

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКРАНИРОВАНИЯ  
В ПАРАХ АЛЮМИНИЯ

А. М. Бонч-Бруевич, Е. Н. Балашов, А. П. Галарин,  
А. С. Захаров, В. Н. Котылев, О. И. Калабушкин

Исследованы оптические свойства облака продуктов испарения алюминия под действием мощного лазерного излучения.

Известно [ 1 ], что при воздействии лазерного излучения на металлическую преграду облако испаренного металла может экранировать преграду от этого излучения. Представляет несомненный интерес выяснение основных параметров этого облака. Нами исследовались коэффициент пропускания, форма и размеры экранирующего облака при воздействии на мишень квазинепрерывного импульса свободной генерации (длина волны 1,06 мкм, длительность импульса 1 мсек, амплитуда до 20 Мвт, площадь пятна излучения на мишени до 0,8 см<sup>2</sup>). Исследования проводились методами продольного просвечивания, поперечного просвечивания и теневой съемки. Метод продольного просвечивания состоит в сравнении форм и амплитуд сигналов, полученных при регистрации светового импульса лазера до и после прохождения через облако испаренного металла. Мишень снабжалась отверстием, расположенным по оптической оси системы, что позволяло регистрировать световой импульс, прошедший через исследуемое облако<sup>1)</sup>. Диаметр отверстия составлял 1 мм. Сравнение падающего и прошедшего импульсов позволяло определить коэффициент пропускания облака в функции времени. Лазерный импульс служил одновременно и разрушающим, и зондирующим. В методе поперечного просвечивания зондирующий луч проходил параллельно мишени на выбранном расстоянии от ее поверхности. Этот луч создавался отдельным лазером небольшой мощности (нами использовался генератор ГОС-301). Диаметр луча у мишени составлял 1 мм. Сравнивая форму и амплитуду падающего и прошедшего импульса, можно было определить коэффициент пропускания облака в поперечном направлении на разных расстояниях от мишени. Наконец, для теневой съемки нами использовался жидкостный лазер на Nd<sup>3+</sup> (длина волны 1,06 мкм), дающий серию квазирегулярных пучков при равномерном распределении интенсивности излучения по сечению пучка [ 3 ]. Его оптическая ось была также параллельна поверхности мишени, сечение же пучка было велико (диаметр пучка более 2 см), что позволило изображать пространство как перед, так и за мишенью.

Результаты (при амплитудной мощности 13 Мвт) представлены на рис. 1. Хорошо заметно, что оба способа измерения регистрируют очень сильное падение прозрачности в пространстве перед мишенью, наступающее через 50 — 80 мксек после максимума рабочего импульса.

<sup>1)</sup> Как сообщил нам И. В. Немчинов, методика измерения экранировки через отверстие в мишени использовалась ранее М. А. Цикулиным [ 2 ].

Поскольку при постановке продольного просвечивания были опасения, что сигнал экранирования связан с попаданием в отверстие расплавленного металла, принимались специальные меры для уменьшения этого эффекта и ставились контрольные опыты для оценки его влияния. Так, уменьшая толщину мишени вплоть до  $0,01$  мм (при этом отношение диаметра отверстия к толщине мишени достигало  $100:1$  и закрытие отверстия расплавленным металлом исключалось), мы убеждались в существовании сигнала экранирования. Кроме того, было показано, что форма сигнала не связана с количеством выброшенного через отверстие металла.

