

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭКРАНИРОВКИ В ПАРАХ СВИНЦА И АЛЮМИНИЯ

*Я.И.Гюевой, А.И.Петрухин, Ю.Е.Плешанов, В.А.Суляев*

Испарение вещества под действием излучения ОКГ может происходить в двух существенно различных режимах: когда пары имеют температуру, близкую к температуре фазового перехода, слабо ионизованы и практически прозрачны для падающего излучения (волна испарения без экранировки испаряющейся поверхности [1–3]) и когда они разогреты до гораздо более высоких температур, сильно ионизованы и почти полностью поглощают падающее излучение (поверхность экранирована [4–6]). Поскольку распределение параметров в слое паров, законы их изменения во времени и сами характерные значения параметров (температура, скорость и т. д.) существенно различны в этих режимах, то представляет интерес определить условия перехода от одного режима к другому.

Теоретический анализ условий возникновения экранирования [7] встречает значительные трудности, связанные с нестационарностью явления и отсутствием детальных сведений об оптических свойствах нагретых паров и о механизме испарения. В большинстве экспериментальных работ исследовалось испарение без экранирования [1, 3] или испарение с развитой экранировкой [5]. Детальных же исследований переходного режима не производилось.

В предлагаемой работе измерены некоторые параметры переходного режима испарения свинца и алюминия под действием излучения ОКГ на рубине. ОКГ состоял из задающего генератора с модулированной добротностью и усилителя.

Для обеспечения равномерной облученности по всей площади поражения мишени перед входным торцом усилительного кристалла помещалась матовая пластинка. Выходной торцев усилительного кристалла при помощи линзы отображался на поверхности мишени. Специальные измерения показали, что неоднородность облученности по площади не превышала 20%. Импульс облучения ОКГ имел колоколообразную форму с длительностью на уровне половинной мощности 30–40 *нсек*. Энергия импульса ОКГ можно было изменять в широких пределах при помощи поглощающих фильтров и изменения уровня накачки усилительного кристалла. Диаметр облучаемого пятна был 10 и 3,5 мм. Максимальная поверхностная плотность энергии достигала 15 *дж/см<sup>2</sup>*. За время действия импульса ОКГ для применявшихся размеров пятен разлет продуктов испарения сохранял плоскую геометрию.

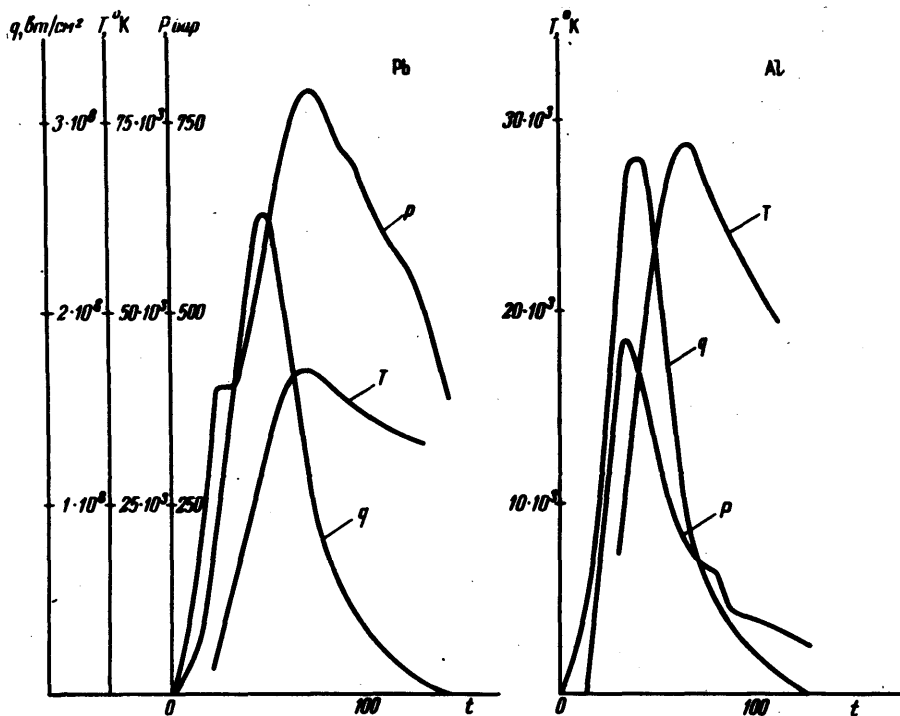


Рис. 1

В каждом опыте одновременно измерялись форма и полная энергия импульса ОКГ, яркостная температура и давление на поверхности мишени. Форма импульса регистрировалась при помощи коаксиального фотозлемента. Яркостная температура измерялась фотозлектрической методикой в интервале длин волн 4000–5500 Å. Давление измерялось по методу вхождения волны сжатия в пьезоэлемент из титаната бария [8, 9].

