

05;12

Предвзрывная проводимость взрывчатого состава на основе триаминотринитробензола

© М.М. Горшков, К.Ф. Гребенкин, В.Т. Заикин,
В.М. Слободенюков, О.В. Ткачев

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский
научно-исследовательский институт технической физики, Снежинск
E-mail: k.f.grebyonkin@vniitf.ru

Поступило в Редакцию 17 февраля 2004 г.

Выполнены измерения электропроводности сжатого ударной волной низкочувствительного взрывчатого состава на основе триаминотринитробензола. Полученные результаты согласуются с гипотезой о том, что ударные волны околопороговой интенсивности переводят кристаллические взрывчатые вещества в полупроводниковое состояние.

В последнее время большой интерес вызывает эффект „предвзрывной проводимости“, наблюдавшийся в азидах тяжелых металлов, при котором происходит сильное повышение электропроводности кристаллического взрывчатого вещества (ВВ) на начальной стадии развития взрыва, до начала интенсивного энерговыделения и механического разрушения ВВ [1].

Целью данной работы было исследование вопроса о возможности возникновения преддетонационной проводимости в низкочувствительном взрывчатом составе на основе триаминотринитробензола (ТАТБ), нагружаемого ударной волной с давлением на фронте, близким к порогу иницирования детонации. Заметим, что при нормальных условиях ТАТБ является хорошим изолятором, а его электропроводность в условиях ударноволнового нагружения ранее не измерялась.

Измерения проводились по так называемому методу „палочки“ [2], согласно которому тонкая прямоугольная пластина из исследуемого материала помещается параллельно фронту ударной волны в среду, сохраняющую свои изоляционные свойства в исследуемом интервале давлений. В качестве такой среды, как и в работе [2], использовалась

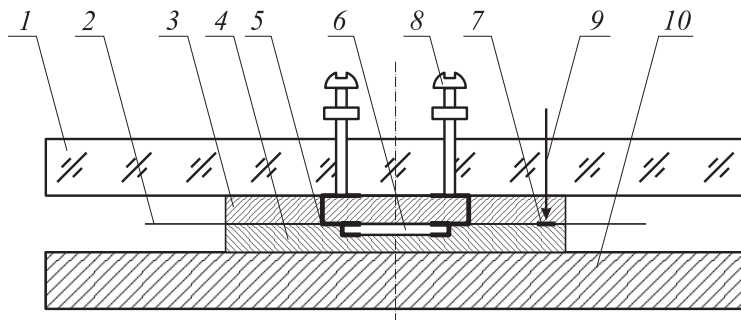


Рис. 1. Схема экспериментальной сборки: 1 — панель, оргстекло, 2 — Al, $\Delta = 0.01$ mm, 3 — $\varnothing 60 \times 5$, грамикулит-2, 4 — $\varnothing 60 \times 3$, грамикулит-2, 5 — Al, $\Delta = 0.050$ mm, 6 — образец ИС $25 \times 4 \times 0.75$ mm, 7 — фольга Al $\varnothing 5 \times 0.05$, 8 — контактный винт, 9 — реперный датчик, 10 — экран измерительного заряда.

смесь парафина с корундом (грамикулит-2), состав которой (70% корунда и 30% парафина по массе) выбирался из условия совпадения ударной адиабаты с ударной адиабатой исследуемого материала [3]. Электроды измерительной цепи прикладываются к концам „палочки“, и электрическое поле в образце было направлено параллельно фронту ударной волны. Размеры образца были выбраны равными $25 \times 4 \times 0.75$ mm, его начальная плотность составляла 1.905 g/cm³. Схема экспериментальной сборки представлена на рис. 1. Нагружение сборки производилось с помощью генератора ударных волн, создающего ступенчатый импульс давления. В образце в течение $1.5\text{--}2.0$ μ s поддерживалось постоянное давление, вплоть до момента прихода волны разгрузки от границы панели из оргстекла.

Электропроводность вспомогательных материалов — вазелина, которым заполнялись зазоры, и грамикулита-2 в условиях ударноволнового нагружения определялась в отдельных опытах и оказалась на несколько порядков ниже, чем удельная электропроводность исследуемого взрывчатого состава.

Эксперименты по измерению электропроводности исследуемого взрывчатого состава были проведены в интервале давлений на фронте ударной волны от 8.2 до 34.3 GPa.

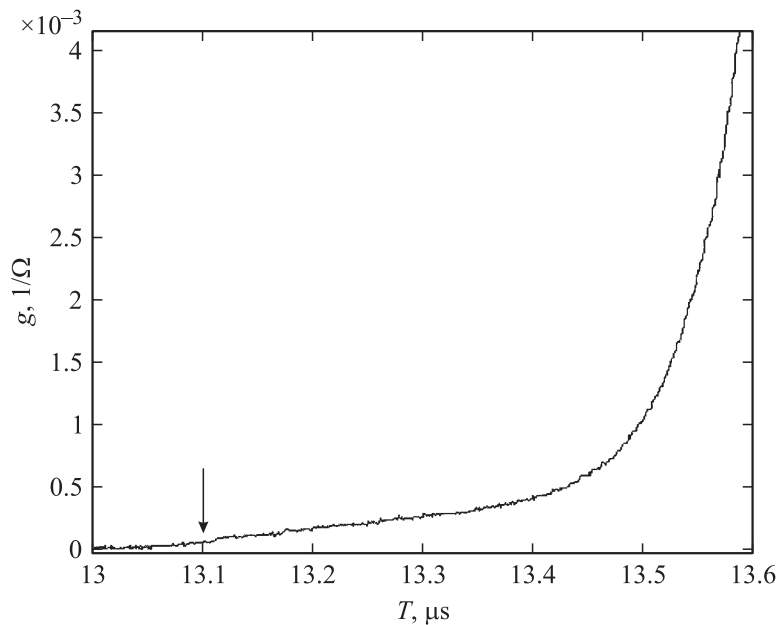


Рис. 2. Зависимость межэлектродной проводимости от времени, полученная в эксперименте с давлением на фронте ударной волны, равном 17.7 ГПа. Стрелкой показан момент выхода волны из образца.

