

ИЗМЕНЕНИЕ СПЕКТРА ОТРАЖЕНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КВАРЦА ПРИ ОБЛУЧЕНИИ БЫСТРЫМИ НЕЙТРОНАМИ

А. Б. Васильев, Л. Д. Кисловский, И. Х. Абдукадырова и В. Н. Крейскоп

Оптическим свойствам облученного нейтронами кристаллического и плавленого кварца в области интенсивных ИК полос поглощения посвящен ряд работ, например [1-3]. Спектры отражения позволяют наблюдать изменения структуры кварца при облучении, в частности, при возрастании дозы происходит как бы повышение симметрии элементарных тетраэдров SiO_4 , что приводит к уменьшению интенсивности полосы симметричных валентных колебаний (частота максимума 797 см^{-1}) и снятию расщепления полос асимметричных валентных (около 1110 см^{-1}) и деформационных (около 490 см^{-1}) колебаний.

Количественное исследование структурных изменений затруднено необходимостью анализа достаточно сложного спектра, состоящего из ряда перекрывающихся полос. Разработанные для анализа сложных спектров дисперсионные методы [4] и методы расчета по интегральным соотношениям [5] позволяют получить необходимую информацию, но требуют предварительного знания собственных частот спектра или измерений в достаточно широкой спектральной области. В настоящей работе результаты измерений интерпретируются с помощью простой модели эффективного осциллятора на плоскости комплексной амплитуды отражения [6], позволяющей получить информацию о положении и величине максимума поглощения непосредственно из спектра отражения.

Исследование изменений спектра отражения кристаллического кварца проводилось в области $200-1400 \text{ см}^{-1}$ при облучении дозами быстрых нейтронов до $7.4 \cdot 10^{19}$ нейтр/см². Измерения отражения проводились в неполяризованном свете от плоскости Z-среза, при угле падения 12° на спектрофотометрах ДС-301 фирмы Джаско и ФИС-3 фирмы Хитачи. Обращает на себя внимание хорошая корреляция между изменениями в спектре отражения в области пиков 396 и 797 см^{-1} , в то время как «дублет» 1110 см^{-1} и полоса отражения с максимумом на 475 см^{-1} обнаруживают немонокотное и неодинаковое изменение при увеличении дозы облучения. Полоса 797 см^{-1} (рис. 1) более удобна для количественного определения степени уменьшения объемной доли структуры α -кварца в образце. Расчет показателя поглощения k в его максимуме проводился согласно модели эффективного осциллятора на плоскости комплексной амплитуды отражения [6].

При этом k определялось по формуле

$$k = \frac{2(R_m - R_0)}{\sqrt{R_m}(1 - \sqrt{R_0})}, \quad (1)$$

где R_0 и R_m — соответственно коротковолновая асимптотическая величина коэффициента отражения и коэффициент отражения в максимуме полосы. Частоту максимума поглощения можно определить, используя выражение для коэффициента отражения R_x в максимуме полосы поглощения, следующее из модели [6, 7]

$$R_x = 1 - \frac{1 - R_0}{1 + \left(\frac{R_m - R_0}{\sqrt{R_m}(1 - \sqrt{R_0})}\right)^2}. \quad (2)$$

Согласно [8], максимум поглощения лежит по низкочастотную сторону от максимума отражения в случае, когда

$$R_m > \sqrt{R_0} \left(1 + \frac{\sqrt{R_\infty} - \sqrt{R_0}}{4\sqrt{R_0}}\right). \quad (3)$$

Здесь R_∞ — длинноволновая асимптотическая величина коэффициента отражения. Частота максимума поглощения при этом находится как частота, соот-

Положение максимумов отражения ω_m и поглощения ω_k полосы симметричных валентных колебаний в образцах кристаллического кварца с различной дозой облучения

