



Экспериментальное исследование процесса разрушения мишеней, моделирующих структуру вещества каменных астероидов, при воздействии на них лазерного излучения с интенсивностью $10^{11} - 10^{13}$ Вт/см².

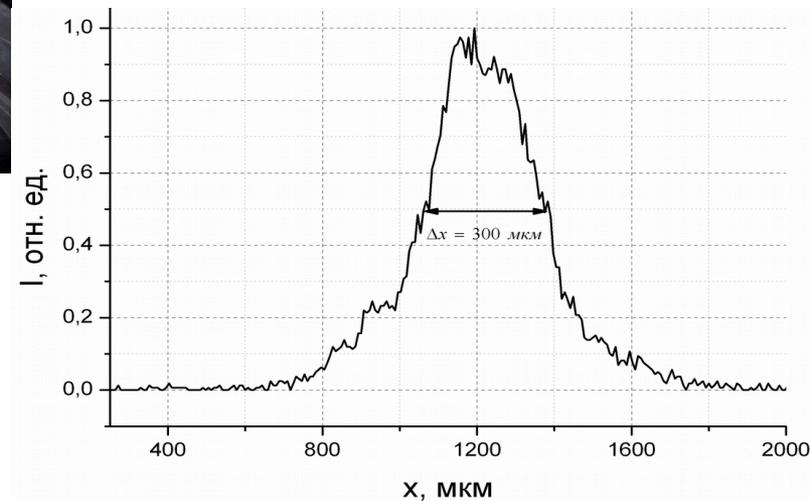
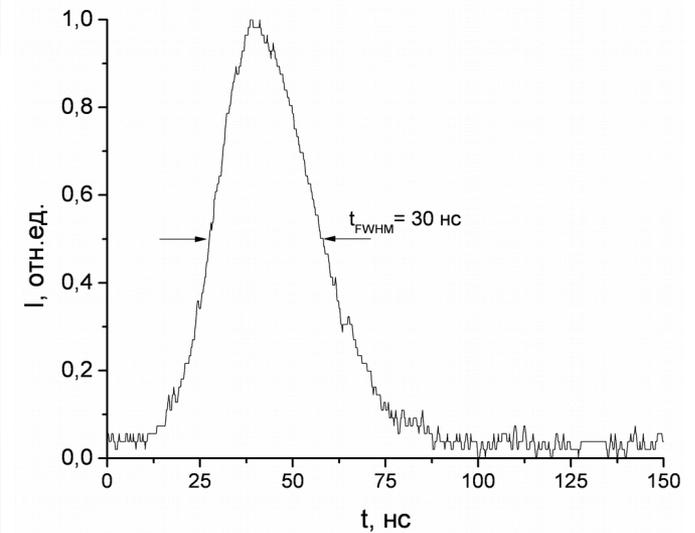
- В.Н. Юфа, И.Н. Бурдонский, К. Л. Губский, А.П. Кузнецов, А.Г. Леонов, К.Н. Макаров, А.М. Рамазанов, И.С. Тимофеев.



УСТАНОВКА «САТУРН»



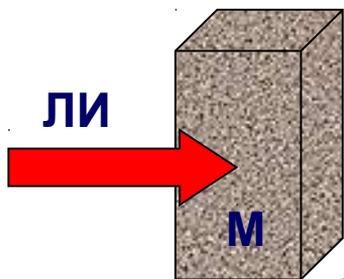
- λ - 1.054 мкм.
- $E_{\text{вых}}$ - 20 ~ 40 Дж.
- $T_{\text{имп}}$ - 30 нс.
- $\Theta \sim 1,5 \times 10^{-4}$ рад



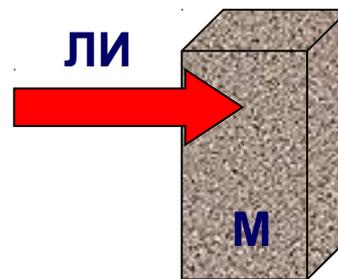
Формы мишеней и параметры прицеливания.

