

А. В. КУРДИОМОВ, академик АН УССР И. Н. ФРАНЦЕВИЧ

ВЛИЯНИЕ УДАРНОГО СЖАТИЯ НА КРИСТАЛЛИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ НИТРИДА БОРА

Сведения о структуре, образующейся при ударном сжатии плотной алмазоподобной модификации нитрида бора, весьма разноречивы. Согласно (¹⁻³) плотная фаза имеет структуру вюрцита BN_v , согласно (⁴) — сфалерита $\text{BN}_{\text{сф}}$ с небольшой примесью вюрцита BN_v , авторы (^{5, 6}) считают, что образуется BN_v с примесью (до 15%) $\text{BN}_{\text{сф}}$. Сведения о закономерностях исходной графитоподобной структуры BN_g также разноречивы и весьма ограничены (^{5, 7, 8}). Настоящая работа посвящена анализу структуры продуктов ударного сжатия нитрида бора при давлениях ниже и выше «точки» фазового перехода в динамических условиях (120–130 кбар (^{4, 6, 9})). Ударное сжатие BN производилось по методике (¹⁰).

На рис. 1 приведены рентгеновские дифракционные спектры продуктов ударного сжатия BN , полученные в CuK_α -излучении на установке ДРОН-1, и штрихдиаграмма (согласно расчету (¹¹)).

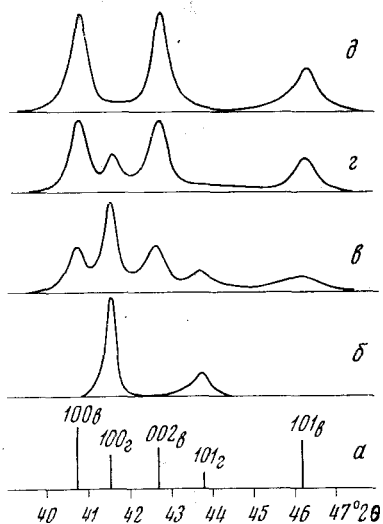


Рис. 1. Участок рентгеновского дифракционного спектра ударно сжатого нитрида бора при различном содержании BN_v (%): б — 0, в — 20, г — 50; д — 100 BN_v (после химического разделения), а — штрихдиаграмма

Сравнение экспериментальных и расчетных данных приводит к выводу, что плотная фаза BN обладает структурой вюрцита, хорошо проявляющейся тремя характерными линиями 100, 002 и 101; линии $\text{BN}_{\text{сф}}$ на рентгенограммах образцов, испытавших фазовый переход, отсутствуют. Наблюдаемое усиление относительной интенсивности линии 002 BN_v (рис. 1, б–д) по сравнению с расчетным соотношением (рис. 1, а) обусловлено не наложением линии 111 от $\text{BN}_{\text{сф}}$, а как показали специальные исследования, текстурой плоского дифрактометрического образца. Заметим, что авторы (^{5, 6}) пришли к выводу о присутствии в продуктах ударного сжатия BN до 15% $\text{BN}_{\text{сф}}$ на основании увеличения интенсивности и искажения формы линии 002 BN_v ; «чистых» линий $\text{BN}_{\text{сф}}$ они также не наблюдали. При электронно-оптическом исследовании продуктов ударного сжатия (⁸), в процессе которого нами было изучено несколько сот электрограмм частиц плотной фазы, $\text{BN}_{\text{сф}}$ обнаружен не был.

В свете изложенных данных вызывают сомнения результаты, полученные авторами (⁴), наблюдавшими, по их мнению, линии $\text{BN}_{\text{сф}}$ на рентгенограммах сохранных образцов. Ударное сжатие в работе (⁴) производилось в медных ампулах и частицы меди могли проникнуть в образец нитрида бора. Линии, которые авторы (⁴) приняли за линии $\text{BN}_{\text{сф}}$, на самом деле относились, по-видимому, к меди, параметр решетки которой (3,615 Å) такой же, как и у $\text{BN}_{\text{сф}}$, а дифракционный спектр отличается только относительной интенсивностью линий (медь имеет г.д.к.-решетку, а сфалеритную решетку можно рассматривать как две подрешетки г.д.к.).

вставленные одна в другую). Заметим, что в ряде опытов мы наблюдали на рентгенограммах линии железа, частицы которого диффундировали из стальной ампулы в материал порошкового образца BN.

