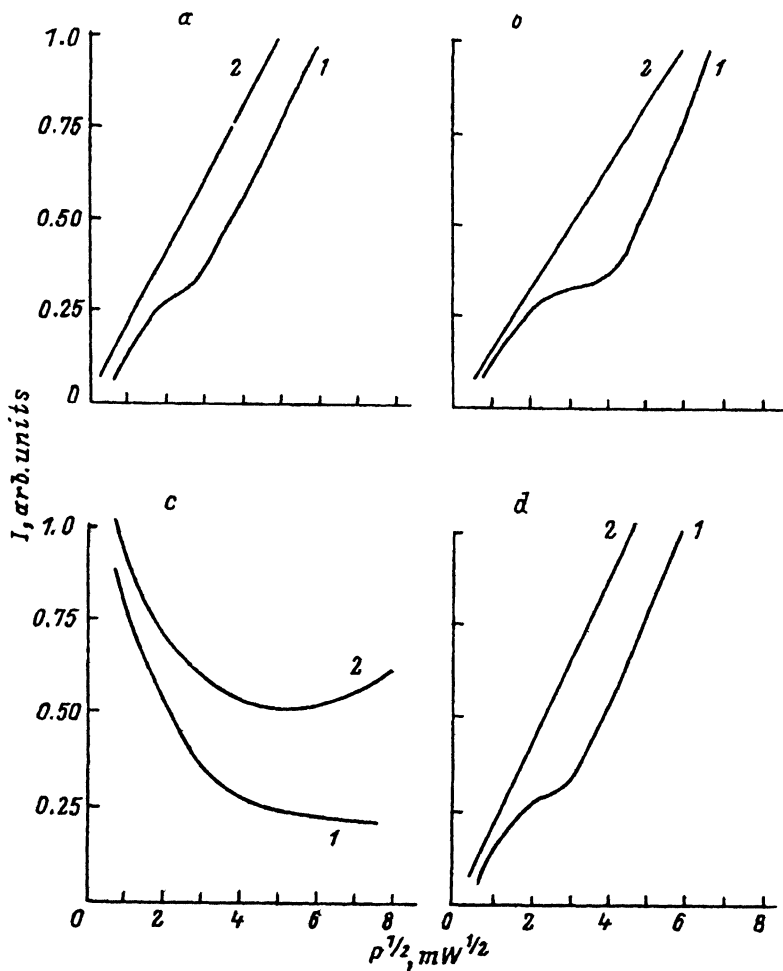


ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСВЕЩЕНИЯ НА СВОЙСТВА ПАРАМАГНИТНЫХ ДЕФЕКТОВ В ПЛЕНКАХ АМОРФНОГО ГИДРОГЕНИЗИРОВАННОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ ПЕРЕМЕННОГО СОСТАВА

С. Н. Карягин, Е. А. Константинова, А. Н. Лупачева

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, 119899, Москва, Россия
(Получено 16 февраля 1993 г. Принято к печати 26 февраля 1993 г.)

Одним из основных типов дефектов в пленках аморфного гидрогенизированного карбида кремния $a\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$ ($x = 0 \div 1$) являются оборванные связи (ОС) кремния и углерода ($\text{Si}\cdot$ и $\text{C}\cdot$) [1, 2]. Ранее нами было установлено [3, 4], что кривые зависимости интенсивности сигнала ЭПР I от мощности микроволнового излучения, падающей на образец, из-за различного насыщения сигналов от $\text{Si}\cdot$ и $\text{C}\cdot$ (см. рисунок, кривые 1), имеют характер, позволяющий качественно



Зависимости интенсивности сигналов ЭПР I от мощности микроволнового излучения P для пленок $a\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$ до освещения (1) и после освещения (2). x : $a - 0.1$, $b - 0.13$, $c - 0.3$, $d - 0.1$. T_s , °C: $a - c - 200$, $d - 240$.

оценивать относительные концентрации ОС кремния и углерода. Поскольку деградацию полупроводниковых структур на основе $a\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$ в результате длительного освещения обычно связывают с увеличением интегральной концентрации ОС (эффект Стаблера—Вронского) [5, 6], мы применили метод насыщения сигналов ЭПР для определения относительного вклада ОС $\text{Si}\cdot$ и $\text{C}\cdot$ в эти процессы.

Исследованные в работе пленки были получены при разложении в тлеющем разряде смеси газов SiH_4 и CH_4 , в качестве подложек использовались тонкие стеклянные пластины размером $4 \times 6 \times 0.2$ мм. Толщина пленок аморфного карбида кремния составляла $d = 1$ мкм для всех исследованных образцов. Варьировались как состав пленок (x), так и температура подложки T_s . Изменение состава пленок и технологических условий их получения приводило к изменению ширины запрещенной зоны E_g , которая определялась из оптических измерений. Результаты приведены в таблице.

№ образца	Состав (x)	$T_s, ^\circ\text{C}$	$E_g, \text{эВ}$	$10^{15} N, \text{см}^{-3}$	Среднее значение g -фактора	
					до освещения	после освещения
1	0.3	200	2.35	20	2.0033	2.0036
2	0.13	200	2.24	10	2.0036	2.0040
3	0.10	200	2.11	6	2.0040	2.0042
4	0.10	240	2.05	7	2.0039	2.0042

Приведенные в таблице параметры сигналов ЭПР хорошо соответствуют параметрам сигналов от ОС в аморфном карбиде кремния [7, 8]. Небольшие различия в g -факторах в зависимости от x и T_s объясняются в предположении, что наблюдаемый сигнал ЭПР является суперпозицией сигналов от ОС кремния ($\text{Si}\cdot$) и ОС углерода ($\text{C}\cdot$), а среднее значение g -фактора определяется относительным вкладом соответствующей оборванной связи в суммарный сигнал и изменяется от 2.0055 ($x = 0$) до 2.0030 ($x = 1$) [2, 4, 7].