Доза $\cdot 10^{-19}$, нейтр./см ²	0	0.9	2.0	4.6	5.1	6.7	7.4	Необлученный плавленый кварц
ω_m , см ⁻¹	797.5	795	794.5	790	786	779	777	778
ω_k , см ⁻¹	796	793.5	794	791	789	792	792	792

ветствующая на экспериментальной кривой найденному по (2) низкочастотному значению R_k . Погрешность ее определения, вызванная неточностью определения R_k , не превышает 0.5 см^{-1} . В случае, когда экспериментальные данные удовлетворяют соотношению обратному (3), частота, соответствующая вычисленному по (2) значению R_k , берется по коротковолновую сторону от R_m .

На рис. 2 приведены величины коэффициента отражения в максимуме полосы, на частоте максимума отражения необлученного кристалла и результаты расчета по (1) значения максимума поглощения в зависимости от дозы облучения. Следует заметить, что в работе [1] по смещению максимума отражения

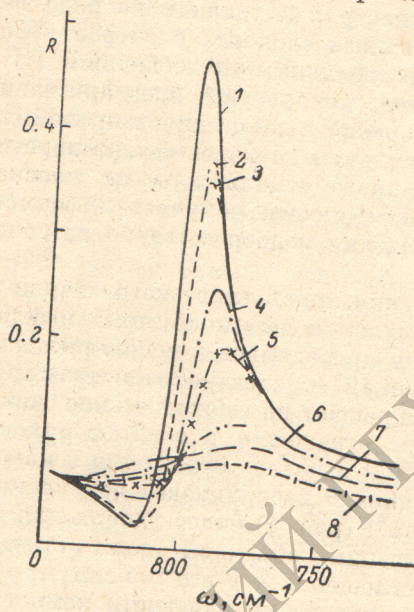


Рис. 1. Спектры отражения кварца в области полосы 797 см^{-1} , Z-срез.

1 — необлученный кристаллический кварц, 2 — доза $0.85 \cdot 10^{19}$, 3 — доза $2 \cdot 10^{19}$, 4 — доза $4.6 \cdot 10^{19}$, 5 — доза $5.05 \cdot 10^{19}$, 6 — доза $6.7 \cdot 10^{19}$, 7 — доза $7.35 \cdot 10^{19}$ нейтр./см², 8 — необлученный плавленый кварц.

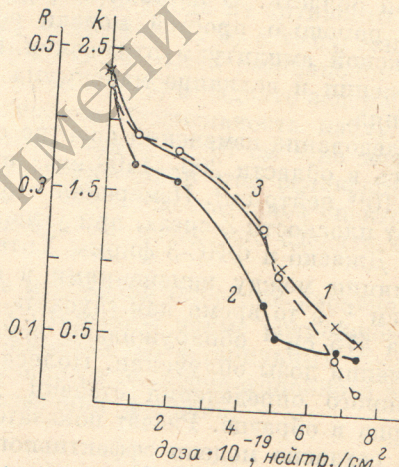


Рис. 2. Коэффициент отражения кристаллов в зависимости от дозы облучения.

1 — отражение в максимуме полосы полностью симметричного валентного колебания, 2 — отражение на частоте максимума отражения необлученного кристалла — 797 см^{-1} , 3 — величины максимумов поглощения, найденные по (1) с использованием данных по спектру отражения.

делают вывод об аналогичном смещении максимума поглощения, в то время как расчет с использованием формулы (2) дает существенно меньшее смещение (см. таблицу). Из рис. 2 видно, что более резкое изменение при малых дозах облучения происходит с отражением на частоте максимума отражения необлученного кристаллического кварца. Это, в частности, открывает возможность при построении соответствующей градуировочной кривой использовать величину отражения при этой частоте для определения степени изменения структуры кварца при облучении. Заметим, что из рис. 2 видно, что при не слишком больших дозах величина поглощения в максимуме полосы соответствует отражению в максимуме полосы.

