

ПОГЛОЩЕНИЕ ИНФРАКРАСНОГО СВЕТА НА ПОВЕРХНОСТИ МОНОКРИСТАЛЛОВ КАРБИДА КРЕМНИЯ

*Ю. А. Пасечник, О. В. Снитко, О. М. Гецко,
В. Ф. Романенко*

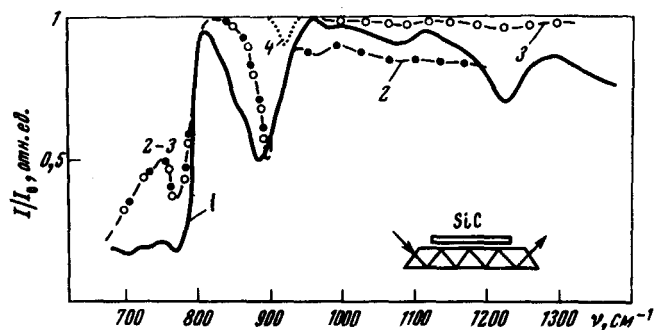
Известно, что ионные кристаллы конечных размеров имеют поверхностные моды оптических колебаний [1 – 3].

Если размеры кристаллов меньше длины волны ИК света этой области спектра, то в поглощении проявляются радиационные моды фононных частот микрокристаллов. На микрокристаллах нитевидного карбида кремния β -SiC эти фононы наблюдались в работе [4]. Для тонких пластин и полубесконечных кристаллов характерны поверхностные нерadiационные моды, которые в обычных спектрах поглощения и отражения не проявляются.

Впервые нерадиационные поверхностные поляритоны в оптических спектрах изучены на NaCl [5] и на GaP [6] при использовании метода полного внутреннего отражения.

В данной работе для исследования поглощения ИК света на поверхности SiC использована методика многократного внутреннего отражения (МВО). Кристаллы карбида кремния обладают ковалентной связью между атомами, доля ионной связи у них составляет 12%, однако в спектрах отражения оптические объемные фононы проявляются достаточно хорошо [7].

Измерения спектров МВО проведены при p -поляризации света на спектрометре ИКС-12 с ИМЭИК-1 в области волновых чисел $700 - 1300 \text{ см}^{-1}$. Наличие трапецидального элемента МВО из арсенида галлия у поверхности образцов карбида кремния (рисунок) делает нерадиационные поверхностные моды оптически активными. Влияние интерференционных эффектов в эксперименте исключалось.



Спектры многократного внутреннего отражения естественной поверхности карбида кремния: кривая 1 и 2 – $\beta\text{-SiC}$ и $\alpha\text{-SiC}(6H)$ до травления в HF , кривая 3 – $\alpha\text{-SiC}(6H)$ после травления, кривая 4 – $\beta\text{-SiC}$ после травления и $d_3 = 2 - 4 \text{ мк}$. $T = 300^\circ\text{K}$, I/I_0 – отношение интенсивностей ИК света, прошедшего через элемент МВО с образцом 1 и без образца 1.

В исследуемой области частот ИК свет вызывает оптические колебания решетки SiC , а также колебания Si-O связей в самом карбиде кремния и в пленке окисла на его поверхности. Изучены естественные поверхности роста кристаллов $\beta\text{-SiC}$ и $\alpha\text{-SiC}(6H)$, а также поверхности, полученные после травления кристаллов в кислоте HF , удаляющей окисел с поверхности карбида кремния. На рисунке показаны спектры многократного отражения для кубической (кривая 1) и гексагональной (кривая 2) модификаций карбида кремния.

Поглощение ИК света проявляется на частотах около 795 см^{-1} , 900 см^{-1} , $1060 - 1080 \text{ см}^{-1}$ и $1150 - 1300 \text{ см}^{-1}$. Область спектра вблизи 795 см^{-1} хорошо изучена по спектрам поглощения и отражения [7] и характеризует частоту поперечного оптического фонона. Полосы поглощения на частотах $1060 - 1080 \text{ см}^{-1}$ и $1150 - 1300 \text{ см}^{-1}$ характерны для плавленого кварца и, по-видимому, обусловлены поглощением света аморфной окисной пленкой SiO_2 , толщина которой (по оценкам) составляет $60 - 80 \text{ \AA}$. Действительно, обработка образцов SiC в HF при-

водит к уменьшению поглощения в этих полосах (кривая 3). На удаление аморфной окисной пленки ($d_{\text{пл}} \leq 5 \text{ \AA}$) указывают данные электронограмм, полученные при скользящем падении пучка электронов.

