

маза и кубической модификации нитрида бора из расплава. В пользу этой гипотезы свидетельствует, в частности, синтез алмаза из аморфных форм углерода. Однако интерпретация результатов сложна и неоднозначна.

Новый способ детонационного синтеза СТМ отличаются простота, достаточно высокая степень превращения исходных веществ в СТМ (до 50%), возможность осуществления процесса синтеза во взрывных камерах и организации производства СТМ с использованием средств автоматизации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Якушев, А. Н. Дремин. Докл. АН СССР, 1975, 221, 5, 1143.
2. Г. А. Ададунов, А. В. Балуев, О. Н. Бреусов и др. Изв. АН СССР, «Неорганические материалы», 1977, 13, 4, 649.
3. Г. А. Ададунов, О. Н. Бреусов, В. Н. Дробышев и др.— В кн.: Физика импульсных давлений/Под ред. С. С. Бапанова. Вып. 44(74). М., 1979.
4. Г. П. Апарников, О. Н. Бреусов, В. В. Груздов и др.— В кн.: Алмазы и сверхтвердые материалы. Вып. 8. М., 1979.
5. Г. А. Ададунов, А. В. Ананьин, Т. В. Бавина и др. Авт. свид. № 902 364, 1981.

УДК 539.63+537.311.3

### ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ХЛОРИСТОГО НАТРИЯ ПРИ КВАЗИИЗЭНТРОПИЧЕСКОМ СЖАТИИ ДО 140 ГПа

*В. И. Постнов, А. Н. Дремин, С. С. Набагов, В. М. Шунин,  
В. В. Якушев  
(Черноголовка)*

Ударно-волновые эксперименты характеризуются чрезвычайно быстрым нагружением образцов и малой длительностью нахождения их в сжатом состоянии. Возникает вопрос, носят ли измеряемые при таких условиях физические величины равновесный характер [1]. Проблема правомерности использования динамических данных для предсказания свойств веществ при длительном воздействии давления и температуры до настоящего времени остается открытой. Применение изэнтропического или квазиизэнтропического режимов сжатия, которые по сравнению с однократными ударными волнами позволяют достигать высоких давлений более плавно и с меньшим разогревом, по-видимому, должно сыграть большую роль в решении этого вопроса.

В настоящей работе результаты экспериментов по измерению удельного сопротивления монокристаллов хлористого натрия при квазиизэнтропическом нагружении сопоставлены с данными Л. В. Альтшулера и др. [2], полученными при однократном ударном сжатии.

Схема постановки экспериментов приведена на рис. 1. Исследуемый образец, составленный из двух прямоугольных пластинок хлористого натрия 1 (размер пластинки  $30 \times 30$ , толщина 1 мм), вместе с изолирующими тефлоновыми прокладками 2 зажимали между медными экранами 3 диаметром 120 и толщиной 6—8 мм. Между пластинками размещали центральный электрод 4 диаметром 15—20 мм, изготовленный из алюминиевой фольги толщиной 0,01 мм.

Образец нагружали в кристаллографическом направлении [100] с помощью алюминиевого ударника 5 (толщина 7—10, диаметр 90 мм), разогнанного до высокой скорости взрывным устройством, описание которого приведено в [3]. Для достижения давлений выше 50 ГПа использовали двухстороннее сжатие аналогично [4]. Поскольку динамическая жесткость хлористого натрия меньше, чем у меди, конечное давление в образце  $p_1$  достигается циркуляцией ударных волн между экранами. Давление в процессе нагружения определяли манганиновым датчиком 6

