

01; 05.1

О РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ  
СИЛЬНОАНИЗОТРОПНЫХ КРИСТАЛЛОВ

В.Т. М а с л ю к, Т.И. М а р и н е ц

Известно, что радиационная стойкость материала зависит от его химического и фазового состава [1, 2]. Сильноанизотропные (слоистые, цепочечные) кристаллы (САК) имеют аномально высокую стойкость к действию проникающей радиации [3, 4]. В работе [5] это объясняется характером потенциальных сил, действующих на дефекты в САК.

В настоящей работе показано, что аномально большая область нестабильности дефектов может быть обусловлена размерными эффектами. Действительно, особенности химической связи с САК приводят к наличию выделенных направлений (слоев, цепочек), в которых между атомами действуют сильные ковалентные связи, а также свободного объема, через который осуществляется связь между цепочками, слоями при помощи слабых сил Ван-дер-Ваальса.

В качестве примера таких материалов можно привести соединения  $InSe$ ,  $GaSe$ ,  $BiTeJ$ , диалкогениды переходных металлов, обладающих анизотропией физико-химических свойств, особенностью легирования, приводящего к образованию „ковалентных мостиков” [6].

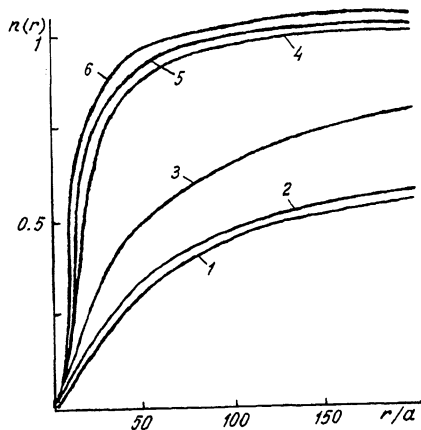
Рассмотрим модель слоистого кристалла и предположим, что междоузельные дефектные атомы, образованные в результате радиационного воздействия локализируются в Ван-дер-Ваальсовом пространстве. Поскольку энергии активации диффузии дефектов вдоль и перпендикулярно слоям кристалла сильно отличаются (см. [7]), то можно предположить, что основной вклад в рекомбинацию радиационных дефектов (реакция типа  $A + B = O$  [8]) обусловлен 2-м мерным характером их динамики.

Обозначим через  $n(r, t)$  концентрацию междоузельных, например, атомов, где  $r$  — их расстояние относительно вакансии,  $n(r, t) \leq 1$ . Будем предполагать, что скорость рекомбинации дефектов сильно совпадает с расстоянием между ними, например, [8] по экспоненциальному закону:

$$\omega(r) = \omega_0 e^{-r/\alpha}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  — постоянная порядка радиуса Бора,  $\omega_0 = 10^6 - 10^{10} \text{ с}^{-1}$ . Изменение концентрации дефектов со временем в предположении диффузионного механизма их миграции по объему кристалла можно описать уравнением:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = -\omega(r)n(r, t) + D\Delta n(r, t) + G, \quad (2)$$



Зависимость  $n(r)$ , полученная при численном решении уравнения (3) для 2-х мерной рекомбинации радиационных дефектов (кривые 1-3) и соответственно 3-х мерной (кривые 4-6). Выбраны следующие значения параметров  $A$  и  $G^*$  (в ед.  $a^2$ ):  
 2.5 -  $A = 10^2$ ,  $G^* = 0$ ;  
 1.4 -  $A = 10^3$ ,  $G^* = 0$ ;  
 3 -  $A = 10^2$ ,  $G^* = 10^{-6}$ ;  
 6 - при  $A = 10^2$ ;  $G^* = 10^{-5}$ .

где  $D$  - коэффициент диффузии,  $G$  - скорость генерации дефектов. Характерные размеры объема рекомбинации радиационных дефектов  $R_{eff}$  определяются из (2) в предположении условия стационарности  $\partial u / \partial t = 0$ . Тогда из (2) следует уравнение:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \frac{\partial \varphi}{\partial r} \left( \frac{\alpha - 2k}{r} \right) + \frac{k}{r^2} (k + 1 - \alpha - A e^{-r/a} r^2) \varphi + G^* = 0, \quad (3)$$

где для 3-х мерной задачи  $\alpha = 2$ ,  $k = 1$ , для 2-х мерной  $\alpha = 1$ ,  $k = 1/2$  и соответственно одномерной  $\alpha = k = 0$ ,  $A = W_0/D$ ,  $G^* = G/D$ . В работе [9] приведено аналитическое решение уравнения (3) в 3-х мерном случае при  $G = 0$ . В частности, показано,

что при условии  $\frac{W_0 e^{-r/a} a^2}{D} \gg 1$  величина  $R_{eff} = R_0 + a \ln \frac{W_0 a^2}{D}$ ,

где  $R_0$  - значение радиуса аннигиляции дефектов,  $n(R_0) = 0$ . Для 2-х мерного случая не удается получить аналитическое решение уравнения (3) поэтому в настоящей работе оно решалось численными методами. На рис. 1 приведена зависимость  $n(r)$  для случая 2-х и 3-х мерной динамики дефектов при различных значениях коэффициента  $A$ . Можно отметить прежде всего тот факт, что величина параметра  $D$  более существенна для параметров 2-х мерной динамики дефектов, чем для 3-х мерной. Так, при изменении  $D$  на порядок величины изменение  $n(r)$  при  $r \leq 20a$  для 3-х мерного случая не превышает 7 % и соответственно 25 % для 2-х мерного. Для больших значений  $r/a$  это отличие становится менее существенным.

