

УДК 541.15

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Академик В. И. СПИЦЫН, Г. Н. ПИРОГОВА, А. И. РЯБОВ,  
Е. М. ШПРИШОВ, П. Я. ГЛАЗУНОВ

## КОРОТКОЖИВУЩЕЕ ОПТИЧЕСКОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ В ПЛАВЛЕННОМ КВАРЦЕ

Изменение оптических свойств кварца под влиянием ионизирующего излучения исследовалось многими авторами (<sup>1-7</sup>). Влияние импульсной радиации рассматривалось только в работе (<sup>8</sup>), где наблюдалось кратковременное увеличение оптического поглощения в кварце на одной длине волны 514,5 мμ при импульсном облучении электронами. Импульс электронов высокой энергии создает в облучаемом материале короткоживущие частицы. Изучение реакций с участием этих частиц может дать ценную информацию о свойствах вещества в момент облучения.

Задачей данного исследования было изучение короткоживущего оптического поглощения плавленного кварца в конце действия импульса электронов. Источником импульсного электронного излучения был линейный ускоритель У-12. Энергия электронов составляла ~5 Мэв. Длительность импульса 2,2 мсек. Для регистрации короткоживущего оптического поглощения использовалась быстродействующая спектрофотометрическая установка с разрешающей способностью  $1,8 \cdot 10^{-7}$  сек. и чувствительностью 0,5–1%. Схема установки подобна описанной в работе (<sup>9</sup>). Постоянство условий облучения контролировалось путем измерения заряда на коллиматоре с помощью интегратора (<sup>10</sup>).

Для исследования были взяты образцы плавленного кварца разных марок: КВ, КИ, КУ, КСГ-1. Различие между этими образцами связано с разным количеством примесей. Наиболее чистый кварц КСГ-1 не изменялся под действием импульса электронов. У остальных видов кварца наблюдалось короткоживущее оптическое поглощение в исследованной области длин волн 300–650 мμ. На рис. 1 приведены осциллограммы спада оптического поглощения. Для длин волн от 300 до 420 мμ осциллограммы имели форму, изображенную на рис. 1а. Расчеты, сделанные на основании осциллограмм, показали, что кинетика гибели центров окраски в этой области спектра подчиняется закону первого порядка. Константа скорости исчезновения центров колеблется в пределах  $1 \cdot 10^3$ – $2 \cdot 10^3$  сек<sup>-1</sup>, а время их жизни достигает величин  $10^{-3}$ – $5 \cdot 10^{-4}$  сек. При длинах волн от 420 до 650 мμ форма кривой спада оптического поглощения изменяется. На начальном участке до ~20–30 мсек. наблюдается более быстрое уменьшение оптического поглощения (рис. 1б, в), чем в у.-ф. области. «Искажение» усиливается с ростом длины волны. Кинетика отжига на начальном участке также подчиняется закону первого порядка, но константа скорости в этом случае равна  $3 \cdot 10^4$  сек<sup>-1</sup>. На остальном участке осциллограмма имеет такую же форму и те же константы, что и в у.-ф. области (рис. 1б). Разная форма кривых отжига свидетельствует о разных механизмах гибели центров окраски, что, в свою очередь, указывает на

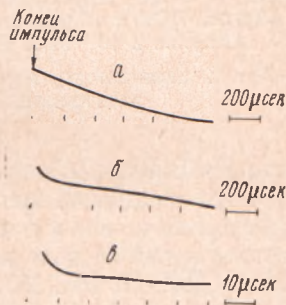


Рис. 1. Осциллограмма спада оптического поглощения плавленного кварца при длинах волн: а — 360 мμ, б и в — 550 мμ



разную природу центров в областях 300–420 и 420–650 мμ. Аналогичные осциллограммы (рис. 1б, в) наблюдались при использовании в качестве источника света непрерывного маломощного гелий-неонового лазера с длиной волны генерации 632,8 мμ.