При таком методе регистрации давления обеспечивалось разрешение во времени  $3 \cdot 10^{-9}$  *сек*. Тракты регистрации формы импульса излучения ОКГ и яркости температуры имели разрешение во времени порядка  $10^{-9}$  *сек*. При помощи специальной схемы синхронизации регистрирующих осциллографов кривые формы импульсов ОКГ и яркостной температуры можно было совместить во времени с точностью  $\pm 2 \cdot 10^{-9}$  *сек*.

На рис. 1 приведены совмещенные во времени и пересчитанные к абсолютным величинам осциллограммы потока излучения ОКГ  $q$ , температуры  $T$  и

давления  $P$  для мишеней из свинца и алюминия при максимальных потоках излучения ОКГ, достигнутых в этих экспериментах. При более низких потоках характер кривых остается примерно таким же. Давление на начальных участках кривых пропорционально  $q$ . Эта зависимость для алюминия сохранялась во всех опытах на возрастающих участках кривых давления. Для свинца пропорциональность сохранялась до давлений порядка 500 бар. При дальнейшем росте кривая давления следует за кривой температуры.

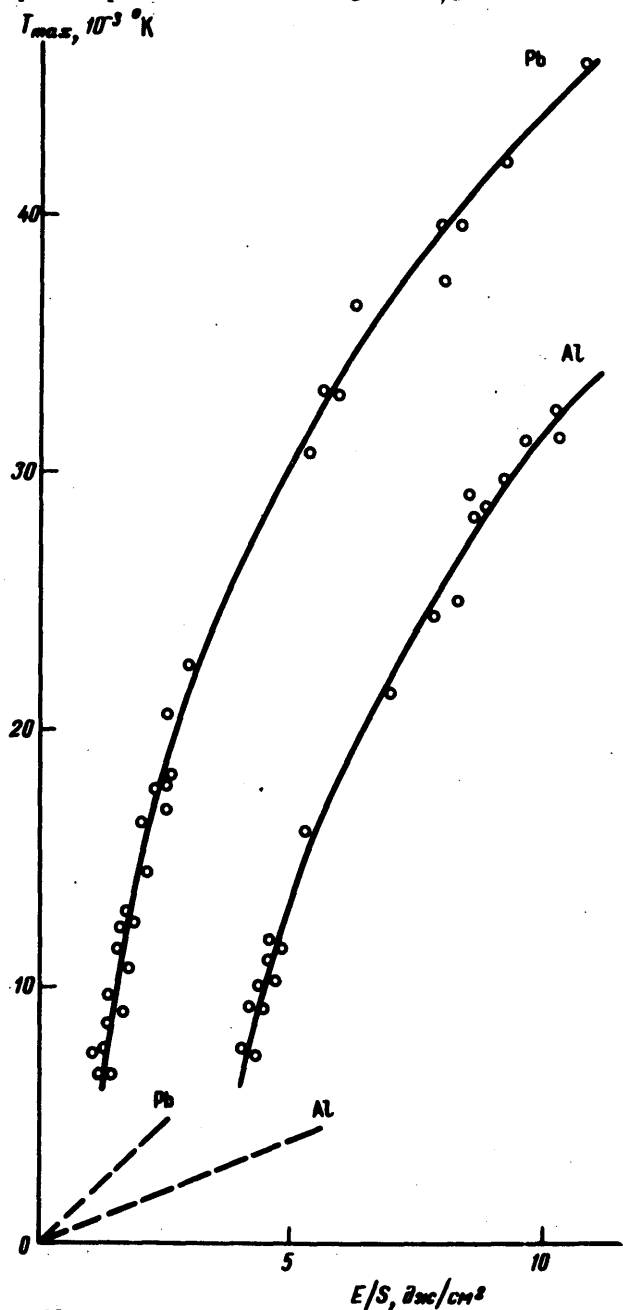


Рис. 2

Максимум температуры достигался в конце импульса ОКГ при выделении 80–90% полной энергии импульса, приблизительно через  $6 \cdot 10^{-8}$  сек после начала импульса ОКГ. Быстрое повышение температуры наступало после некото-

