

кости $c(\mathbf{k})$ необходимо, строго говоря, добавить локальную массу m_l и локальную жесткость c_l , поскольку в рамках проводимого исследования не учитывалась микроструктура доменных границ. Указанная проблема аналогична проблеме ядра в теории дислокаций, причем влияние ядра на динамику дислокаций также описывается феноменологически. Используя численные значения параметров, легко убедиться в том, что учет локальной массы необходим лишь в небольшом интервале направлений распространения волн вблизи оси OY , причем этот интервал быстро сужается с уменьшением k . Вклад сил поверхностного натяжения в формирование спектра изгибных колебаний доменной границы пренебрежимо мал в области применимости теории $kl \ll 1$. Исключение составляет лишь особое направление $k_x = 0$. Закон дисперсии изгибных колебаний доменных границ имеет такой же вид $\omega \propto k$, как в случае объемных акустических колебаний кристалла с резкой анизотропией скорости волны в зависимости от ее направления распространения.

Аналогичный эффект, связанный с влиянием инерции среды на колебания доменных границ, не учтен в [4] при исследовании изгибных колебаний границ в ферромагнетиках. Решая совместно уравнение (1), уравнения магнитостатики и динамическое уравнение теории упругости, нетрудно показать, что колебания доменных границ в ферромагнетиках описываются уравнением (4), где $m(\mathbf{k}) \propto 1/k$, $c(\mathbf{k}) \propto 1/k$, так же как в случае сегнетоэлектриков. Численные оценки нелокальной массы, обусловленной запаздыванием магнитного поля, связанным через магнитоупругую связь с инерцией среды, для разных материалов дают: $m \propto \frac{1}{k} (10^{-10} - 10^{-6})$ г/см², в то время как локальная масса имеет порядок $m_l \propto (10^{-11} - 10^{-10})$ г/см². Таким образом, для длинноволновых колебаний в отличие от [4] будет выполняться соотношение $\omega \propto k$. Указанные особенности спектра изгибных колебаний в первую очередь должны проявляться в экспериментах по исследованию диэлектрической и магнитной проницаемостей, по взаимодействию границ с ультразвуком, в частности в процессах генерации ультразвука доменными границами и т. д.

Л и т е р а т у р а

- [1] Лайтман Б. Д. ФТТ, 1973, т. 15, № 1, с. 93—102.
- [2] Косолюв А. Т., Перевозников А. М., Рошупкин А. М. Поверхность. Физика, химия, механика, 1983, № 10, с. 36—50; Косолюв А. Т., Перевозников А. М., Рошупкин А. М. Динамика дислокаций и когерентных межфазных границ в кристаллах. Воронеж: ротапринт ВПИ, 1984. 93 с.
- [3] Даринский Б. М., Сидоркин А. С. ФТТ, 1987, т. 29, № 1, с. 3—8.
- [4] Малоземов А., Слопзуски Дж. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами. М.: Мир, 1982. 382 с.