Видно также, что кривая  $n(r)$  при 2-х мерной динамике дефектов для больших  $r$  выходит на насыщение значительно медленнее, чем при 3-х мерной. Поэтому введение  $R_{eff}$ , определяющего

характерные размеры объема  $n \leq R_{eff}$ , где  $n(n) \rightarrow$  О для 2-х мерного случая, менее очевидно. В дальнейшем значение  $R_{eff}$  в обоих случаях оценивается из уравнения  $n(R_{eff}) = 1/e$ . Расчет свидетельствует, что в интервале значений  $A = 10^2 - 10^3$  (в ед.  $\alpha^2$ ) размерные эффекты приводят к увеличению введенного таким образом  $R_{eff}$  в 5 раз при переходе от 3-х к 2-х мерной динамике дефектов.

Нами проводилась оценка влияния постоянной скорости генерации дефектов в материале на величину  $R_{eff}$ . Получить аналитическое решение уравнения (3) в этом случае не удастся даже для сравнительно хорошо изученной 3-х мерной задачи. В данной работе проводилось численное интегрирование уравнения (3) при  $G^* = 10^{-5} - 10^{-6}$  (в ед.  $\alpha^2$ ). Если в 3-х мерном случае учет генерации дефектов в пределах указанных интенсивностей почти не влияет на величину  $R_{eff}$ , то при 2-х мерном характере их динамики уже при  $G^* = 10^{-6}$  ( $\alpha^2$ ) характерные размеры объема релаксации уменьшаются почти вдвое. Это свидетельствует, по крайней мере, что способность САК к аккумуляции дефектов в постоянных радиационных полях возрастает сильнее, чем в кубических кристаллах.

Таким образом, радиационная стойкость САК может быть обусловлена размерными эффектами, существенно влияющими не только на процессы дефектообразования, например, за счет каналирования ядерных частиц, но и на рекомбинацию радиационных дефектов в слоях, цепочках. Процессы аккумуляции дефектов в САК более чувствительны к параметрам воздействующих радиационных полей, чем в кристаллах с кубической решеткой.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Б а к а й А.С. // Письма в ЖТФ. 1983. Т. 9. № 24. С. 1477-1479.
- [2] З е л е н с к и й В.Ф., Н е к л ю д о в И.М., Ч е р н я е в а Т.П. Радиационные дефекты и радиационное распухание, К.: Наукова думка, 1988. 306 с.
- [3] Х а р а м б у р а С.Б., Б о н д а р ь В.Д., Л ы с к о в и ч А.Б. // ЖТФ. 1983. Т. 53. В. 8. С. 1603-1607.
- [4] Г у с е й н о в Г.Д., А б а с о в а А.З., Г а д ж и е в а Г.А., Д ж у р а е в Н.Д., И к р а м о в Г.И., Т а л и п о в Ф. Докл. АН УзССР. 1984. № 2. С. 36-38.
- [5] К о ш к и н В.М., З а б р о д с к и й Ю.В. // ФТТ. 1974. Т. 16. № 11. С. 3480-3483.
- [6] Б е р ч а Д.М., М а с л ю к В.Т., З а я ч к о в с к и й М.П. // УФМ. 1975. Т. 20. № 9. С. 1417-1421.
- [7] С т е х о в В.А., Ж а р а в и н А.И. // Поверхность. 1986. № 12. С. 132-134.
- [8] А н т о н о в - Р о м а н о в с к и й В.В. // Тр. ФИАН СССР. 1985. Т. 164. С. 114-126.

Поступило в Редакцию  
22 апреля 1989 г.  
В окончательной редакции  
18 сентября 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 23

12 декабря 1989 г.

06.3

## ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В НЕМАТИКЕ

В.И. Киреев, С.В. Пасечник,  
В.А. Баландин

Постоянное расширение области практического использования жидкокристаллических устройств различного типа обуславливает необходимость фундаментальных исследований поведения жидких кристаллов при вариации внешних условий. В этом плане особый интерес представляет изучение электрооптических эффектов, наиболее широко используемых в технических устройствах. Имеющаяся информация об электрооптических явлениях весьма обширна [1], однако вопросы, связанные с воздействием статического давления на основные параметры данных процессов, до сих пор не изучены.

Ниже приводятся первые экспериментальные результаты по влиянию давления на стационарные характеристики В-эффекта, наблюдавшегося в гомеотропно ориентированном слое нематика метоксибензилиден-*n-n*-бутиланилина (МББА) толщиной  $h = 105 \pm 5$  мкм. Измерения проводились в режиме отражения света на экспериментальной установке, описанной ранее [2]. В ходе работы исследовался оптический отклик (1) жидкокристаллической ячейки на воздействие переменного электрического поля частотой 10 кГц при различных значениях гидростатического давления  $P$ . Температура ( $t$ ) образца поддерживалась с точностью не хуже  $0.1$  °C и составляла для приводимой ниже серии экспериментальных кривых  $35$  °C.

На рис. 1 показана зависимость относительной интенсивности ( $I/I_0$ ) оптического сигнала от электрического напряжения  $U$ , приложенного к ячейке при различных значениях гидростатического давления ( $I_0$  - значение интенсивности при  $U = 0$ ).

Как видно из рисунка, давление эффективно смещает участок зависимости  $I(U)$  с большой крутизной (окрестность перехода Фредерикса) в область больших значений.

В таблице приведены экспериментальные значения напряжения  $U_{\varphi}$ , соответствующего переходу Фредерикса при различных значениях  $P$ .