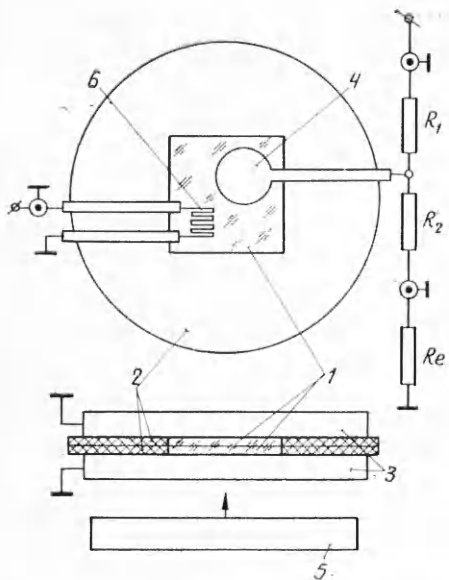


Рис. 1. Схема постановки экспериментов ( $R_1$ ,  $R_2$  — балластное и шунтирующее сопротивления,  $R_e$  — входное сопротивление осциллографа).

с использованием калибровочной кривой из [5, 6]. При давлениях до 70 ГПа датчик располагали между пластинками хлористого натрия; выше 70 ГПа, когда начинало сказываться шунтирующее влияние образца, — между изолирующими прокладками.

Сопротивление образца в сжатом состоянии  $R_x$  измеряли по схеме [7]. Удельное сопротивление  $\rho$  рассчитывали по формуле плоского конденсатора

$$\rho = \frac{4R_x S}{d},$$

где  $S$  — площадь центрального электрода;  $d$  — толщина сжатого образца. Для регистрации использовали двухканальный осциллограф ОК-33.

Содержание примесей в исследуемых образцах, определенное методом атомно-абсорбционной спектроскопии в Институте экспериментальной минералогии АН СССР, было следующим: медь —  $4 \cdot 10^{-4}$ , марганец —  $3,5 \cdot 10^{-4}$ , магний —  $5 \cdot 10^{-5}$ , кальций —  $5 \cdot 10^{-4}$ , железо —  $3 \cdot 10^{-4}$ %. Осциллограмма одного из опытов при давлении  $p_1 = 62$  ГПа приведена на рис. 2. Экспериментальные результаты совместно с расчетными значениями удельного объема  $V$  и температуры  $T$  даны в таблице.

Термодинамические параметры хлористого натрия при высоких давлениях определяли на основании полуэмпирического уравнения состояния Дебая, построенного в [2], принимая  $C_v = 6R/\mu$ , где  $R$  — газовая постоянная,  $\mu$  — молекулярный вес. Как видно из рис. 3, а, б, используемый режим нагружения существенно снижает температуру разогрева по сравнению с однократной волной и позволяет практически достичь такой же степени сжатия, что и на изэнтропе.

На рис. 4 сопоставлены данные настоящей работы по измерению электропроводности с результатами, полученными в [2] при однократном сжатии. При одном и том же объеме удельное сопротивление в условиях многократного сжатия на несколько порядков больше, чем при однократном. Следует отметить, что при достигнутом максимальном давлении, соответствующем 130 ГПа на кривой холодного сжатия, удельное сопро-

$p_1$ , ГПа	$\rho$ , Ом·м	$T$ , К	$V$ , см <sup>3</sup> /г
0	—	293	0,463
27	$5 \cdot 10^3$	600	0,302
47	$1,4 \cdot 10^3$	1090	0,267
62	600	980	0,247
72	70	1200	0,237
128	24	2000	0,201
141	3	2200	0,196

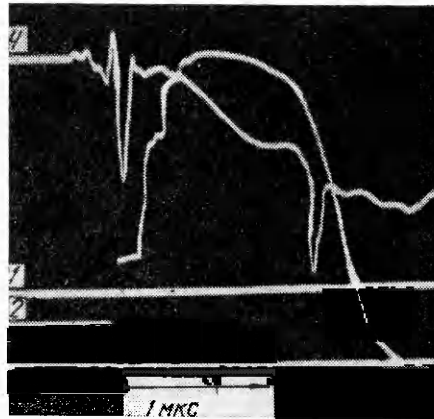


Рис. 2. Осциллограмма опыта.

1, 3 — пучковые лучи регистрации давления и сопротивления; 2 — луч регистрации давления; 4 — луч регистрации сопротивления.