Особенно интенсивной в спектре МВО является полоса поглощения $840 - 950 \text{ см}^{-1}$, наблюдаемая только при p -поляризации света. В спектре обычного отражения при $E \perp C$ этой полосы нет. Для необыкновенного луча при $E \parallel C$ в работе [8] наблюдались слабые полосы в спектрах отражения на частотах 885 см^{-1} для $\alpha\text{-SiC (6H)}$ и 858 см^{-1} для $\alpha\text{-SiC (15R)}$, которые авторы связывают с наличием активного осевого оптического фонона.

В нашем случае полоса поглощения $840 - 950 \text{ см}^{-1}$ наблюдается в кубическом $\beta\text{-SiC}$ (рисунок), в котором объемные моды, связанные с анизотропией кристалла, отсутствуют. Полоса расположена между поперечным и продольным оптическими фононами, где диэлектрическая проницаемость $\epsilon(\nu) < 0$, что является необходимым условием существования поверхностных фононов. В этой области ИК свет проникает в кристалл на глубину меньше $1 - 2 \text{ мк}$.

В пользу поверхностной природы полосы свидетельствует также зависимость ее положения и полуширины от величины зазора d_3 между образцом и элементом МВО. Максимальное поглощение наблюдается при $d_3 \sim 0,6 - 0,8 \text{ мк}$, который у нас возникает вследствие неидеального оптического контакта. Улучшение контакта приводит к уменьшению данного пика. При удалении образца $\beta\text{-SiC}$ на $2 - 4 \text{ мк}$ от призмы наблюдается пик поглощения на частоте (которая не меняется при изменении величины в указанном пределе) $\nu_s = 936 \text{ см}^{-1}$, с полушириной $6 - 8 \text{ см}^{-1}$ (рисунок, кривая 4).

Значительная ширина полосы $840 - 950 \text{ см}^{-1}$ вызвана, по-видимому, радиационным уширением при малом зазоре. С помощью дисперсионных соотношений для поверхности оптических колебаний [1-5] и выражения для диэлектрической проницаемости без учета затухания получено значение граничной частоты нерadiационных фононов для $\nu_s = 951 \text{ см}^{-1}$. При прохождении ИК света в элементе МВО под углом $\phi_s = 45^\circ$ расчетное значение ν_s составляет 945 см^{-1} (коэффициент преломления призмы $n = 3,3$), что хорошо согласуется с экспериментально полученным значением $\nu_s = 936 \text{ см}^{-1}$ и свидетельствует о поверхностной природе наблюдаемой полосы.

При расчете использованы данные [9] для статической и высокочастотной диэлектрической проницаемости $\epsilon_0 = 9,72$; $\epsilon_\infty = 6,52$ и $\nu_{\text{ТО}} = 796 \text{ см}^{-1}$.

Некоторые различия в экспериментальном и расчетном значениях ν_s для $\phi_s = 45^\circ$ может быть вызвано отсутствием учета затухания в зависимости $\epsilon(\nu)$.

В заключение авторы благодарят Т.И. Кучер и М.Н. Лисицу за участие в обсуждении результатов работы.

Литература

- [1] R.Fuchs, K.L.Kliever. Phys. Rev., 140, 2076, 1965; 144, 495, 1966; 150, 573, 1966.
 - [2] R.Englman, R.Ruppin. J. Phys. C: Proc. Phys. Soc., 614, 1968; 630, 1968; 1515, 1968.
 - [3] В.В.Брыксин, Ю.А.Фирсов. ФТТ, 11, 2167, 1969; 13, 496, 1971.
 - [4] W.W.Pultz, W.Hertl. Spectrochim Acta, 22, 573, 1966.
 - [5] В.В.Брыксин, Ю.М.Гербштейн, Д.Н.Мирлин. ФТТ, 13, 2125, 1971; 14, 543, 1972.
 - [6] N.Marschall, B.Fischer. Phys. Rev. Lett., 28, 13, 811, 1972.
 - [7] W.G.Spitzer, D.Kleinman, C.J.Frosch, D.J.Walsh. Proc Conf. on Silicon Carbide, apr 1959, Perg. Pr. N.Y. 1960; Phys. Rev, 113, 127, 1969.
 - [8] М.А.Ильин, Е.П.Рашевская. ФТП, 5, 1658, 1971; 6, 1404, 1972.
 - [9] L.Patrick, W.J.Choyke. Phys. Rev. B., 2, 2255, 1970.
-