Из рисунка видно, что до освещения росту концентрации углерода в пленках ($x = 0.10 \div 0.13$, $T_s = 200^\circ\text{C}$) соответствует увеличение излома на кривых $I(\sqrt{P})$. Дальнейшее увеличение x до 0.3 качественно изменяет характер зависимости: величина I уменьшается с ростом P (см. рисунок, *с*). Этот факт и соответствующие отношения среднего значения g -фактора свидетельствуют об увеличении относительного вклада ОС $\text{C}\cdot$ в суммарный сигнал с ростом концентрации углерода.

Из сравнения кривых *a* и *d* (см. рисунок) следует, что при неизменном составе пленок x рост температуры подложки T_s приводит к увеличению излома на кривых $I(\sqrt{P})$, а следовательно, и к увеличению относительной концентрации ОС $\text{C}\cdot$. Обнаруженный эффект, не согласующийся с большой устойчивостью связи C—H по сравнению с Si—H , отмечался также в [7].

Освещение образцов в течение 1 ч ксеноновой лампой ДКСШ-500 приводило как к увеличению интенсивности суммарного сигнала ЭПР, так и к изменению вида зависимостей $I(\sqrt{P})$. Для образцов с малым содержанием углерода ($x = 0.1 \div 0.13$) зависимости становились линейными (см. рисунок, *a, b, d*). Для образцов с большим содержанием углерода ($x = 0.3$) на падающей кривой $I(\sqrt{P})$ после облучения появляется возрастающий участок (см. рисунок, *с*).

Освещение пленок карбида кремния приводило также к увеличению средних значений g -фактора сигнала ЭПР (см. таблицу). Наблюдаемые эффекты были полностью обратимыми: через 600 ч после освещения при $T = 300^\circ\text{K}$ кривые $I(\sqrt{P})$ и средние значения g -фактора сигналов ЭПР возвращались к исходным значениям.

Полученные результаты можно объяснить в предположении, что в пленках карбида кремния более фотоактивными являются ОС кремния, т. е. освещение приводит к росту относительной концентрации ОС Si. Последнее возможно как из-за захвата неравновесных носителей заряда на центры с отрицательной энергией корреляции (Si⁻, Si⁺), так и из-за обрыва слабых связей Si—Si при рекомбинации фотовозбужденных носителей с последующей их стабилизацией за счет миграции атомов водорода. Модель генерации дефектов при освещении, связанная с обрывом связей Si—Si, достаточно хорошо обоснована экспериментально и теоретически в чистом *d*-Si : H [2, 5]. По нашему мнению, она применима и к пленкам аморфного карбида кремния, поскольку из-за большей прочности связей C—H по сравнению со связями Si—H миграция атомов водорода, стимулированная энергией, выделяемой при рекомбинации, более эффективна в ближайшем окружении атомов кремния, чем в окружении атомов углерода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] М. Бродски. Аморфные полупроводники, 346. М. (1982).
- [2] M. Stutzman, W. B. Jakson, K. A. Street, D. K. Biegelsen. In: *Disordered Semiconductors*, 407. N. Y. — London (1988).
- [3] Ю. А. Зарифьянц, С. Н. Карягин, О. Е. Коробов, А. Н. Лупачева. ФТП, 22, 738 (1988).
- [4] С. Н. Карягин, Е. А. Константинова. ФТП, 25, 503 (1992).
- [5] M. Stutzman, W. B. Jakson, C. C. Tsai. *Phys. Rev. B*, 32, 23 (1985).
- [6] P. V. Santos, W. B. Jakson. In: *Proc. XIV Int. Conf. Amorph. Semicond.*, 26. Garmisch-Partenkirchen (1991).
- [7] A. Morimoto, T. Miura, M. Kumeda, T. Shimizu. *J. Appl. Phys.*, 53, 7299 (1982).
- [8] N. Ishii, M. Kumeda, T. Shimizu. *Sol. St. Commun.*, 41, 143 (1982).

Редактор Л. В. Шаронова

ФТП, том 27, вып. 7, 1993

ДУХФОТОННОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ ПИКОВОСЕКУНДНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ В СЛОИСТОМ GeS

А. Кулибеков, Р. Фишер,¹ К. Аллахвердиев, Д. Хаарер¹

Институт физики Академии наук Азербайджана, Баку, Азербайджан
(Получена 24 февраля 1993 г. Принята к печати 4 марта 1993 г.)

Сульфид германия — слоистое полупроводниковое соединение с пространственной группой симметрии D_{2h}^{16} [1]. GeS является прямозонным полупроводником с шириной зоны при комнатной температуре $E_g = 1.65$ эВ [2]. Характерной особенностью кристаллов является сильная анизотропия спектра оптического поглощения в фундаментальной полосе для поляризаций $E \parallel b$ и $E \parallel a$, где оси b и a лежат в плоскости слоя, а оптическая ось c перпендикулярна слоям [1]. Это позволяет проводить ориентацию кристалла оптическим методом, измеряя спектры пропускания при различных поляризациях падающего света. Линейные оптические свойства GeS исследованы достаточно подробно [2, 3].

Настоящая работа посвящена изучению двухфотонного коэффициента поглощения GeS при комнатной температуре с использованием импульсного лазерного излучения.

¹ Институт экспериментальной физики, 4 Байройтского университета Германии, Байройт, Германия.