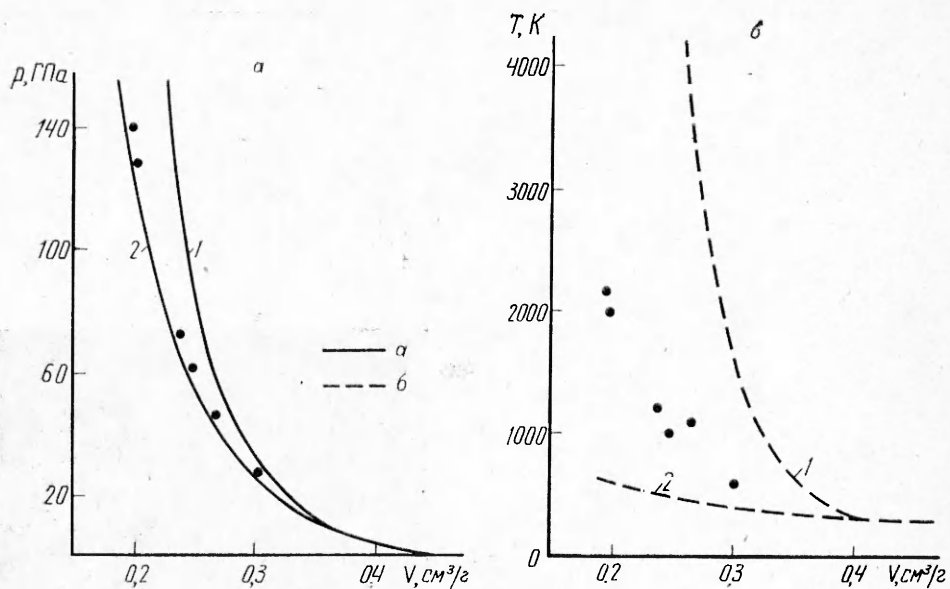


Рис. 3. Зависимость  $p$  от  $V$  (а); зависимость  $T$  от  $V$  (б).  
1 — изэнтропа; 2 — ударная адиабата; точки — многократное сжатие.

тивление хлористого натрия ( $3 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ) далеко от того значения, чтобы его можно было отождествить с переходом в металлическое состояние.

Что же касается конкретного механизма проводимости в условиях динамического эксперимента, то здесь пока однозначного ответа дать нельзя. По мнению авторов [8], явление значительного возрастания электропроводности при ударном сжатии имеет неравновесный ионный характер, обусловленный генерацией дефектов при пластической деформации во фронте волны. Причем концентрация и подвижность носителей заряда слабо зависят от температуры. С позиции этого предположения различие между данными, полученными при однократном и многократном сжатии, можно объяснить тем, что при более плавном режиме нагружения рождается меньше дефектов. С другой стороны, если проводимость приписать равновесный ионный характер, как это сделано в [2], то наблюдаемое различие легко связать с температурным эффектом.

Остановимся теперь на вопросе о возможности перехода хлористого натрия под действием динамического давления в более плотную модификацию со структурой хлористого цезия [9]. Согласно [10], на кривых динамической сжимаемости обнаружены слабо выраженные изломы, соответствующие переходу в более плотное состояние. При движении ударной волны в направлении [100] давление перехода составило примерно 30 ГПа.

При регистрации процесса нагружения хлористого натрия обнаружено расщепление ударной волны, если ее амплитуда находилась на уровне 30 ГПа. В частности (см. рис. 2), заметно, что вторая волна

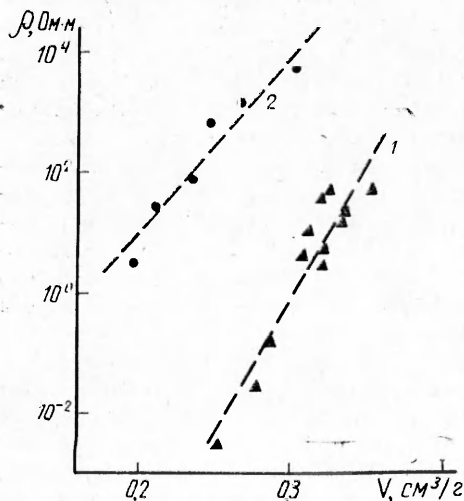


Рис. 4. Зависимость  $\rho$  от  $V$ .  
1 — однократное сжатие [2]; 2 — многократное сжатие.