На рис. 2 представлен спектр поглощения плавленного кварца во всей исследованной области. Для каждой длины волны фиксировалась оптическая плотность в конце импульса электронов. Видно довольно большое поглощение в у.-ф. области и резкий спад его в видимой области. Все исследованные образцы кварца имели спектры такой же формы, различие

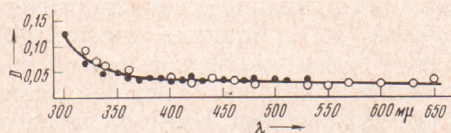


Рис. 2

Рис. 2. Спектр короткоживущего оптического поглощения плавленного кварца (марки КВ) при импульсном облучении электронами. Поглощенная доза за импульс  $2 \cdot 10^{17}$  эв/г. Разными точками обозначены разные серии опытов

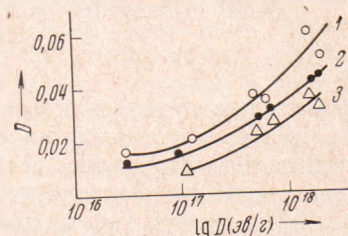


Рис. 3

Рис. 3. Зависимость поглощения кварца от дозы при импульсном облучении электронами. Длины волн: 1 — 350, 2 — 400, 3 — 450 мμ

было в абсолютном значении оптической плотности, что, вероятно, связано с разным количественным содержанием примесей. Нужно отметить, что поглощение и скорость его отжига заметно не изменяются, если поместить на пути лучей от источника света фильтры, поглощающие у.-ф. излучение (ОС-14, ЖС-17, ЖС-10). Это указывает на то, что исчезновение центров окраски не связано с фотоэффектом.

Для сравнения был снят спектр стабильного поглощения кварца, облученного той же дозой, которую имеет импульс электронов, т. е.  $5 \cdot 10^{17}$  эв/г. Оптическая плотность под влиянием такой дозы радиации не изменилась.

На рис. 3 представлена зависимость короткоживущего оптического поглощения плавленного кварца от поглощенной дозы для трех длин волн. Видно, что с увеличением дозы в импульсе растет поглощение в кварце.

Появление окраски у кварца при облучении большинство исследователей связывает с присутствием алюминия, который замещает кремний в решетке. Избыточный отрицательный заряд компенсируется ионами щелочных металлов или протонами. Под влиянием радиации дефектный Al-тетраэдр теряет электрон, который захватывается ионом-компенсатором, образуется дырочный центр окраски. Далее происходит миграция подвижных ионов щелочных металлов. В том случае, если компенсатором является протон, процесс миграции затруднителен, так как протоны-компенсаторы сильнее связаны с кислородом Al-тетраэдра. Образовавшиеся электронные центры и дырки рекомбинируют. Такой кварц под влиянием радиации не окрашивается. Действительно, в наших опытах образцы кварца КСГ-1 содержали натрия \* на 2–3 порядка меньше, чем остальные виды кварца. В то же время и.-к. спектры, снятые на спектрофотометре UR-20, показали в области  $3700 \text{ см}^{-1}$  сильное поглощение у кварца КСГ-1 и гораздо меньшее поглощение у других видов кварца. Указанная полоса связана с присутствием ОН-групп. Таким образом, становится понятным отсутствие поглощения у кварца КСГ-1.

\* Активационный анализ проводился М. П. Глазуновым.

Итак, под действием мощного импульса электронов в плавленном кварце возникает короткоживущее оптическое поглощение, кинетика отжига которого подчиняется экспоненциальному закону. Уменьшение примесей в кварце (главным образом щелочных металлов) приводит к уменьшению и даже полному отсутствию оптического поглощения в момент облучения импульсом электронов.

Институт физической химии  
Академии наук СССР  
Москва

Поступило  
11 XII 1972

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> M. C. M. O'Brien, Proc. Roy. Soc. A, **231**, 404 (1955). <sup>2</sup> R. W. Ditchburn, E. W. J. Mitchell et al., Report of the Conference on Defects in Crystalline Solids, Bristol, London, 1955, p. 92. <sup>3</sup> Л. И. Цинобер, Л. Г. Ченцова, Кристаллография, **8**, 280 (1963). <sup>4</sup> E. Lell, N. J. Kreidl, J. R. Hensler, Progress in Ceramic Science, **4**, 3 (1966). <sup>5</sup> В. В. Буканов, Г. А. Маркова, Сборн. Радиационная физика неметаллических кристаллов, Минск, 1970, стр. 220. <sup>6</sup> G. E. Palma, R. M. Gagosz, J. Phys. Solids, **33**, 177 (1972). <sup>7</sup> М. И. Самойлович, Л. И. Цинобер и др., Кристаллография, **17**, 184 (1972). <sup>8</sup> P. N. Mascé, D. H. Cill, IEEE Trans. Nucl. Sci., NS-14, № 6, 62 (1967). <sup>9</sup> В. Н. Шубин, В. А. Жигунов и др., ДАН, **174**, 416 (1967). <sup>10</sup> А. К. Пикаев, Импульсный радиоллиз воды и водных растворов, «Наука», 1965, стр. 78.