

04;07;10

## Температура продуктов взрыва азида серебра

© Г.М. Белокуров, Е.В. Тупицин, Д.Э. Алукер,  
С.С. Гречин, Д.Р. Нурмухаметов

Кемеровский государственный университет

E-mail: lira@kemsu.ru

Кемеровский филиал Института химии твердого тела  
и механохимии СО РАН

E-mail: filial@kemnet.ru

В окончательной редакции 18 августа 2005 г.

Изучены спектрально-кинетические характеристики свечения продуктов взрыва  $\text{AgN}_3$  при инициировании импульсом электронного ускорителя (250 МэВ,  $1000 \text{ A/cm}^2$ , 10 ns). Показано, что на стадии разлета продуктов взрыва их температура достигает 3000–3500 К.

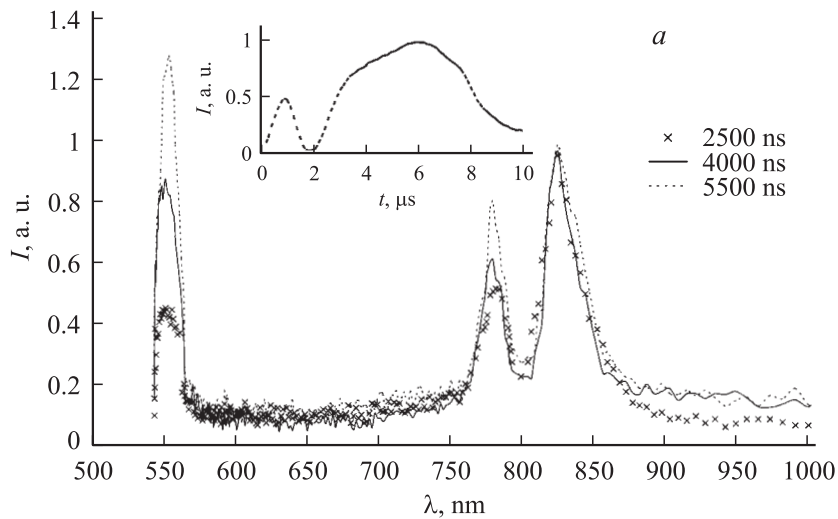
PACS: 52.80.Qj

Еще в середине 50-х годов прошлого века [1] было высказано предположение, что основным источником энерговыделения при взрыве  $\text{AgN}_3$  является экзотермическая реакция  $2\text{N}_3 \rightarrow 2\text{N}_2$ , в результате которой выделяется энергия 10–12 эВ. В дальнейшем это предположение превратилось практически в общепринятую точку зрения [2].

Однако уже в той же работе [1] указывалось, что осуществление этой экзотермической реакции в кристаллической решетке сталкивается с принципиальными трудностями, поскольку речь идет о встрече двух одноименно заряженных относительно решетки частиц (радикалов  $\text{N}_3^0$ , или дырок). (Подробное обсуждение этой проблемы смотри в [3]).

Однако на поверхности кристалла, или в газовой фазе, эти ограничения снимаются, так как в этом случае здесь речь идет уже о столкновении двух нейтральных частиц — радикалов  $\text{N}_3^0$  [1–3].

Реализация экзотермической реакции  $2\text{N}_3 \rightarrow 3\text{N}_2$  в газовой фазе, или на поверхности малых частиц образца должна приводить к повышению температуры продуктов взрыва уже после диспергирования образца в результате его взрывного разложения. Поэтому экспериментальное определение температуры продуктов взрыва азидов тяжелых металлов

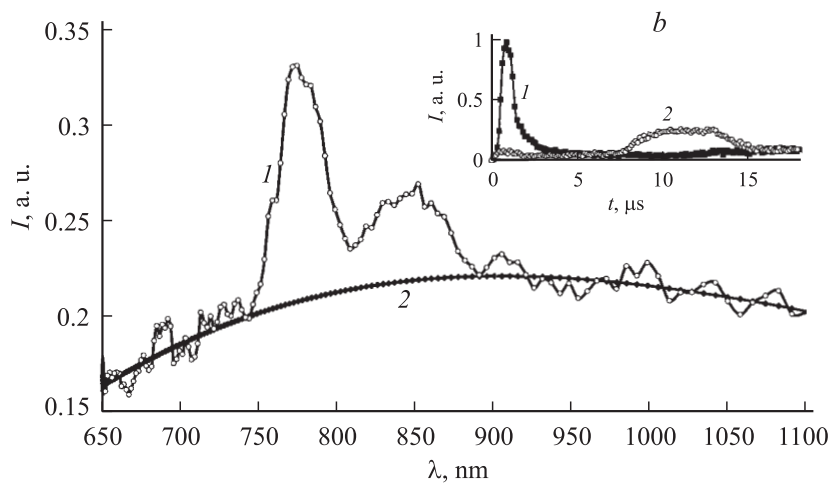


Спектрально-кинетические характеристики взрывного свечения азиды серебра при инициировании импульсом электронного ускорителя: *a* — спектры излучения плазмы в различные моменты времени, кривые нормированы по пику  $\lambda = 810$  nm (образец без добавки сажи); *b* — спектр излучения образца с добавкой сажи в момент времени  $t = 10$   $\mu$ s. *1* — экспериментальная кривая, *2* — аппроксимация сплошной составляющей спектра формулой Планка при  $T = 3200$  K. На врезках рисунка: кинетика свечения образца: *a* — без добавки сажи при  $\lambda = 770$  nm (в области линии свечения продуктов взрыва); *b* — при  $\lambda = 900$  nm (в промежутке между линиями свечения продуктов взрыва). *1* — образец без добавки сажи, *2* — образец с добавкой сажи.