состоит из двух скачков 31 и 33 ГПа. Разумно предположить, что это связано с возникновением двухволновой конфигурации, соответствующей фазовому переходу.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Алдер.— В кн.: Твердые тела под высоким давлением/Под ред. В. Пол, Д. Варшауэр. М.: Мир, 1966.
2. Л. В. Альтшулер, Л. В. Кулешова, М. Н. Павловский. ЖЭТФ, 1960, 39, 1, 16.
3. Г. И. Канель, А. М. Молодец, А. А. Воробьев. ФГВ, 1974, 10, 6, 884.
4. С. С. Набатов, А. Н. Дремни, В. И. Постнов и др. Письма в ЖЭТФ, 1979, 29, 7, 407.
5. Г. И. Канель, Г. Г. Вахитова, А. Н. Дремни. ФГВ, 1978, 14, 2, 130.
6. В. И. Постнов.— В кн.: Нестационарные проблемы гидродинамики. Вып. 48. Новосибирск, 1980.
7. В. В. Якушев, С. С. Набатов, О. Б. Якушева. ФГВ, 1974, 10, 4, 583.
8. Ю. Н. Тюняев, Ю. В. Лисицын, Е. З. Новицкий и др.— В кн.: Горение и взрыв. М.: Наука, 1972.
9. Л. В. Альтшулер. УФН, 1965, 85, 2, 197.
10. Compendium of shock wavedata, ed by M. van Thil. V. 2. L. L. L., University of California/Livermore, 1977.

УДК 539.89+537.226

### ИНДУЦИРОВАННАЯ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ ВИНИПЛАСТА

*А. П. Курто, А. Г. Ангипенко, А. Н. Дремни, В. В. Якушев*  
(Черноголовка)

Возникновение во фронте ударной волны (ФУВ) электрической поляризации (ударной поляризации) полимеров обнаружено в [1]. Ряд авторов считает [1—4], что причина явления заключается в ориентации элементарных диполей, входящих в состав макромолекулы. Иная точка зрения высказывается в [5, 6]: внутри ФУВ происходит механодеструкция макромолекул с разделением электрически заряженных «обломков» в поле сил фронта. Один из основных выводов модели [5, 6] состоит в том, что значительную величину ударной поляризации можно ожидать только в полимерах, мономерное звено которых имеет достаточно сложную структуру, например, полисульфон, полиметилметакрилат, полипиромелитимид, полистирол и др. Такие полимеры легко подвергаются механодеструкции. С другой стороны, согласно [5], в полимерах типа поливинилхлорида (ПВХ) с простыми звеньями эффект должен быть невелик. Последнее утверждение не согласуется с данными единичных экспериментов [7], выполненных для винипласта (пластмасса на основе ПВХ) при давлении 15,5 ГПа.

Представляло интерес более подробно количественно исследовать ударную поляризацию ПВХ в широком диапазоне динамических давлений, чему и посвящена настоящая работа.

#### Постановка экспериментов

В качестве объекта исследований выбран винипласт марки ВНЭ плотностью 1,40 г/см<sup>3</sup>, имеющий следующий состав (в % по массе): ПВХ — 92,6, свинцовый глет — 2,6, стеарат кальция — 1,1, стеарин — 0,9, веретенное масло — 2,8.

Схема экспериментов представлена на рис. 1. На медном или алюминиевом электроде-экране 1 диаметром 80 и толщиной 8 мм находился образец винипласта 2 в виде диска диаметром 17 и толщиной 2 мм. Охранное кольцо 3 и верхний электрод 4 диаметром 8 мм наносили путем химического меднения. Ширина зазора между ними не превышала