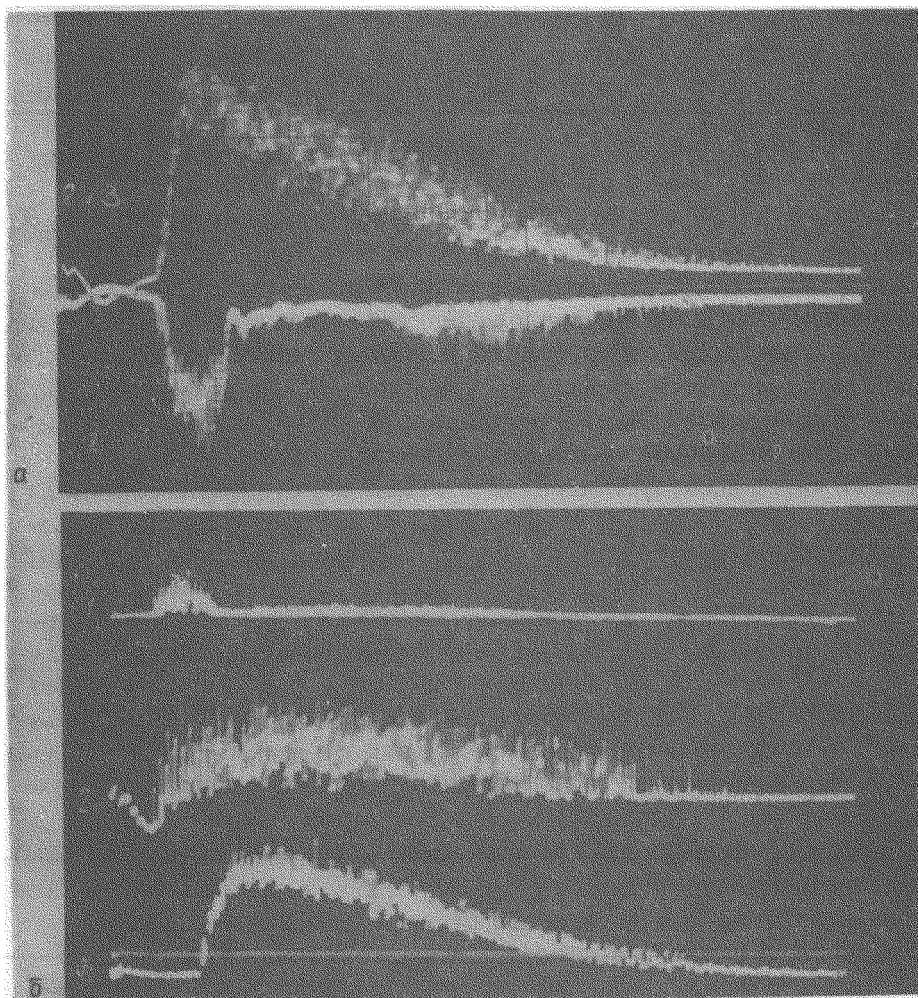


Рис. 1. Осциллограммы падающего и прошедшего сигналов; а) при продольном просвечивании, б) при поперечном просвечивании. 1 — прошедшее излучение, 2 — падающее излучение, 3 — разрушающий импульс

Увеличение расстояния между осью зондирующего луча и поверхностью мишени в схеме поперечного просвечивания приводило к резкому уменьшению ослабления луча, что свидетельствовало о малой протяженности поглощающей части облака в продольном направлении.

