

Обычная кривая индукции в этом случае уже не восстанавливалась; она также не восстанавливалась после пятиминутного охлаждения до  $9\div-8^{\circ}\text{C}$ . Действие высоких температур (10 мин при  $100^{\circ}\text{C}$ ) аналогично.

Долговременный спад флуоресценции исчезает необратимо. Весьма интересно действие на временной ход флуоресценции охлаждения листа до  $0-1^{\circ}\text{C}$ . На рис. 3 представлена индукция флуоресценции нормального листа при  $20^{\circ}\text{C}$  (кривая 1) и листа, температура которого была понижена в конце темновой адаптации и при измерении составляла  $0-1^{\circ}\text{C}$  (погружение в воду со льдом) (кривая 2); флуоресценция того же листа, но уже вновь при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  показана на кривой 3. Видно, что при  $0-1^{\circ}\text{C}$  спада не наблюдается, а при нагревании до нормальной температуры лист показывает обычную кривую индукции. Рассмотрим два типа влияний экстремальных условий на временной ход флуоресценции (или фотофосфорилирования): структурный, — когда при изменении структуры меняется выход флуоресценции, «неактивный хлорофилл переходит в активный» [2] и кинетический, когда при изменении внешних условий меняются скорости химических реакций (возможно, фосфорилирование), что приводит к изменениям в интенсивности флуоресценции.

На рис. 3 (кривая 2) видно, что спад флуоресценции исчезает при понижении температуры до  $0-1^{\circ}\text{C}$ , в то же время, как показано специальными опытами,  $\tau_{1/2}$  меняется относительно мало в интервале температур от  $20$  до  $5^{\circ}\text{C}$ . Кроме того, выход флуоресценции как функции температуры в районе  $0^{\circ}\text{C}$  меняется слабо. Поэтому нам кажется более вероятным объяснить резкие изменения временного хода флуоресценции при  $0^{\circ}\text{C}$  кинетическими, а не структурными причинами. В дальнейшем, изучая изменения длительной индукции флуоресценции в широком интервале температур, мы напомним выяснить механизм связи между индукцией и фотофосфорилированием.

Автор благодарен проф. Л. А. Блюменфельду за постоянное внимание к работе и ценные советы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Parageorgiou G., Govingjee. Biophys. J., 8, 1299, 1968.
2. Parageorgiou G., Govinjee. Biophys. J., 8, 1316, 1968.
3. Рабинович Е. Фотосинтез, т. 3. М., ИЛ, 1953.
4. Strehler V. L. Arch. Biochem. Biophys., 43, 67, 1953.

Поступила в редакцию  
25.I 1971 г.

Кафедра  
биофизики

УДК 537.226:16.04

Е. К. ЗАХАРОВА, В. Г. ЗУБОВ, Л. П. ОСИПОВА

### ОБ ИЗМЕНЕНИИ ИНТЕНСИВНОСТИ ЛИНИЙ СПЕКТРА КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ $\alpha$ -КВАРЦА ПРИ ОБЛУЧЕНИИ БЫСТРЫМИ НЕЙТРОНАМИ

Интенсивность линий в спектрах комбинационного рассеяния (СКР) является одной из основных характеристик, чувствительных к структурным изменениям. В работах [1—3, и 6] было показано, что при облучении кристаллического кварца быстрыми нейтронами интенсивность линий СКР значительно изменяется.

В настоящей работе получены количественные данные об изменении интенсивности линий в СКР  $\alpha$ -кварца, вызванного облучением интегральными потоками быстрых нейтронов  $(0,4-6) \times 10^{19}$  н/см<sup>2</sup>.

Были исследованы спектры четырех образцов кристаллического кварца, облученных дозами  $0,4 \times 10^{19}$ ,  $3 \times 10^{19}$ ,  $4,5 \times 10^{19}$  и  $6 \times 10^{19}$  н/см<sup>2</sup>. СКР записывались фотоэлектрическим методом на спектрометре ДФС-12 при круговом освещении образцов неполяризованным светом. Подробности эксперимента можно найти в работах [2 и 4].

При наших условиях эксперимента были получены количественные данные об интенсивности наиболее сильных линий СКР кварца: для дозы  $0,4 \times 10^{19}$  н/см<sup>2</sup> — линии 128, 206, 266, 357, 466, 696, 795—805, 1061—1081 и  $1159$  см<sup>-1</sup>, для дозы  $3 \times 10^{19}$  н/см<sup>2</sup> — линии 128, 206 и  $466$  см<sup>-1</sup> и для доз  $4,5 \times$  и  $6 \times 10^{19}$  н/см<sup>2</sup> — линия  $466$  см<sup>-1</sup>. Остальные линии в спектрах были либо очень слабыми, либо отсутствовали совсем.

