

$$X_L + X_H = 1, \quad C_L X_L + C_H X_H = C$$

рассчитаны доли «низкотемпературной»  $X_L$  и «высокотемпературной»  $X_H$  фаз, имеющих теплоемкости  $C_L$  и  $C_H$  ( $C$  — теплоемкость образца). При этом теплоемкости обеих фаз по обе стороны ФП аппроксимировались данными рис. 1. Результаты расчета приведены на рис. 2. Кривые 1—3 показывают уменьшение доли «низкотемпературной» фазы в процентах с повышением  $T$  соответственно для кривых 1—3 рис. 1. «Хвосты» при  $T > 220$  К обусловлены возрастанием  $c_p$  в результате выхода ионов серебра в междоузлия, что не учитывалось при расчете.

Таким образом, можно заключить, что в  $\alpha$ -фазе теллурида серебра реализуются два фазовых перехода, по характеру близких к ФП I рода. Прямая Te (0.075 ат.%) сильно размывает эти ФП.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Крушников Е. С., Алиев Ф. Ю., Абдуллаев А. Г. // ФТТ. 1980. Т. 22. № 8. С. 2468—2471.
- [2] Honma K., Iida K. // J. Phys. Soc. Jpn. 1987. V. 56. N 5. P. 1828—1836.
- [3] Walch P. N., Art E. W., White D. // J. Phys. Chem. 1962. V. 66. N 8. P. 1546—1549.
- [4] Гультияев П. В., Петров А. В. // ФТТ. 1959. Т. 1. № 3. С. 368—372.
- [5] Крушников Е. С., Алиев Ф. Ю. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 10. С. 3158—3160.

Институт физики АН АзССР  
Баку

Поступило в Редакцию  
6 мая 1991 г.

УДК 539.213

© Физика твердого тела, том 33, № 11, 1991  
Solid State Physics, vol. 33, N 11, 1991

## УФ-СТИМУЛИРОВАННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ТОЛЩИНЫ АМОРФНОГО ГИДРОГЕНИЗИРОВАННОГО УГЛЕРОДА

В. Л. Аверьянов, Т. К. Звонарева, А. В. Чернышев, С. Г. Ястребов

В силу специфики аморфного состояния в пленках  $a$ -C : H возможно наличие метастабильных состояний типа алмаза, графита, карбина [1], между которыми могут происходить индуцированные различными воздействиями переходы. Изучение таких переходов в  $a$ -C : H в последнее время вызывает значительный интерес. Переходы должны проявляться в изменении оптических параметров материала и, как в случае других аморфных материалов, например халькогенидных стеклообразных полупроводников [2], могут быть инициированы поглощением квантов света, вызывающих межзонные электронные переходы.

В данном сообщении приводятся результаты изучения воздействия УФ-излучения на оптические свойства слоев  $a$ -C : H и сообщается о впервые наблюдавшемся под действием УФ-света значительном уменьшении толщины слоев  $a$ -C : H.

Слои  $a$ -C : H на подложках из монокристаллического Si или плавленого кварца были получены методом реактивного магнетронного распыления на постоянном токе графитовой мишени в аргоноводородной атмосфере и методом разложения аргонометановой смеси в тлеющем ВЧ-разряде в реакторе с емкостной связью. Облучение полученных слоев проводилось Hg-лампой высокого давления мощностью 150 Вт. По данным ИК-спектроскопии, полученные слои характеризуются  $sp^3$ -гибридизацией связей и преимущественно моногидридной CN-формой вхождения водорода в структуру пленок.

При измерении спектров пропускания в спектральном диапазоне 400—750 нм было обнаружено, что в результате УФ-облучения пропускание слоев в коротковолновой области спектра увеличивается и со временем достигает насыщения. Аналогичное увеличение пропускания слоев *a-C:H*, полученных ВЧ-разложением на фиксированной длине волны  $\lambda = 337$  нм, наблюдалось ранее в [3]. Нами была изучена кинетика изменения величины пропускания слоев.

