

Член-корреспондент АН СССР **С. Т. КОНОБЕЕВСКИЙ**
академик АН КазССР Ж. С. ТАКИБАЕВ, А. Г. АБДУЛЛИН, В. Ф. ГРИЩЕНКО

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРА РЕШЕТКИ АЛМАЗА, ОБЛУЧЕННОГО ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ БЫСТРЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

В теории динамики радиационного повреждения принято считать смещенные атомы упругими шарами, которые взаимодействуют с окружающими атомами по законам классической механики. При таком рассмотрении не учитывается электронное взаимодействие атомов друг с другом. Смещенный атом, теряя кинетическую энергию на последних этапах своего смещения, не может не взаимодействовать с электронным окружением атомов кристаллической решетки. Именно корреляционное взаимодействие атомных электронов, характеризующих квантово-химическое состояние комплекса лиганд со смещенным атомом, должно определить деформацию указанного лиганда под действием орбитальных электронов смещенного атома.

Очевидно, теория С. Т. Конобеевского (1) об ответственности одиночных дефектов в кристалле за радиационный рост может быть связана с этими квантово-химическими предположениями и поможет выяснению природы и механизма радиационного роста облучаемых кристаллов. Применяя ее для структур типа алмаза, можно предположить, что первая стадия изменения параметра решетки связана с накоплением одиночных дефектов — вакансий и промежуточных атомов. Эти дефекты возникают во всем объеме, а не сосредоточены вблизи локальных областей. Вакансии занимают места атомов, промежуточные атомы должны занимать положения в точке с координатами $(\frac{3}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4})$ (координационное число 4), а также в точке $(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3})$, представляющей центр треугольника (координационное число 3), составленного из точек с координатами $(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$, $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0)$, $(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2})$. При внедрении атомов в позицию с координатами $(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3})$ в октаэдрической плоскости (111) возникает ситуация, характерная для атомных сеток графита. Положение внедренного атома вызывает изменение характера связи с окружающими атомами, что должно заметно повлиять на их относительное расположение. В анизотропных кристаллах с упорядоченными смешанными химическими связями могут возникать изменения формы селективного характера. Это формоизменение может быть необратимым.

Из опытов по нейтронному облучению (3) видно, что под действием нейтронного облучения алмаз увеличивает параметр решетки. В. И. Спицын и Г. Н. Пирогова (4) получили увеличение параметра решетки на 0,3% после облучения алмазного порошка смешанными нейтронами. Примак и др. (5) облучали алмазный порошок интегральным потоком быстрых нейтронов $(1,4 \cdot 10^{20} \text{ н/см}^2)$ и получили увеличение периода решетки на 0,9%. Эти данные согласовываются с данными, полученными С. Т. Конобеевским и Ф. П. Бутрой (2), которые нашли, что период решетки алмаза после облучения интегральным потоком быстрых нейтронов $(5,5 \cdot 10^{19} \text{ н/см}^2)$ увеличился также на 0,9%.

В связи с изложенным было интересно исследовать влияние высокоэнергетичных электронов на параметр решетки алмаза. Облучение естественного порошка алмаза проводилось на линейном сильноточном ускорителе

теле типа У-10 в специальном приспособлении, охлаждаемом водой. Образец облучался при температурах $T = 236^\circ \text{C}$ и 80°C . Порошок алмаза до и после облучения электронами с энергией $2,3 \text{ Мэв}$ был исследован на рентгеновской установке УРС-60. В работе использовалась камера РКУ-114. Во время облучения фиксировалось изменение окраски облучаемого вещества от серого необлученного до черного.

Полученные экспериментальные данные показали, что изменение периода решетки алмаза зависит от дозы электронного облучения (рис. 1) приблизительно как $\frac{\Delta a}{a} : I =$

$= 0,11 \cdot 10^{21} \text{ эл/см}^2$. Это примерно в 70 раз меньше, чем эффективность нейтронного облучения ($10/10^{21} \text{ н/см}^2$)⁽²⁾, но вполне объясняется теоретически. Указанный коэффициент справедлив для облучения при $T = 236^\circ \text{C}$ с дозами $4,66 \cdot 10^{20}$; $7,02 \cdot 10^{20}$; $1,05 \cdot 10^{21} \text{ эл/см}^2$, что позволяет заключить, что в этих пределах рост идет линейно с дозой. Почти не отличается от этого и характер зависимости для облучения при 80°C .

Таким образом, можно считать, что изменение температуры облучения не изменяет устойчивости возникающих дефектов. Сравнимая теоретические и экспериментальные результаты, используя $\Delta a/a = \frac{1}{3} a I \sigma v$, получаем для $I = 1,05 \cdot 10^{21} \text{ эл/см}^2$ $a = 0,485 \approx 0,5$, где a — относительная деформация объема на одну пару дефектов. Согласно⁽²⁾ из опытов по нейтронному облучению $a_n = 0,68$, а по теоретическим соображениям, исходя из модели графитообразной решетки, $a_r = 0,56$. Такое совпадение означает сохранение всех образовавшихся дефектов, а также, что пороговая энергия $T_d = 80 \text{ эв}$. Эти результаты согласуются с данными⁽⁶⁾ по электросопротивлению и данными, полученными методами исследования ($T_d = 80 \text{ эв}$). Результаты отжига свидетельствуют об устойчивости точечных дефектов при высоких температурах. Отжиг при 1000°C не восстановил первоначального значения решетки, а сохранение окраски отожженного порошка алмаза, по-видимому, является следствием сохранения графитоподобных ячеек, которые образовались в результате облучения.

Казахский государственный университет
им. С. М. Кирова
Алма-Ата

Поступило
19 IV 1974

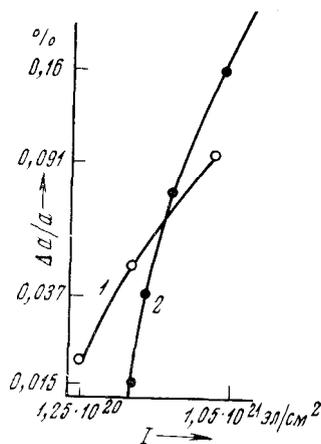


Рис. 1. Зависимость изменения параметра решетки алмаза a от дозы электронного облучения I : 1 — при температуре 80°C , 2 — при температуре 236°C

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. Т. Конобеевский, Б. М. Левитский, Л. Д. Пантелеев, *Атомная энергия*, 24, 4 (1968). ² С. Т. Конобеевский, *Действие излучения на материалы*, 1967. ³ Н. Ф. Правдюк, В. А. Николаенко, В. И. Карпунин, *Тр. Инст. атомной энергии им. И. В. Курчатова*, 1960. ⁴ В. И. Спицын, Г. И. Пирогова, *Радиационная физика*, 4, *Ионные кристаллы*, Рига, 1966. ⁵ W. Primak et al., *Phys. Rev.*, 103, 1184 (1956). ⁶ C. D. Clark, P. I. Kemmey, E. W. J. Mitchell, *Proc. Intern. Conf. Semicond. Phys.*, Prague, 1960, Prague, 1961; *Disc. Farad. Soc.*, 31, 96 (1961).