После облучения наши образцы приобрели различную окраску — бурую для дозы  $4 \times 10^{19} \text{ н/см}^2$ , фиолетово-бурую для дозы  $3 \times 10^{19} \text{ н/см}^2$  и фиолетовую для доз  $4,5 \times 6 \times 10^{19} \text{ н/см}^2$ . Учет влияния поглощения на интенсивность возбуждающей линии и линий комбинационного рассеяния проводился по формулам работы [6].

Интенсивность линий измерялась по наблюдаемому контуру. Поправки на «усечение» контуров линий вводились согласно методике, разработанной в работе [5]. Точность измерения отношений  $I_{\text{обл}}/I_{\text{ест}}$  составляла 3—7% для дозы  $0,4 \times 10^{19} \text{ н/см}^2$  и 10—13% для доз  $3—6 \times 10^{19} \text{ н/см}^2$ .

На рис. 1 приведены графики зависимости  $I_{\text{обл}}/I_{\text{ест}}$  (%) от величины интегрального потока быстрых нейтронов для наиболее сильных линий СКР  $\alpha$ -кварца 128, 206 и  $466 \text{ см}^{-1}$ , где  $I_{\text{обл}}$  — значение интенсивности линий СКР облученного кварца с учетом поглощения, вычисленное по формулам работы [6], а  $I_{\text{ест}}$  — наблюдаемая интенсивность той же линии СКР необлученного контрольного образца кварца.

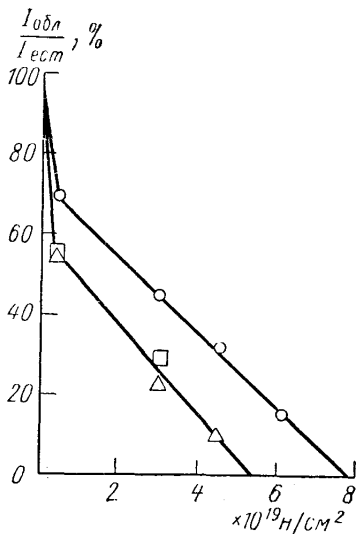


Рис. 1. Зависимость интенсивности наиболее сильных линий СКР  $\alpha$ -кварца (□ — 128, △ — 206 и ○ —  $466 \text{ см}^{-1}$ ) от величины интегрального потока быстрых нейтронов

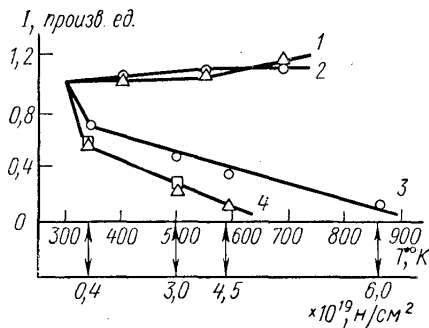


Рис. 2. Сравнение воздействия облучения быстрыми нейтронами (кривые 3 и 4) с влиянием нагревания (кривые 1 и 2)  $\alpha$ -кварца на интегральную интенсивность линий СКР. Обозначения те же, что на рис. 1

Как видно из рис. 1, интенсивность линий СКР кварца уменьшается с ростом дозы, причем характер изменения интенсивности различен в разных интервалах доз. В интервале доз от 0 до  $0,4 \times 10^{19} \text{ н/см}^2$  происходит резкое изменение интенсивности линий, которое, однако, трудно аппроксимировать какой-либо функцией ввиду отсутствия достаточного количества экспериментальных точек в этой области. В интервале доз от  $0,4 \times 10^{19} \text{ н/см}^2$  до  $6 \times 10^{19} \text{ н/см}^2$  интенсивность линий с ростом дозы изменяется медленнее, причем зависимость интенсивности от дозы удовлетворительно аппроксимируется линейным законом:

$$\frac{I_{\text{обл}}}{I_{\text{ест}}} = 100 \% (C - a_n),$$

где  $n$  — величина интегрального потока быстрых нейтронов, а  $C$  и  $a$  — параметры. В нашем случае  $a = (0,92 \pm 0,05) \times 10^{-20} \text{ см}^2/\text{н}$ ,  $C = 0,73$  — для линии  $466 \text{ см}^{-1}$  и  $a = (1,05 \pm 0,10) \times 10^{20} \text{ см}^2/\text{н}$ ,  $C = 0,59$  — для линий 128 и  $206 \text{ см}^{-1}$ .

Уменьшение интенсивности линий СКР  $\alpha$ -кварца с ростом дозы можно понять, если учесть, что облучение нейтронами, помимо эффективного нагревания [2, 3, 7, 8, 9 и 10] решетки, приводит также к постепенной аморфизации  $\alpha$ -кварца и к возникновению других дефектов [15]. Последние в свою очередь приводят к образованию непрерывного спектра комбинационного рассеяния (фона), что уменьшает интенсивность основных линий.