На рис. 1 приведено изменение относительного пропускания слоев для трех различных длин волн  $(\tau - \tau_0)/\tau_0$ , где  $\tau_0$  и  $\tau$  — оптическое пропускание в начальный и последующий моменты времени соответственно. Из этого рисунка видно, что в коротковолновой области спектра ( $\lambda = 410$  нм) изменения происходят значительно заметнее, чем в длинноволновой ( $\lambda = 630$  нм). Этот факт наглядно иллюстрирует сдвиг края оптического пропускания слоев *a-C:H* в результате УФ-облучения в коротковолновую область спектра. Одной из возможных причин такого сдвига может

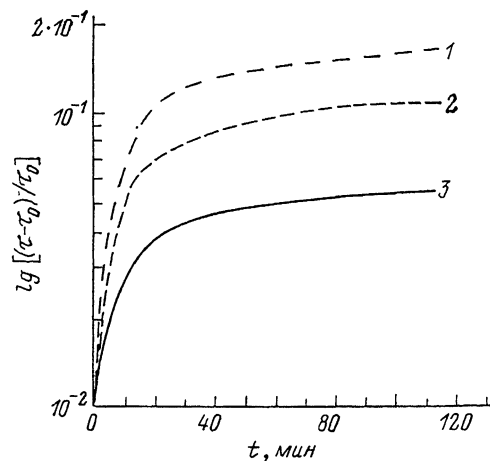


Рис. 1. Зависимость пропускания слоев *a-C:H* от времени УФ-облучения.  $\lambda = 410$  (1), 500 (2), 630 нм (3).

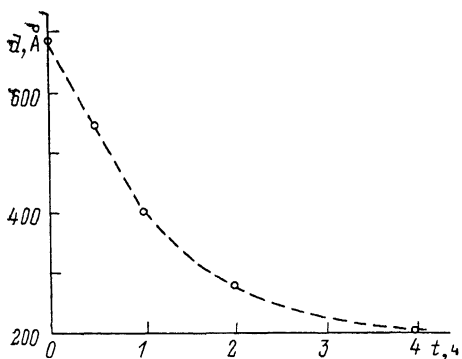


Рис. 2. Изменение толщины слоя *a-C:H* со временем УФ-облучения.

быть рост оптической ширины запрещенной зоны  $E_0$ . Общеизвестно, что изменение оптического поглощения, происходящее в результате роста  $E_0$ , сопровождается изменениями оптического показателя преломления  $n$ . Для выяснения закономерности поведения  $n$ , толщины пленки  $d$  и коэффициента экстинкции  $k$  в результате воздействия УФ-облучения было проведено эллипсометрическое исследование пленок *a-C:H*. При определении параметров пленки по измеряемым при помощи эллипсометра ЛЭФ-3м значениям  $\psi$  и  $\Delta$  решалась обратная задача отражательной эллипсометрии для системы подложка—слой [4, 5]. В результате было обнаружено, что под действием УФ-освещения величина  $n$  действительно падает от 1.86 для необлученной пленки до 1.845 для облученной. Одновременно с уменьшением  $n$  уменьшается  $k$ . Эти факты свидетельствуют об увеличении  $E_0$  материала при УФ-облучении. Вместе с тем анализ эллипсометрических измерений показывает, что со временем облучения существенно изменяется толщина слоев *a-C:H*. На рис. 2 приведена зависимость толщины слоя  $d$  от времени облучения  $t$ . Характерной особенностью данных процессов уменьшения толщины, процессов изменения  $n$ ,  $k$  и  $\tau$  является факт насыщения.

