

## ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ В КРИСТАЛЛЕ Si

В. И. Касилов, Н. И. Лапин, С. Ф. Щербак

При прохождении релятивистских электронов через ориентированный монокристалл процессы излучения фотонов [1, 2], протекания ядерных реакций [3, 4], образования радиационных дефектов [5] существенно отличаются от этих процессов в разориентированном монокристалле или аморфной среде. В частности, в работе [6] показано, что эффективность радиационного повреждения ориентированного кристалла Si электронами больше, чем разориентированного.

Образование радиационных дефектов в монокристалле и их накопление, по-видимому, должно оказывать влияние на величину отношения выхода  $\gamma$ -излучения электронов в ориентированном и разориентированном монокристалле.

В настоящей работе проведены исследования зависимости отношения интенсивности излучения электронов в ориентированном и разориентированном кристалле Si от числа прошедших через них электронов. Эксперимент проводился на линейном ускорителе электронов ЛУЭ-2 ГэВ. Пучок электронов с энергией 946 МэВ и расходимостью  $\sim 1 \cdot 10^{-4}$  рад падал на монокристалл Si, установленный в камере гониометра. Прошедшие через монокристалл электроны отворачивались магнитом и регистрировались монитором вторичной эмиссии, а  $\gamma$ -кванты, коллимированные в угол  $3 \cdot 10^{-4}$  рад, регистрировались ионизационной камерой.

Кристалл ориентировался осью  $\langle 111 \rangle$  вдоль направления пучка электронов и облучался до набора определенной дозы. После облучения записывалась кривая зависимости выхода  $\gamma$ -излучения электронов от угла поворота кристаллографической оси  $\langle 111 \rangle$  относительно направления пучка электронов. Из этой зависимости определялась величина ориентационного эффекта  $k = I_{\text{ор}}/I_{\text{раз}}$ , где  $I_{\text{ор}}$ ,  $I_{\text{раз}}$  — интенсивности  $\gamma$ -излучения в ориентированном и разориентированном кристаллах соответственно.

Результаты измерений показаны на рисунке. По оси ординат отложена величина  $k$ , по оси абсцисс — число электронов, прошедших через монокристалл. Верхние черные кружочки соответствуют монокристаллу Si толщиной 10 мкм (1), нижние черные кружочки — монокристаллу толщиной 300 мкм (3). Светлые кружочки соответствуют монокристаллу толщиной 10 мкм, ось  $\langle 111 \rangle$  которого разориентирована относительно направления пучка электронов на угол  $2.5 \psi_0$  (2). Прямые проведены по методу наименьших квадратов.

Как видно из рисунка, величина  $k$  линейно уменьшается с увеличением числа прошедших электронов через ориентированные монокристаллы, но более быстрое уменьшение происходит для монокристалла толщиной 10 мкм. Уменьшение величины  $k$ , по-видимому, связано с накоплением радиационных дефектов, которые приводят к нарушению упорядоченной структуры монокристалла и увеличению вероятности выбывания каналирующих частиц из режима каналирования.

Как было показано в работе [3], в ориентированном кристалле доля каналирующих частиц, траектории которых проходят через область расположения ядер атомов решетки, достигает максимального увеличения (в 3 раза) по сравнению с разориентированным на глубине  $\sim 10$  мкм, а на толщинах более 10 мкм число каналирующих частиц быстро уменьшается до уровня в разориентированном кристалле на глубине 20 мкм при энергии электронов 700 МэВ и 40 мкм при энергии 1200 МэВ. Можно предположить, что более быстрое уменьшение величины  $k$  в монокристалле Si толщиной 10 мкм по сравнению с кристаллом толщиной 300 мкм связано с большим относительным вкладом каналирующих частиц в излучение для монокристалла толщиной 10 мкм. Подтверждением этого предположения является зависимость, показанная на рисунке светлыми кружочками. В данном случае ориентация кристалла соответствует отсутствию каналирующих частиц [6]. Вследствие вклада от надбарьерных

частиц и когерентного тормозного излучения (КТИ) интенсивность излучения хотя и превышает интенсивность излучения в аморфной мишени, но отношение этих интенсивностей в пределах экспериментальных ошибок не зависит от числа прошедших электронов через кристалл.

Таким образом показано, что интенсивность излучения, обусловленная каналирующими частицами, уменьшается с ростом числа прошедших через кристалл электронов вследствие накопления радиационных дефектов, приводящих к нарушению упорядоченной структуры монокристаллов Si и более быстрому деканалированию электронов.

### Литература

- [1] Базылев В. А., Жеваго Н. К. // УФН. 1982. Т. 137. Вып. 4. С. 605—662.
- [2] Азиезер А. И., Шульга Н. Ф. // УФН. 1982. Т. 137. Вып. 3. С. 561—604.
- [3] Антипенко А. П., Болдышев В. Ф., Касилов В. И. и др. // ДАН СССР. 1986. Т. 291. № 3. С. 589—591.
- [4] Антипенко А. П., Афанасьев Н. Г., Ганн А. В. и др. // Ядерная физика. 1986. Т. 44. Вып. 6 (12). С. 1585—1587.
- [5] Антипенко А. П., Ганн А. В. и др. // ВАНТ. Сер. Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. 1984. Вып. 4 (32). С. 36—39.
- [6] Бесплянева С. В., Телегин В. И. // ЖЭТФ. 1987. Т. 92. Вып. 4. С. 1201—1214.

Харьковский  
физико-технический институт  
АН УССР

Поступило в Редакцию  
8 декабря 1987 г.

05; 11; 12

Журнал технической физики, т. 59, в. 1, 1989

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ АГРЕГАТОВ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛМАЗА

*Б. И. Резник, А. В. Суранов, В. С. Кардашевич, Ю. М. Ротнер,  
С. М. Ротнер, В. Ш. Иванов*

Спекание представляет собой сложный физико-химический процесс приближения дисперсной порошковой системы к состоянию термодинамического равновесия. Главная движущая сила спекания — избыточная свободная энергия, определяемая состоянием поверхностных атомов.

В работе [1] отмечается, что подвижность поверхностных атомов углерода настолько велика, что в вакууме или при давлении в несколько миллиметров ртутного столба из высокодисперсных алмазных порошков образуются достаточно твердые агрегаты.

Таким образом, процесс агрегирования можно рассматривать как начальную стадию спекания, обеспечивающую сокращение свободной поверхности и увеличение контактов между частицами.

Изучение природы агрегирования является актуальной задачей, решение которой важно для более глубокого понимания процесса спекания.

Нами изучены агрегаты, образующиеся спонтанно в синтетическом алмазном порошке. При этом основное внимание уделялось размерному эффекту, обуславливающему формирование макро- и микроструктуры агрегатов. Для исследования были выбраны алмазные микропорошки АСМ 7/5 (размер зерен от 5 до 7 мкм) и АСМ 1/0.

Изучение порошка АСМ 7/5 в оптическом микроскопе показало, что его гранулометрический состав отвечает индексации порошков, т. е. наиболее вероятные размеры частиц изменяются в пределах 5—7 мкм. Лишь незначительную часть от общей массы частиц составляет фракция из частиц меньших размеров. Анализ гранулометрии АСМ 1/0 позволил выделить следующие отличительные признаки порошка: россыпь, образованную индивидуальными частицами, и агрегаты. Среди агрегатов встречаются образцы шарообразной формы, которые рассыпаются при незначительном механическом воздействии, и угловатой формы, значительно более твердые и плотные (рис. 1, а). Некоторые агрегаты имеют тре-