Ранее отмечалось, что воздействие быстрых нейтронов на свойства  $\alpha$ -кварца во многом аналогично тепловому нагреванию, причем каждой величине интегрального потока быстрых нейтронов можно сопоставить некоторую эффективную температуру [2, 3, 7—10]. В частности, изменение частоты и ширины линий СКР с температурой подобно изменению с дозой [3, 8]. Однако сравнение воздействия облучения быстрыми

нейтронами с влиянием нагревания на интенсивность наиболее сильных линий СКР  $\alpha$ -кварца показало (см. рис. 2), что интегральная интенсивность линий возрастает с увеличением температуры образца [11—14], но падает с ростом дозы облучения. Аналогичное аномальное поведение (обратное температурному ходу) наблюдается и у некоторых упругих постоянных кварца, облученного быстрыми нейтронами [2, 16].

На рис. 2 дозе  $0,4 \times 10^{19}$  н/см<sup>2</sup> соответствует эффективная температура 340°K; дозе  $3 \times 10^{19}$  н/см<sup>2</sup> — 500°K; дозе  $4,5 \times 10^{19}$  н/см<sup>2</sup> — 590°K и дозе  $6 \times 10^{19}$  н/см<sup>2</sup> — 870°K. Кривые 1 и 2 — температурный ход интенсивности линий 206 и 466 см<sup>-1</sup>, полученный экспериментально в [11 и 12], 3 и 4 — зависимость интенсивности линий 128 и 206 см<sup>-1</sup> от эффективной температуры, соответствующей определенной дозе облучения быстрыми нейтронами [8].

Авторы благодарят Е. Г. Зубареву за помощь при обработке спектрограмм.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зубов В. Г., Осипова Л. П. ДАН СССР, 144, 763, 1962.
2. Зубов В. Г. Реферат докторской диссертации, 1963.
3. Зубов В. Г., Осипова Л. П. ДАН СССР, 156, 300, 1964.
4. Зубов В. Г., Осипова Л. П. «Кристаллография», 6, 418, 1961.
5. Бажулин П. А., Сущинский М. М. «Успехи физических наук», 68, 135, 1959.
6. Зубов В. Г., Осипова Л. П. «Кристаллография», 15, 313, 1970.
7. Жданов Г. С., Зубов В. Г. и др. «Кристаллография», 8, 207, 1963.
8. Зубов В. Г., Осипова Л. П. «Кристаллография», 15, 992, 1970.
9. Колонцова Е. В., Телегина И. В. «Физика твердого тела», 8, 3412, 1966
10. Колонцова Е. В., Телегина И. В. ДАН СССР, 173, 1045, 1967.
11. Стеханов А. И., Числер Э. В. «Физика твердого тела», 3, 3514, 1961.
12. Стеханов А. И., Числер Э. В. «Вестн. Ленингр. ун-та», физ. хим., 4, № 1, 159, 1959.
13. Бобович Я. С., Тулуб Т. П. «Оптика и спектроскопия», 6, 566, 1959.
14. Бобович Я. С., Тулуб Т. П. «Оптика и спектроскопия», 9, 747, 1960.
15. Дине Дж., Виньярд Дж. Радиационные эффекты в твердых телах. М., 1960.
16. Жданов Г. С., Зубов В. Г., Иванова А. Т., Фирсова М. М. «Кристаллография», 3, 720, 1958.

Поступила в редакцию

Кафедра  
общей физики для физиков

УДК 537.226+537.311.3,

А. Е. БАЖАНОВА, Ю. А. ЗАРИФЬЯНЦ

## СОВМЕСТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ И АДСОРБЦИИ НА МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ПЛЕНКЕ

В современной микроэлектронике широко используются тонкие полупроводниковые пленки, параметры которых в значительной степени зависят от адсорбции на их поверхности газов из окружающей атмосферы. Поэтому особо актуальны количественные исследования взаимосвязи между электрофизическими свойствами пленки и хемосорбцией. Сведения о подобных исследованиях в литературе отсутствуют, хотя во многих работах и приводятся данные о величинах хемосорбции на пленках, полученные косвенными методами. Возможности обычных методов измерения адсорбции на пленках ограничены низкой чувствительностью. В настоящей работе нам впервые удалось провести параллельные измерения адсорбции на пленке ( $n_a$ ) и изменения ее электропроводности ( $\Delta\sigma$ ), используя так называемый метод «пьезорезонансных кварцевых весов», обладающий чувствительностью  $10^{-10}$  г и инерционностью менее 1 сек [1].

В качестве объекта исследования были использованы пленки сульфида свинца  $n$ -типа, электрические свойства которых чрезвычайно сильно зависят от адсорбции. Пленки PbS наносились термическим испарением в вакууме на обе стороны пластины. Полученные слои, по данным электронограмм, обладали структурой, весьма близкой