

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕЧЕНИЯ ПЛАЗМЫ, СОЗДАВАЕМОЙ НА
ПОВЕРХНОСТИ МОНОКРИСТАЛЛОВ V_2O_5 ЛАЗЕРНЫМ
ИЗЛУЧЕНИЕМ

Ф. В. Бункин, И. Кечкемети, *), И. Ковач **), Л. Нанаи **),
Э. Сил **), И. Хевеши **)

УДК 533.9:539.21:621.375

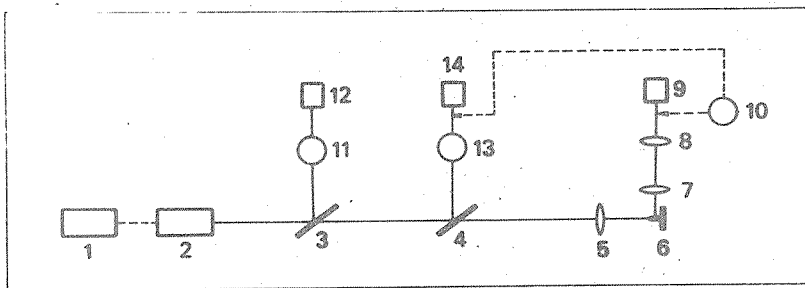
Проведено спектроскопическое исследование свечения плазмы, создаваемой на поверхности монокристалла V_2O_5 световыми импульсами лазера на неодимовом стекле. Оценена температура плазмы и изучены временные характеристики отдельных вспышек. Дается возможный механизм разрушения кристалла и образования плазмы.

Разрушение твердых тел лазерным излучением, как правило, сопровождается появлением плазменного факела /1/. Исследование этого факела имеет большое значение, так как дает информацию о структурных особенностях облучаемого материала и о самой плазме.

В данной работе описаны результаты исследования плазмы, создаваемой на поверхности монокристаллов пятиоксида ванадия лазерным излучением с длиной волны $\lambda = 1,06$ мкм. Пятиокись ванадия представляет собой полупроводник n -типа, оптические свойства которого при малых плотностях излучения хорошо изучены /2,3/.

Схема экспериментальной установки, использованная в данной работе, представлена на рис. 1. Работы по спектральному излучению плазмы были проведены в воздухе.

*) Институт экспериментальной физики, г. Сегед, ВНР.



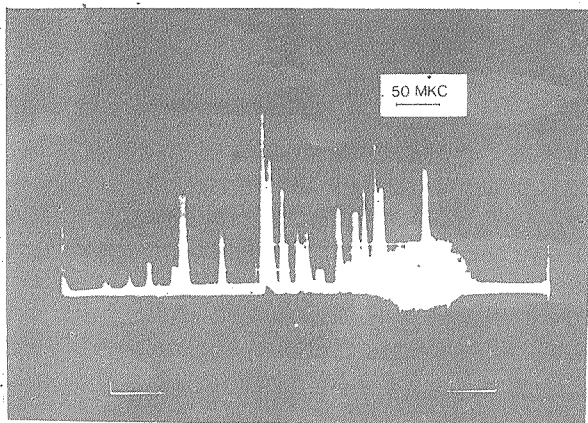
Р и с. I. Схема экспериментальной установки: 1 - He-Ne лазер, 2 - неодимовый лазер, 3, 4 - калиброванные светоделительные пластинки, 5 - фокусирующая линза, 6 - мишень, 7, 8 - коллимирующая система, 9 - спектрограф, 10 - скоростной фотодиод, 11 - калориметр, 12 - микровольтметр, 13 - фотозлемент, 14 - осциллограф

Ранее проведенные эксперименты показали, что в V_2O_5 при интенсивностях $10^5 - 10^6$ Вт/см² на передний план выступают нелинейные оптические эффекты, а первые очаги разрушения появляются при интенсивностях порядка 10^8 Вт/см² и сопровождаются слабым свечением /4,5,6/.

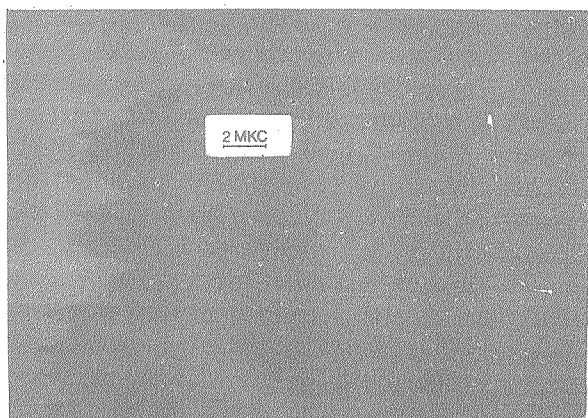
В нашем случае при интенсивностях 240 МВт/см² возникало сильное плазменное свечение, которое легко поддавалось спектроскопическому исследованию. Возникновение такого сильного свечения прежде всего может быть связано с тем обстоятельством, что на длине волны $\lambda = 1,06$ мкм V_2O_5 обладает интенсивной полосой поглощения /2/. С другой стороны в этом кристалле относительно большую вероятность имеет и двухфотонное поглощение, так как ширина зоны V_2O_5 равняется 2,3 эВ /3/. Далее известно, что на поверхности образцов V_2O_5 имеется большая плотность дислокаций, а в объеме - много металлических включений /7/.