Воронежский политехнический
институт
Воронеж

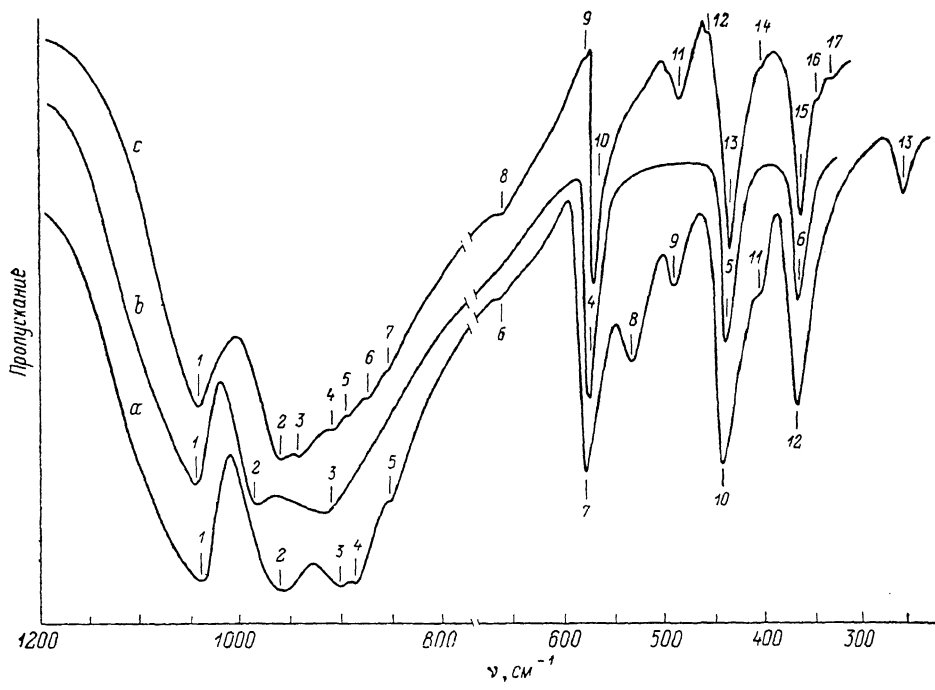
Поступило в Редакцию
11 февраля 1988 г.

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СПЕКТРЫ β -Si₃N₄

Ю. Н. Волгин, В. В. Балтизманский, Ю. И. Уханов, Б. В. Черновец

Нитрид кремния привлекает внимание специалистов различных областей. Исследуется структура [1-5], изучаются оптические свойства [6-11]. В настоящее время принято, что нитрид кремния существует в виде двух полиморфных модификаций и в аморфном состоянии. Авторы всех струк-

турных исследований приписывают α - Si_3N_4 группу C_{3v}^4 ($P31c$). Для β - Si_3N_4 в [1, 5] дается группа C_6 ($P6_3/m$), а в [4] — C_6 ($P6_3$). Теоретико-групповой анализ (ТГА) колебательного спектра α, β - Si_3N_4 на основе первых двух групп был выполнен нами [7, 8] и в [10]. Результаты расчетов совпадают. В настоящей работе проведен ТГА β - Si_3N_4 на основе группы C_6 , получены инфракрасные (ИК) спектры и спектры комбинационного рассеяния (СКР) порошка, представляющего по данным рентгенофазового анализа (РФА) β - Si_3N_4 . Полученное полное приводимое представление имеет вид: $\Gamma = 7A + 7B + 7E_1 + 7E_2$. Здесь: $(A + E_1)$ — акустические моды, $(6A + 6E_1)$ —



ИК спектры β - Si_3N_4 .

a — наши данные, *b* — из работы [10], *c* — из работы [11].

моды, активные в ИК спектре; $(6A + 6E_1 + 7E_2)$ — моды, активные в СКР. Согласно этому расчету, в СКР должны наблюдаться 19 линий, 12 из которых должны быть также активны в ИК спектре. ИК спектры регистрировались на спектрофотометре DS-403. Порошок нитрида кремния запрессовывался в CsI. СКР регистрировались на спектрофотометре Spex—Ramalog. Возбуждение осуществлялось линией 483 нм аргонового лазера. Поляризация рассеянного света не анализировалась. Полученные ИК спектры приведены на рисунке, *a*. Наблюдается 13 полос поглощения. Две полосы при 680 и 415 cm^{-1} и очень слабая полоса около 850 cm^{-1} совпадают с по-

Линии КР β - Si_3N_4

Частота, cm^{-1}		Частота, cm^{-1}	
наши данные	из работы [10]	наши данные	из работы [10]
1043	1047	456	—
938	939	449	451
927	928	252	—
862	864	227	229
802	—	206	210
792	—	184	186
730	732	—	144
617	619		