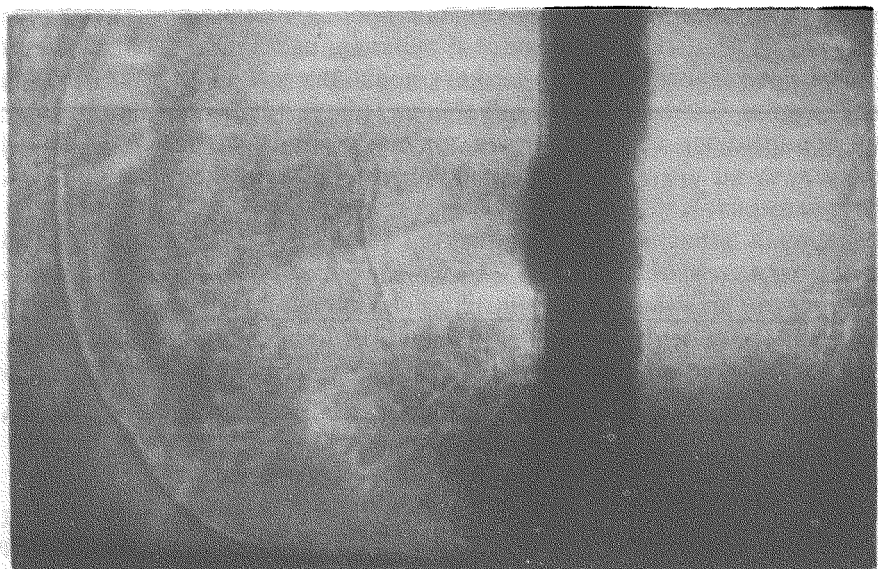


Рис. 2. Теневая фотография алюминиевой мишени в свете с длиной волны 1,06 мкм, вид сбоку. Разрушающее излучение падает справа. Толщина мишени 4 мм

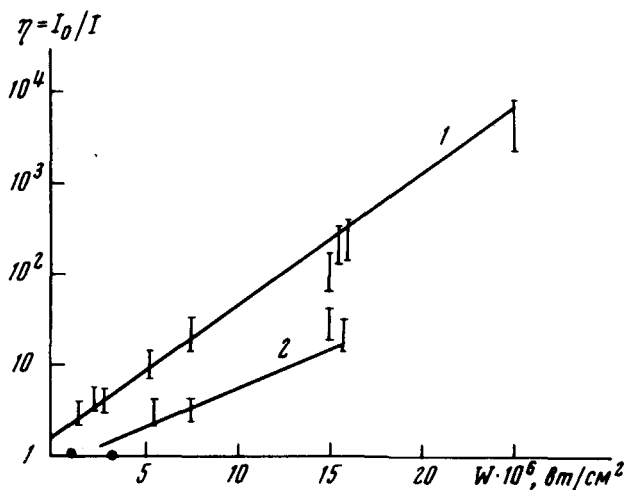


Рис. 3. Зависимость степени экранирования от плотности мощности на мишени. 1 — продольное просвечивание, 2 — поперечное просвечивание.

Представление о форме поглощающего слоя позволяет получить теневая съемка с помощью жидкостного лазера. На рис. 2 представлен один из кадров теневой съемки, полученный через 25 мксек после начала импульса генерации. Толщина мишени, темная тень от которой проходит через центр кадра, составляет 4 мм. На снимке хорошо видна непрозрачная область, имеющая форму лепешки и вплотную прилегающая к мишени. Толщина ее примерно 1 мм. Видна также ударная волна, распространяющаяся от мишени со скоростью около 700 м/сек. Непрозрачная область ассоциируется нами с той частью облака испаренного металла, в которой происходит наибольшее поглощение лазерного излучения. Предположение об определяющей роли рефракции в образовании

тени на снимке и в методе поперечного просвечивания во-первых не объясняет наблюдаемый параллелизм в экранировке при продольном и поперечном просвечивании, и во-вторых приводит к предположению о неправдоподобно больших углах отклонения света (апертура приемника в схеме поперечного просвечивания допускала отклонение или расфокусировку луча на углы  $\pm 6^\circ$  от оптической оси без изменения сигнала на фотоэлементе).

Измерения зависимости степени экранирования  $\eta$  (определяемой нами как мгновенное значение отношения падающего потока  $I_0$  к прошедшему  $I$  в интервале времен, где прошедший поток минимален) от плотности мощности падающего на мишень излучения представлены на рис. 3. Прошедший поток выражается через величины падающего потока и плотности мощности  $W$  на мишени как  $I_0/I = A \exp^{W/W_0}$ , где  $A$  и  $W_0$  — константы.

Государственный  
оптический институт  
им. С.И.Вавилова

Поступила в редакцию  
13 февраля 1973 г.

#### Литература

- [ 1 ] С.И.Анисимов, Я.А.Имас, Г.С.Романов, Ю.В.Ходыко. Действие излучения большой мощности на металлы. М., изд. Наука, 1970.
- [ 2 ] Е.Г.Попов, А.А.Провалов, М.А.Цикулин. ДАН СССР, 194, №2, 805, 1970.
- [ 3 ] Л.Н.Капорский, О.И.Калабушкин. ЖТФ, 43, 5, 1973.