представляет значительный интерес, что и обусловило задачу данной работы.

Объектами исследования служили прессованные таблетки азиды серебра с характерными размерами:  $\varnothing 3$  mm, толщина 200  $\mu$ m. Иницирование осуществлялось импульсом электронного ускорителя (250 MeV, 1000 A/cm<sup>2</sup>, 10 ns). Регистрация свечения осуществлялась системой спектрограф ИСП-51, фотохронограф ФЭР-7. Подробное описание методики и аппаратуры приведено в [3].

В первой серии экспериментов исследовались спектрально-кинетические характеристики взрывного свечения 10 таблеток чистого азиды серебра. Типичные результаты для одного из образцов приведены на



Продолжение рисунка.

рисунке. Свечение в первом пике (врезка на рисунке, *a*), согласно [3–5], представляет собой предвзрывную люминесценцию. С точки зрения задачи данной работы, наибольший интерес представляет изменение во времени спектрального состава свечения плазмы (второй пик на рисунке, *a*), образующейся при взрыве.

Видно (см. рисунок, *a*), что в спектре излучения плазмы, образующейся при взрыве, со временем происходит перераспределение интенсивности свечения в пользу коротковолновых линий. Наиболее естественное объяснение этого эффекта [6]: увеличение температуры плазмы со временем, по-видимому, в результате осуществления в ней экзотермической реакции  $2\text{N}_3 \rightarrow 3\text{N}_2$  [1,2].

Для количественной оценки температуры продуктов взрыва мы применили следующий прием. При прессовании таблеток азид серебра в них было добавлено небольшое количество газовой сажи.<sup>1</sup> На этих образцах (10 образцов) были выполнены обычные спектрально-кинетические исследования взрывного свечения при инициировании импульсом электронного ускорителя (см. рисунок, *b*).

<sup>1</sup> 1 весовой процент, размер частичек сажи порядка  $\sim 1 \mu\text{m}$ .

Из врезки на рисунке, *b* видно, что для образца с добавкой сажи свечение в первом пике практически отсутствует, что связано с реабсорбцией излучения частичками сажи (образец не прозрачен!).

Гораздо более интересная и информативная картина наблюдается на стадии свечения продуктов взрыва (см. рисунок). Вместо линейчатого спектра свечения плазмы появляется широкополосное свечение раскаленных частичек сажи, на фоне которого выделяются линии плазмы. Широкополосный спектр в районе интенсивного свечения  $10 \div 13 \mu\text{с}$  (врезка на рисунке, *b*) хорошо описывается формулой Планка при  $T = 3200 \text{ К}$  (см. рисунок, *b*). Для различных образцов величина  $T$  колеблется в интервале  $3000\text{--}3500 \text{ К}$ . Следует отметить, что такой метод определения температуры пламени давно используется, причем показано, что температура частичек сажи практически не отличается от температуры собственно пламени [7].

Так как эта стадия соответствует расширению плазмы, приводящему обычно к ее охлаждению [6], полученный результат свидетельствует о существенном энерговыделении на этой стадии, не только компенсирующем охлаждение плазмы, но и обеспечивающем ее нагрев.

Авторы благодарны Э.Д. Алукеру и Б.П. Адуеву за полезные дискуссии.

## Список литературы

- [1] Боуден Ф., Иоффе А. Быстропротекающие реакции в твердых веществах. М.: Изд-во иностр. лит., 1962. 243 с.
- [2] *Energetic Materials*. V.L. / Ed. by H.D. Fair, R.F. Walker. N.Y.: Plenum Press, 1997. P. 501.
- [3] Адуев Б.П., Алукер Э.Д., Белокуров Г.М. и др. Предвзрывные явления в азидах тяжелых металлов. М.: ЦЭИ „Химмаш“, 2002. 116 с.
- [4] Адуев Б.П., Алукер Э.Д., Белокуров Г.М. и др. // ЖЭТФ. 1999. Т. 116. № 5 (11). С. 1676–1693.
- [5] Адуев Б.П., Белокуров Г.М., Гречин С.С. и др. // Письма в ЖТФ. 2004. Т. 30. В. 18. С. 46–49.
- [6] Франк-Каменецкий Д.А. Лекции по физике плазмы. М., 1968.
- [7] Льюис Б., Эльбе Г. Горение, пламя и взрывы в газах. М.: Иностран. лит., 1948. 445 с.