Изучение кратеров, возникающих при разрушении, проводилось с помощью оптического микроскопа. Были определены поперечные и продольные размеры кратеров и их отношения при различных интенсивностях облучения. Замечено увеличение глубины кратеров по сравнению с результатами работ /4,5/. Значительная глубина

кратеров связана с тем, что ударные волны, возникающие при отдельных плазменных вспышках, вызывают механическое разрушение плоскостей a , c , перпендикулярно кристаллографической оси b .



Р и с. 2. Серия плазменных вспышек, соответствующих одному лазерному импульсу



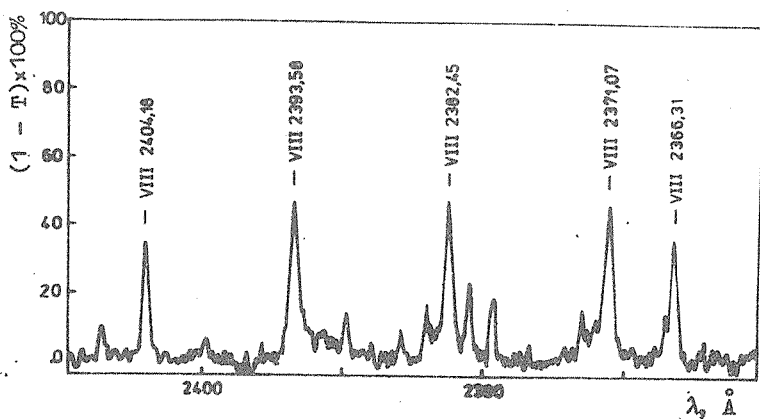
Р и с. 3. Временной ход плазменного свечения

На рис. 2 видна серия плазменных вспышек, длительностью 500–600 мкс, соответствующая одному лазерному импульсу. Анализ этих осциллограмм показал, что интенсивные плазменные вспышки соответствуют не отдельным пикам генерации лазера, а их интенсивным сериям. Среднее время между интенсивными плазменными вспышками составляет примерно 17 мкс. Выяснилось также, что время нарастания плазменных вспышек ($\sim 0,46$ мкс) линейно зависит от интенсивности излучения и это, по-видимому, связано с лавинными процессами образования плазмы, а затухание имеет экспоненциальный характер с постоянной времени $\sim 0,61$ мкс, большей времени нарастания (см. рис. 3).

Была определена температура поверхности V_2O_5 по сплошному спектру плазмы. Она оказалась равной примерно 9600 К. На денситограммах спектра видно много линий, соответствующих разным степеням ионизации ванадия. На рис. 4 изображена та часть спектра, где видны линии, соответствующие v^{2+} . По этим линиям, на основании известного соотношения /8/

$$T_e = \left(\frac{1}{5} - \frac{1}{10} \right) E_i,$$

была оценена электронная температура. Она оказалась равной 17000 К (E_i – ионизационный потенциал v^{2+}).



Р и с. 4. Часть денситограммы спектра плазмы (T – пропускание фотопленки)

В спектре не наблюдались линии, соответствующие азоту. Это подтверждает, что при используемых интенсивностях лазерного излучения не происходит пробоя воздуха. Отсутствие линий кислорода, по-видимому, связано с тем, что излучение ионов кислорода поглощается в воздухе. Были обнаружены также линии, соответствующие элементам Fe, Pt, Mg и P. Как известно, они являются самыми распространенными примесями V_2O_5 /7/.

Поступила в редакцию
12 января 1981 г.

Л и т е р а т у р а

1. J. F. Ready, Effects of high power laser radiation, Acad. Press, New-York, 1971.
2. N. Kenny, C. R. Kannewurf, D. H. Whitmore, J. Phys. Chem. Solids, 27, 1237 (1966).
3. Z. Bodo, I. Hevesi, Phys. Stat. Sol., 20, K45 (1967).
4. L. Nanai, I. Hevesi, I. Ketskemety, Acta Phys. et Chem., Szeged, 21, 109 (1975).
5. L. Nanai, E. Szill, I. Hevesi, Acta Phys. et Chem., Szeged, 24, 405 (1978).
6. I. Hevesi, L. Nanai, K. Dobos, E. Szill, 3rd Int. Conf. on Luminescence, Szeged, Hungary, 1979.
7. В. А. Йоффе, И. Б. Патрина. ФТТ, 6, 3045 (1964).
8. В. А. Бойко, О. Н. Крохин, Г. В. Склизков, Труды ФИАН, 76, 186 (1974).