рого времени от начала импульса ОКГ, причем запаздывание увеличивалось с уменьшением энергии импульса. Если полная поверхностная плотность энергии в импульсе была меньше  $1 \text{ дж/см}^2$  для свинца и  $4 \text{ дж/см}^2$  для алюминия, то поверхность мишени не разогревалась до температуры, регистрируемой использованной методикой ( $6000^\circ\text{K}$ ).

На рис. 2 приведены зависимости максимумов температурных кривых для отдельных опытов от поверхностной плотности энергии, поступившей на мишень к моменту достижения этих максимумов. Температурные кривые в каждом отдельном опыте до максимумов хорошо укладываются на эти же зависимости. Пунктирными прямыми приведены результаты расчета температур поверхности мишеней по уравнению теплопроводности.

В условиях эксперимента яркостные температуры поверхности достигали  $46000^\circ\text{K}$  для свинца и  $30000^\circ\text{K}$  для алюминия. Ясно, что это температуры испаренного вещества мишеней, причем для такого разогрева пары должны заметно поглощать падающее излучение ОКГ, т. е. наблюдается режим испарения с экранировкой. Начало быстрого разогрева лежит в области  $\sim 1,5 \text{ дж/см}^2$  для свинца и  $\sim 4,5 \text{ дж/см}^2$  для алюминия. Эти величины поверхностной плотности энергии, при которых  $T = 10^4 \text{ }^\circ\text{K}$ , по-видимому, можно принять за границу возникновения экранирования в условиях эксперимента.

Таким образом, при средних потоках излучения ОКГ  $\sim 2,4 \text{ мвт/см}^2$  для свинца и  $\sim 7,5 \text{ мвт/см}^2$  для алюминия за время  $6 \cdot 10^{-8} \text{ сек}$  возникает экранирование, а при более высоких потоках — еще раньше.

Заметим, что при теоретических оценках условий возникновения экранирования нужно учитывать время, необходимое для нагрева поверхности мишени до температуры фазового перехода, так как в наших экспериментах, как показали оценки по уравнению теплопроводности, оно составляет большую часть времени запаздывания.

Благодарим И.В. Немчинова за ценные дискуссии и предоставление теоретических оценок развития экранировки, стимулировавших постановку наших экспериментов.

Институт физики Земли  
им. О.Ю. Шмидта  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
27 марта 1970 г.

#### Литература

- [1] С.И. Анисимов, А.М. Бонч-Бруевич, М.А. Ельяшевич, И.А. Имас, Н.А. Павленко, Г.С. Романов. ЖТФ, 36, 1273, 1966.
- [2] Ю.В. Афанасьев, О.Н. Крохин. ЖЭТФ, 52, 966, 1967.
- [3] Ю.В. Афанасьев, Н.Г. Басов, О.Н. Крохин, Н.В. Морачевский, Г.Б. Склизков. ЖТФ, 39, 894, 1969.
- [4] Ю.В. Афанасьев, В.М. Кроль, О.Н. Крохин, И.В. Немчинов. ПММ, 30, 1022, 1966.
- [5] И.Г. Басов, В.А. Бойко, В.А. Дементьев, О.Н. Крохин, Г.В. Склизков. ЖЭТФ, 51, 989, 1966.
- [6] И.В. Немчинов. ПММ, 31, 300, 1967.
- [7] Г.Г. Виленская, И.В. Немчинов. ДАН СССР, 186, 1048, 1969.
- [8] В.И. Абашкин, А.А. Калмыков, А.И. Петрухин, Ю.Е. Плешанов. Акустический журнал, 15, 174, 1969.
- [9] R.A. Graham, F.W. Nelson, W.B. Benedict. J. Appl. Phys., 36, 1775, 1965.