Таким образом, можно считать установленным, что при ударном сжатии в результате фазового перехода графитоподобного нитрида бора образуется только вюрцитная модификация; сфалеритная структура BN присутствует не в виде обособленной фазы, а, как показано в (3), в виде тончайших прослоек, хаотически распределенных в зерне BN_в и представляющих дефекты упаковки его структуры.

Дефекты упаковки были обнаружены и в ударно сжатом BN_г. Для их изучения использовалась методика (12), основанная на анализе уширения линий

hkl , $l \neq 0$ с различным сочетанием индексов h , k и l (102, 103 и 112). Оказалось, что ударное сжатие BN_г вызывает образование только турбостратных дефектов упаковки, приводящих к частичному одномерному разупорядочению структуры (при их концентрации, равной единице, структура двумерна или «турбостратна»). Образование этих дефектов упаковки ответственно, по-видимому, за неизбежное присутствие BN_г в продуктах ударного сжатия, поскольку турбостратный BN_г не может превратиться в BN_в путем закономерной перестройки решетки (8). В графите, в отличие от BN_г, при ударном сжатии образуются как турбостратные дефекты упаковки, так и политипные, связанные с образованием прослоек ромбодрического политипа (12); эти прослойки могут явиться активными центрами зарождения кубического алмаза по механизму гофрировки слоев (13, 14).

Результаты определения параметров субструктуры BN_г после ударного сжатия, полученные методом гармонического анализа формы линий $hk0$ и $00l$ (эталоном служил BN_г со средним размером монокристаллических зерен, по данным электронной микроскопии, ~10 мкм), приводятся в табл. 1. Видно, что ударное сжатие вызывает микродеформацию решетки и дробление областей когерентного рассеяния (о.к.р.) в обоих направлениях, причем более значительное в направлении оси c , что обусловлено менее жесткой связью между слоями, чем внутри слоев. Особенно интенсивно процесс дефектообразования наблюдается при давлениях выше начала фазового перехода, когда образуется BN_в. Заметим, что средний размер о.к.р. D в двухфазных образцах (140–160 Å) такой же, как в BN_в, полученном при ударном сжатии (150 Å (3)), что может быть обусловлено наследованием структурных дефектов при образовании новой фазы путем закономерной перестройки кристаллической решетки.

Институт проблем материаловедения
Академии наук СССР
Киев

Поступило
23 XII 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. А. Адагуров, З. Г. Алиев и др., ДАН, т. 172, 1066 (1967). ² Q. Johnson, A. C. Mitchell, Phys. Rev. Lett., v. 29, 1361 (1972). ³ А. В. Курдюмов, Н. Ф. Островская и др., ДАН, т. 209, 1081 (1973). ⁴ N. L. Coleburn, J. V. Forbes, J. Chem. Phys., v. 48, 555 (1968). ⁵ С. С. Бацанов, Л. Р. Бацанова и др., ЖСХ, т. 9, 1024 (1968). ⁶ И. Н. Дулин, А. В. Альтшулер и др., Физ. тверд. тела, т. 11, 1252 (1969). ⁷ С. С. Бацанов, Э. М. Мороз, Физ. и хим. обработки материалов, № 6, 127 (1972). ⁸ А. В. Курдюмов, Н. Ф. Островская и др., ДАН, т. 215, 836 (1974). ⁹ Л. В. Альтшулер, М. Н. Павловский, В. П. Дракин, ЖЭТФ, т. 52, 400 (1967). ¹⁰ Г. В. Самсонов, В. П. Алексеевский и др., Порошковая металлургия, № 1, 93 (1972). ¹¹ А. В. Курдюмов, В сб.: Получение, свойства и применение нитридов, Киев, 1972, стр. 319. ¹² А. В. Курдюмов, Кристаллография, т. 17, 620 (1972). ¹³ K. Lonsdale, M. J. Milledge, E. Nave, Mineral. Mag., v. 32, 185 (1959). ¹⁴ Л. Ф. Верещагин, Я. А. Калашников и др., ДАН, т. 162, 1027 (1965).

Таблица 1

| Образец | [00l] | | [hk0] | |
|--------------------------|-------|--|-------|--|
| | D, Å | $\langle \varepsilon^2 \rangle^{1/2} \cdot 10^3$ | D, Å | $\langle \varepsilon^2 \rangle^{1/2} \cdot 10^3$ |
| Исходный BN _г | 600 | 0 | 1000 | 0 |
| 0% BN _в | 300 | 3 | 900 | 2 |
| 15% BN _в | 160 | 3,8 | — | — |
| 20% BN _в | 140 | 3,8 | — | — |