При значениях давления, равных 8.2 и 11.4 ГПа, превышения проводимости над уровнем фона не обнаружено.

При давлении 14.8 ГПа и выше было зарегистрировано значительное повышение межэлектродной проводимости после вхождения ударной волны в образец. В качестве примера на рис. 2 показана зависимость межэлектродной проводимости от времени, полученная в эксперименте с амплитудой давления 17.7 ГПа. На осциллограмме наблюдаются два участка с сильно различающейся скоростью роста проводимости: сначала в течение некоторого времени после входа ударной волны в образец происходит относительно медленный рост проводимости, а затем скорость роста проводимости резко возрастает.

Вторую стадию, во время которой происходит быстрый рост проводимости, естественно связать с процессом выделения энергии

при разложении основной массы взрывчатого вещества и увеличения в гетерогенной реагирующей среде объемной доли продуктов взрыва, имеющих высокую удельную электропроводность. При давлениях 23.9 GPa и выше стадия быстрого роста электропроводности завершается при значениях порядка $100 \text{ 1}/\Omega \cdot \text{m}$, типичных для продуктов взрыва конденсированных ВВ [4], что можно рассматривать как показатель завершения превращения взрывчатого вещества в продукты взрыва.

Таким образом, полученные в настоящей работе результаты указывают на то, что в низкочувствительном бризантном взрывчатом составе на основе ТАТБ, сжатом ударной волной с давлением $\geq 15 \text{ GPa}$, наблюдается предвзрывная проводимость.

Длительность первой стадии роста проводимости сильно зависит от давления на фронте ударной волны и составляет порядка $1 \mu\text{s}$ при давлении 14.8 GPa, $0.3\text{--}0.4 \mu\text{s}$ при давлении 17.7 GPa и около $0.1 \mu\text{s}$ при давлении 23.9 GPa.

В опытах с давлением на фронте ударной волны 14.8 и 17.7 GPa значение удельной электропроводности исследуемого ВС на момент выхода ударной волны из образца составило порядка $1 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$, что близко к электропроводности такого полупроводника, как германий.

В целом, полученные в настоящей работе результаты согласуются с гипотезой [5–7] о том, что под действием ударных волн околороговой интенсивности в кристаллическом ТАТБ может возникать достаточно высокая концентрация электронов проводимости, и его электропроводность и, следовательно, электронная теплопроводность возрастают до уровня, характерного для полупроводников.

В заключение отметим, что недавно было проведено исследование электромагнитных свойств кристаллического гексогена, сжатого ударной волной [8], и сделан вывод о том, что „ударная волна превращает гексоген в полупроводник“. Таким образом, предложенная в [5–6] полупроводниковая модель детонации, возможно, имеет универсальный характер. Ее основное предположение о том, что волна горения из микроочагов в детонирующем взрывчатом веществе распространяется посредством электронной теплопроводности, может быть справедливо не только для ТАТБ, но и для гексогена, октогена, тротила и других взрывчатых веществ. В связи с этим большой интерес представляет проведение аналогичных измерений кинетики электропроводности при ударно-волновом нагружении других взрывчатых веществ.

Список литературы

- [1] *Захаров Ю.А., Алукер Э.Д., Адуев Б.П.* и др. Предвзрывные явления в азидах тяжелых металлов. М.: ЦЭИ Химмаш, 2002. 115 с.
- [2] *Жугин Ю.Н., Крутников К.К., Овечкин Н.А.* // Хим. физика. 1987. № 10. С. 1447–1450.
- [3] *Шорохов Е.В., Литвинов Б.В.* // Хим. физика. 1993. Т. 12. № 5. С. 722–723.
- [4] *Гилев С.Д., Трубачев А.М.* // Физика горения и взрыва. 2002. Т. 38. № 2. С. 104–120.
- [5] *Гребенкин К.Ф.* // Письма в ЖТФ. 1998. Т. 24. В. 20. С. 1–5.
- [6] *Гребенкин К.Ф.* // Труды Междунар. конф. V Забабахинские научные чтения. 21–25 сентября 1998 г. Снежинск: Издательство РФЯЦ-ВНИИТФ, 1999. Ч. 1. С. 189–194.
- [7] *Гребенкин К.Ф., Жеребцов А.Л., Кутенов А.Л., Попова В.В.* // ЖТФ. 2002. Т. 72. В. 11. С. 114–116.
- [8] *Chambers G.P., Lee R.G., Oxy T.J.* et al. Electromagnetic Properties of Pre-Detonating Explosives. In Shock Compression of Condensed Matter-2001 / Ed. by M.D. Furish., N.N. Thadhani and Y. Horie. American Institute of Physics, 2002. P. 894–897.