Обнаруженные изменения указанных величин целесообразно связать с совокупностью фотохимических и фотоструктурных превращений, происходящих в пленках *a-C:H* под действием УФ-излучения. Радиационный нагрев пленок в данных экспериментах является пренебрежимо малым и не оказывает существенного влияния на наблюдаемые процессы. В противном случае нагрев пленок приводил бы, как это было показано

ранее [6], к увеличению оптической плотности пленок. Протекание фотохимических реакций может происходить с участием атомарного кислорода или озона, образующихся под действием УФ-излучения. При этом процесс взаимодействия атомов кислорода осуществляется, по-видимому, как с поверхностными слоями пленки, так и с объемом. В результате такого взаимодействия происходят как изменения химического состава, так и структуры пленки, что проявляется в наблюдаемых изменениях оптических параметров и толщины материала.

Таким образом, резюмируя полученные результаты, можно утверждать, что УФ-облучение слоев  $a$ -C : H приводит к фотостимулированным изменениям оптических параметров материала  $n$ ,  $k$  и, следовательно,  $E_0$  сопровождающимся существенными изменениями толщины слоев  $d$ . Эти изменения свидетельствуют о протекании под действием УФ-облучения фотостимулированных процессов в сетке аморфного гидрогенизированного углерода  $a$ -C : H.

Авторы признательны В. М. Любину за полезные обсуждения работы, В. Х. Кудояровой за измерение ИК-спектров поглощения.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Алмаз в электронной технике. М.: Энергоатомиздат, 1990. С. 248.
- [2] Kolomiets B. T., Lyubin V. M. // Mat. Bull. 1978. V. 13. P. 1343—1352.
- [3] Васильев В. А., Волков А. С., Мусабеков Е., Теруков Е. И. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. № 8. С. 1675—1681.
- [4] Azzam R. M., Bashara N. M. Ellipsometry and Polarised Light. Amsterdam, North Holland, 1977.
- [5] The Optical Constants of Bulk Materials and Films. IOP Publishing, 1988.
- [6] Watanabe I. et al. // Jpn. J. Appl. Phys. 1986. V. 25. P. 1851—1857.

Физико-технический институт  
им. А. Ф. Иоффе АН СССР  
Санкт-Петербург

Поступило в Редакцию  
27 мая 1991 г.

© Физика твердого тела, том 33, № 11, 1991  
Solid State Physics, vol. 33, N 11, 1991

### МАГНИТНАЯ СТРУКТУРА $Tb_2Cu_2O_5$ И $Tm_2Cu_2O_5$

*И. В. Голосовский, Б. В. Миль, В. П. Плахтий, В. П. Харченко*

В наших предыдущих работах [1, 2] сообщалось о магнитном упорядочении в  $Lu_2Cu_2O_5$  и  $Er_2Cu_2O_5$ . В этих соединениях, кристаллизующихся в ромбической пространственной группе  $R\bar{3}m2_1$ , спины  $Cu^{2+}$  направлены вдоль оси [010] и образуют чередующиеся по знаку ферромагнитные слои, параллельные плоскости (001). Магнитные моменты  $Er^{3+}$  неколлинеарны

Т а б л и ц а 1

Координаты и магнитные моменты атомов меди и тербия в  $Tb_2Cu_2O_5$   
( $a=10.856$  (3) Å,  $b=3.548$  (1) Å,  $c=12.537$  (3) Å)

	$x/a$	$y/b$	$z/c$	$M_x, \mu_B$	$M_y, \mu_B$	$M_z, \mu_B$	$M, \mu_B$
Cu1	0.9875 (7)	0.667 (2)	0.118 (1)	0.0 (2)	0.83 (5)	0.0 (2)	0.83 (5)
Cu2	0.2610 (7)	0.654 (2)	0.220 (1)	0.0 (2)	0.83 (5)	0.0 (2)	0.83 (5)
Tb1	0.206 (1)	0.221 (2)	0	-1.9 (1)	-5.1 (3)	-2.15 (5)	5.9 (3)
Tb2	0.041 (1)	0.222 (2)	0.3300 (5)	0.0 (2)	-4.4 (3)	0.0 (2)	4.4 (3)
$R, \%$	$R_N=5.4$			$R_M=5.4$			