Сопоставление спектров кристаллического кварца, облученного дозами $4.6 \cdot 10^{19}$ нейтр./см² и более, и необлученного аморфного в области максимумов 490 и 1110 см^{-1} показывает, что они отличаются по форме и положению максимумов отражения, причем при увеличении дозы не наблюдается тенденция

к сближению спектров. Ранее в [9], по данным рентгенофазного анализа кристаллов искусственного кварца, идентичных используемым нами, также был сделан вывод, что при дозе, большей $4.5 \cdot 10^{19}$ нейтр/см², возможен интенсивный переход облученного α -кварца в состояние, близкое к высокотемпературной фазе β -кварца. Все это еще раз свидетельствует, что при нейтронном облучении происходит не только аморфизация кварца. Увеличение дозы может инициировать фазовый переход.

Литература

- [1] I. Šimon. J. Am. Ceram. Soc., 40, 150, 1957.
- [2] W. Primak. Phys. Rev., 110, 1240, 1958.
- [3] J. V. Bates, R. W. Hendricks, L. B. Shaffer. J. Chem. Phys., 61, 4163, 1974.
- [4] М. В. Белоусов, Д. Е. Погарев. Опт. и спектр., 38, 1018, 1975.
- [5] Л. И. Альперович. Метод дисперсионных соотношений и его применение для определения оптических характеристик. Ирфон, Душанбе, 1973.
- [6] Л. Д. Кисловский. Опт. и спектр., 1, 672, 1956.
- [7] Л. Д. Кисловский. Опт. и спектр., 5, 66, 1958.
- [8] Л. Д. Кисловский. Опт. и спектр., 1, 1009, 1956.
- [9] Ш. А. Вахидов, И. Х. Абдукадырова, Н. Н. Мухтарова. В сб.: Радиационные дефекты в кислородсодержащих средах и стеклах, 53. ФАН, Ташкент, 1978.

Поступило в Редакцию 10 сентября 1981 г.

УДК 539.182.2

СПЕКТР Al^{IV} В ВАКУУМНОЙ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ОБЛАСТИ

М. И. Мадин

В спектре трехкратно ионизованного атома алюминия в [1] были измерены и отождествлены линии, соответствующие переходам с возбужденных $2p^5ns$, nd $1^3P_1^o$, $3D_1^o$ -уровней на основной для значений главного квантового числа $n=3-6$. Используя в качестве источника возбуждения низковольтный импульсный разряд в вакууме [2], нам удалось наблюдать более высокие члены ns - и nd -серий в спектре этого иона. Спектр был получен в разряде между алюминиевыми электродами при следующих параметрах контура: $C=8000$ мкФ, $R \leq 0.002$ Ом, $L \approx 0.6$ мкГн, $U=350$ В. Фотографирование спектра производилось на дифракционном спектрографе ДФС-6 с решеткой 600 штр/мм с углом падения излучения 82° . Величина обратной линейной дисперсии прибора в области 10 нм составила 0.29 нм/мм. При ширине входной щели 5 мк для полу-

Новые линии иона Al^{IV}

I	$\lambda_{изм}$, нм	Предыдущие измерения, нм	E , см ⁻¹	Переход
2	11.054	—	904650	$2p^6 1S_0 - 2p^5 6s [^3/2]_1^o$
4	11.013	—	908020	$6s' [^1/2]_1^o$
6	10.736	10.737	931445	$7d [^3/2]_1^o$
6	10.699	10.699	934665	$7d' [^3/2]_1^o$
5	10.638	—	940025	$8d [^3/2]_1^o$
3	10.601	—	943305	$8d' [^3/2]_1^o$
4	10.572	—	945895	$9d [^3/2]_1^o$
3	10.535	—	949215	$9d' [^3/2]_1^o$
2h	10.526	—	950030	$10d [^3/2]_1^o$
1h	10.489	—	953380	$10d' [^3/2]_1^o$

Примечание. h — размытая диффузная линия.