лосами, наблюдавшимися в спектре α - Si_3N_4 [6, 8, 10]. В СКР мы наблюдали 14 линий, частоты которых приведены в таблице. Таким образом, количественное соответствие с результатами ТГА удовлетворительное, однако и в ИК, и в КР спектре одновременно активны только две моды. Необходимо подчеркнуть, что аналогичная картина наблюдается и для α - Si_3N_4 [10]. На рисунке, *b*, *c* приведены ИК спектры, полученные в [10, 11]. Проведем сравнение всех спектров, приведенных на рисунке. Видно, что ИК спектры порошков, каждый из которых представляет, согласно РФА, β - Si_3N_4 , в целом очень похожи, однако в деталях заметно отличаются. Прежде всего следует отметить, что авторы работы [11] приписывают β - Si_3N_4 17 полос поглощения. Видно, что в спектре «*b*» полоса (2) смещена на 27 см^{-1} , отсутствует полоса 675 см^{-1} и др. В спектре «*a*» наблюдаются полосы (8) и (13), а в спектре «*c*» — слабые полосы (16) и (17), которые отсутствуют в двух других спектрах соответственно. Заметно отличается положение и структура полос в области $850\text{—}950 \text{ см}^{-1}$.

Если таким же образом проанализировать СКР, полученные в настоящей работе и в работе [10], то выявится аналогичная картина (см. таблицу). Восемь линий можно считать совпадающими. Частоты двух отличаются на 4 см^{-1} . Интенсивности этих линий коррелируют, за исключением линии 229 см^{-1} , которая у нас гораздо слабее. В то же время в настоящей работе в СКР наблюдаются две относительно интенсивные линии около 792 и 802 см^{-1} и две слабые линии при 252 и 456 см^{-1} , которых нет в [10], а также отсутствует линия 144 см^{-1} , наблюдавшаяся в [10].

Обобщая, можно резюмировать, что как ИК, так и КР спектры порошков нитрида кремния, представляющих, по данным РФА, β - Si_3N_4 , в деталях существенно отличаются, хотя в целом между ними наблюдается хорошее соответствие. Аналогичная ситуация наблюдается и при сравнении ИК спектров α -модификации нитрида кремния [8, 10, 11].

Такая ситуация, по нашему мнению, указывает на широко развитый в нитриде кремния политипизм. Видимо, нельзя исключать и возможность существования других полиморфных модификаций (кроме общепринятых α и β).

Переход от одной полиморфной модификации к другой в нитриде кремния, видимо, может осуществляться через промежуточные структурные состояния, которые не могут быть сопоставлены периодическим плоскостным или линейным искажениям «обычных» политипов. Можно предложить назвать их квазиполитипами, а общую ситуацию — микрополитипизмом.

Можно предположить существование конечного набора взаимных расположений атомов, не совпадающих точно с характерными для α - или β -модификаций длинами связей Si—N , слабо отличающихся способами стыковки структурных единиц — тетраэдров SiN_4 или их комбинаций. Возникновение таких отклонений может быть обусловлено наличием дефектов по отношению к идеализированным структурам α и β . Дефекты могут быть связаны с отклонением состава от стехиометрического или наличием примесей, в том числе замещением примесями собственных атомов в структурных единицах.

Вероятностный характер размещения дефектов в кристаллической структуре не приводит к возникновению новой трансляционной симметрии и появлению особенностей в спектрах рентгеновской дифракции. Однако появляется достаточное число ансамблей одинаковых осцилляторов для обнаружения полос и линий в оптических колебательных спектрах.

Таким образом, нитрид кремния благодаря своим необычным термодинамическим и другим свойствам склонен к совместному образованию различных квазиполитипов при одних и тех же или слабо отличающихся условиях синтеза. Этот вывод вытекает из анализа колебательных спектров. Даже при получении поликристаллических сплошных образцов под высоким давлением и при высокой температуре в их спектре ИК отражения появляется дополнительная полоса, которой не наблюдается в спектре пропускания исходного порошка [8].

