

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИЛЬНОТОЧНОГО РЭП ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ И ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ

С.С.Бацанов, Б.А.Демидов, Л.И.Рудаков

Описываются эксперименты по возбуждению интенсивных ударных волн с помощью самософокусированного сильноточного РЭП. Показано, что при помещении в фокальное пятно ускорителя нитрида бора или графита происходит частичное в пределах $\lesssim 10\%$ превращение гексагонального BN и графита в мелкодисперсную алмазную фазу. Обсуждаются возможности использования РЭП для химических синтезов.

При самофокусировке релятивистского электронного пучка (РЭП) в диоде в современных импульсных сильноточных ускорителях в фокусном пятне на аноде достигается плотность мощности, превышающая 10^{12} Вт/см² [1, 2]. Выделение энергии за время импульса ($\tau \lesssim 10^{-7}$ сек) при такой высокой плотности мощности приводит к тепловому взрыву поверхности анода. Пары вещества, разлетающиеся с большими скоростями, несут значительный импульс, приводящий к возникновению в исследуемом веществе сильных ударных волн. В экспериментах, выполненных на ускорителе "Кальмар", показано, что при использовании алюминиевого анода в фокусном пятне площадью 2 мм² выделяется энергия, равная 2,5 кДж [3]. Поскольку средняя глубина проникновения электронов пучка в мишень составляет 0,5 мм (в данных опытах энергия электронов равна 0,5 МэВ), то объемная плотность энергии ω достигает $2,5 \cdot 10^6$ Дж/см³. Зная объемную плотность энергии, можно найти давление P образующейся плазмы в фокусном пятне по следующей формуле:

$$P = \omega (\gamma_{\text{эфф}} - 1).$$

Считая, что в нашем случае отношение удельных теплоемкостей $\gamma_{\text{эфф}} = 1,2$, согласно вычислениям [4], находим, что $P \lesssim 5 \cdot 10^6$ бар. С учетом расширения облака плазмы в вакуум величина реального давления P снижается до 2,5 Мбар.

Наличие высоких давлений в фокальном пятне сильноточного РЭП ускорителя "Кальмар" подтверждается металлографическими исследованиями образцов из меди, подвергнутых однократному воздействию РЭП. Исследовалось упрочнение меди и наличие полос множественного скольжения в облученном образце на расстоянии 4,5 мм от фокуса, а затем производился пересчет давлений. Эта оценка также соответствует численным расчетам Вайднера и Томсона [5], проведенным для РЭП с аналогичными параметрами.

Использование ударных волн, генерируемых взрывом или сверхскоростным ударом твердого тела, оказалось весьма плодотворным в научном [6] и техническом [7] плане. Реализуемые в генераторах РЭП давления и температуры обладают определенной спецификой — на порядок меньше время действия высокого давления и, как правило, на два порядка больше температура — и можно надеяться найти специфичес-

кие области их приложения в физико-химии твердого тела и материаловедении. Достижение высоких давлений с помощью РЭП открывает широкие возможности для изучения поведения вещества в экстремальных условиях. В частности, высокие термодинамические параметры, получаемые в описанной установке, могут оказаться полезными в осуществлении структурных и химических превращений. Так обнаружено, что при действии РЭП на гексагональный (графитоподобный) BN, помещенный в фокальное пятно установки "Кальмар", происходит частичное, в пределах $\leq 10\%$, превращение исходной структуры в алмазную (типа вюрцита), как это можно видеть из ИК спектра поглощения облученного материала, приведенного на рис. 1.

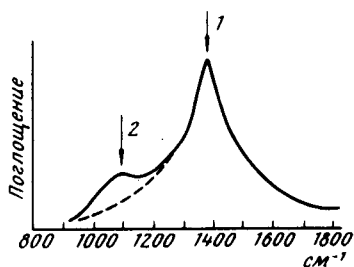


Рис. 1. ИК спектр поглощения облученного с помощью РЭП нитрида бора: 1 – максимум графитоподобной, 2 – максимум алмазоподобной модификаций

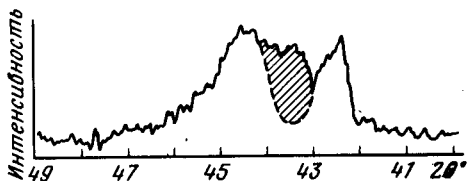


Рис. 2. Фрагмент дифрактограммы смеси графита 10% и 90% Рь, облученного РЭП; заштрихованная область соответствует алмазной фазе

Действие РЭП на графит также вызывает структурные изменения. Как свидетельствуют рентгеновские данные, происходит частичное, в пределах $\leq 10\%$, превращение графитной структуры в гексагональную алмазную фазу, о чем свидетельствует фрагмент дифрактограммы, представленной на рис. 2.

Следует, однако, заметить, что фазовый переход заметным образом происходит лишь в том случае, если облучению подвергается смесь графита с металлами "холодильниками" (Cu, Рь) или, если таблетка из графита после удара разлетается в специальный контейнер. Благодаря этим приемам удается уменьшить отжигающее действие высокой температуры. Вместе с тем, короткое ($\leq 10^{-7}$ сек) действие высокого давления приводит к образованию очень мелко дисперсной алмазной фазы, которая на рентгенограмме приводит к большему изменению площади графитных полос, чем пика собственно алмазной полосы. Микроскопическое исследование облученных РЭП образцов графита показало, что алмазная фаза мозаичным образом включена в исходную, причем показатели преломления облученных материалов в этом случае составляют $\geq 2,2$.

Совместное действие высоких давлений и температур может оказаться весьма перспективным для химического синтеза. Со 100%-ым выходом прошла реакция $\text{CuBr}_2 + \text{Cu} \rightarrow \text{CuBr}$. Легко образуются кар-

биды меди и железа, обычно, требующие длительного нагревания. Наиболее перспективным, по-видимому, данный метод может оказаться для осуществления химических взаимодействий, требующих для своего начала преодоления больших потенциальных барьеров (энергий активации).

Поступила в редакцию
10 сентября 1979 г.

Литература

- [1] М.В.Бабыкин и др. Доклад на Международном совещании экспертов МАГАТЭ по технологии инерциального удержания плазмы. Дубна, 1976; IAEA-200, стр. 41.
 - [2] Д.Ионас и др. Доклад на VII Международной конференции по физике плазмы в области управляемого термоядерного синтеза. IAEA-CN-37-M-3, Инсбрук, Австрия, 1978.
 - [3] Б.А.Демидов, М.В.Ивкин, В.А.Петров. ЖТФ, **48**, 2528, 1978.
 - [4] Н.Н.Калиткин, Л.В.Кузьмина. Квантово-статистические уравнения состояний II элементов. ВИНТИ, 1975, депонированная рукопись №2192.
 - [5] M.M.Widner, S.L.Thompson. Calculations of anode withess plate damage to pinched REB. Sand.-74-351.
 - [6] С.С.Бацанов. Известия АН СССР, Неорг. материалы, **6**, 697, 1970.
 - [7] Дж. Райнхарт, Дж. Пирсон. Взрывная обработка материалов, М., изд. Мир, 1966.
-