- [1] Raddlesden J., Popper P. Acta Cryst., 1958, vol. 11, N 3, p. 465—470.
 [2] Marchand R. Acta Cryst., 1969, vol. 19, N 12, p. 2159—2165.
 [3] Marchand R. These. L'Universite' de Rennes, 1969. 109 p.
 [4] By Reinart Griin. Acta Cryst., 1979, vol. 35, N 10, p. 800—804.
 [5] Goodman B. P., O'Keefe M. Acta Cryst., 1980, vol. 36, N 12, p. 2891—2893.
 [6] Волгин Ю. Н., Уханов Ю. И. Опт. и спектроскоп., 1975, т. 38, № 4, с. 727—730.
 [7] Берман И. И., Волгин Ю. Н., Усов О. А., Уханов Ю. И. Тезисы 8-й Уральской конференции по спектроскопии. Свердловск, 1975, УИЦ АН СССР. 112 с.
 [8] Волгин Ю. И., Усов О. А., Уханов Ю. И., Берман И. И., Акселевич А. И. Сб. «Оптические исследования полупроводников». Свердловск, 1980, УИЦ АН СССР. 111 с.
 [9] Kuzuba T., Kijima K., Bando Y. J. Chem. Phys., 1978, vol. 69, N 1, p. 40—42.
 [10] Wada N., Solin S. A., Wong J., Prochazka S. J. Non Cryst. Sol., 1981, vol. 43, N 1, p. 7—15.
 [11] Luongo J. P. J. Electrochem. Soc., 1983, vol. 130, N 7, p. 1560—1562.

Ленинградский политехнический
 институт им. М. И. Калинина
 Ленинград

Поступило в Редакцию
 30 октября 1987 г.
 В окончательной редакции
 15 февраля 1988 г.

УДК 621.373.826

Физика твердого тела, том 30, в. 6, 1988
 Solid State Physics, vol. 30, № 6, 1988

ФОТОИНДУЦИРОВАННОЕ И РЭЛЕЕВСКОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА В $\text{LiTaO}_3 : \text{Cr}$

В. Б. Батоев, Е. М. Уюкин

Известно, что одним из проявлений оптического повреждения в фото-рефрактивных кристаллах является индуцированное светом рассеяние лазерного луча [1, 2]. Явление это естественно, поскольку в области прохождения светового пучка происходит уменьшение двулучепреломления $\Delta n = n_e - n_o$ кристалла.

В данной работе сообщается о наблюдении фотоиндуцированного рассеяния света (ФИРС) в кристаллах танталата лития, легированных хромом. Обнаружено нестационарное рэлеевское рассеяние света. Наблюдаемые явления сопровождались возникновением оптического повреждения и фотохромного эффекта в кристалле. Предполагается, что природа ФИРС обусловлена формированием шумовых голографических решеток с нефотовольтаическим механизмом записи.

На рис. 1 показано поведение интенсивностей пучка света с необыкновенной поляризацией, проходящего через кристалл в направлении оси x (y), и рассеянных под различными углами пучков во времени. Для обыкновенной поляризации световой волны ФИРС отсутствует. Интересно отметить, что после предварительного облучения образца в направлении P_x световым пучком, сформированным от ртутной лампы, время достижения максимального рассеяния света в кристалле увеличилось в 5.4 раза. При необыкновенной поляризации светового пучка наблюдалось также значительное изменение Δl в кристалле, тогда как при обыкновенной поляризации луча оптическое повреждение не имело места. Характер ФИРС при облучении кристалла световыми пятнами различной конфигурации (эллиптическая световая полоска на кристалле располагалась вдоль или поперек P_x) оставался неизменным.

Наряду с ФИРС существует нестационарное, практически не зависящее от угла наблюдения рассеяние света (в эксперименте оказалось удобным наблюдение под 90° к падающему на кристалл пучку). Это рассеяние