I тип. $\rho = 2,01 \text{ г/см}^{-3}$, прочность 1341 кг/см^2 , структура $\sim 20\mu$

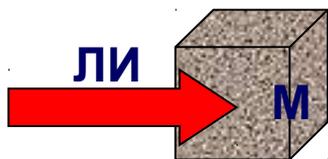
[SiO₂ (50%), MgO (26%), Fe₂O₃ (18%), FeS (6%)]



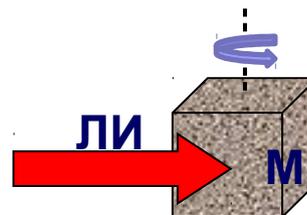
$$I = 5 \times 10^{11} \text{ Вт/см}^2 \quad \underline{W \sim 900 \text{ Дж/г}}$$



$$I = 5 \times 10^{11} \text{ Вт/см}^2 \quad \underline{W \sim 650 \text{ Дж/г}}$$



$$I = 5 \times 10^{11} \text{ Вт/см}^2 \quad \underline{W \sim 1000 \text{ Дж/г}}$$

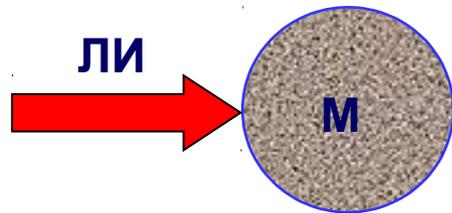


$$I = 5 \times 10^{11} \text{ Вт/см}^2 \quad \underline{W \sim 970 \text{ Дж/г}}$$

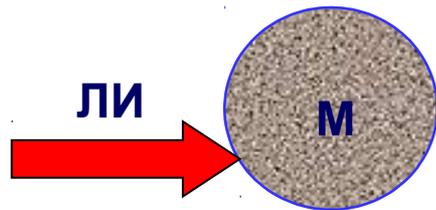
$$I = 2 \times 10^{12} \text{ Вт/см}^2 \quad \underline{W \sim 750 \text{ Дж/г}}$$

$$I = 2 \times 10^{12} \text{ Вт/см}^2 \quad \underline{W \sim 800 \text{ Дж/г}}$$

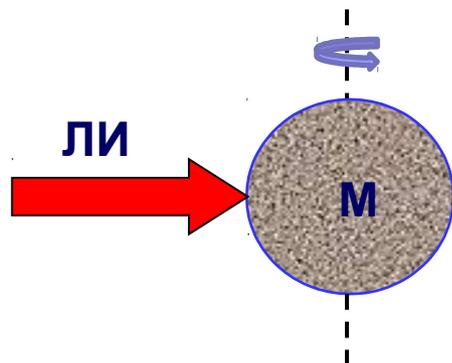
II тип. $\rho = 0,54 \text{ г/см}^{-3}$, прочность 225 кг/см^2 , структура $\sim 80\mu$



$$I = 2 \times 10^{12} \text{ Вт/см}^2 \quad \underline{W \sim 700 \text{ Дж/г}}$$



$$I = 2 \times 10^{12} \text{ Вт/см}^2 \quad \underline{W \sim 500 \text{ Дж/г}}$$



$$I = 2 \times 10^{12} \text{ Вт/см}^2 \quad \underline{W \sim 820 \text{ Дж/г}}$$

Характерные фотографии разрушения мишеней

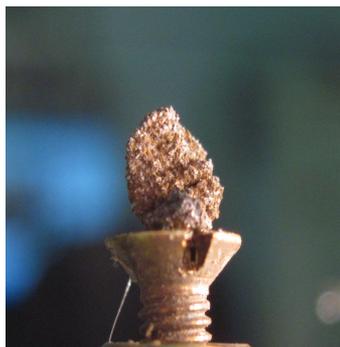
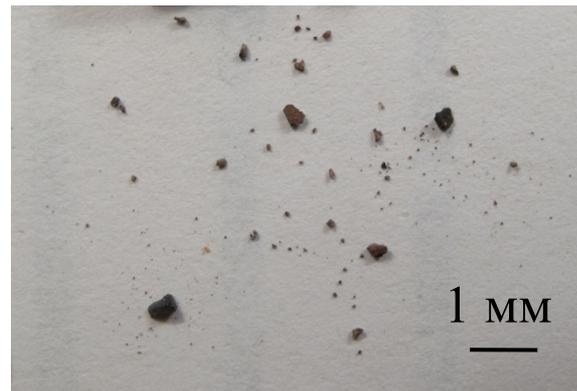
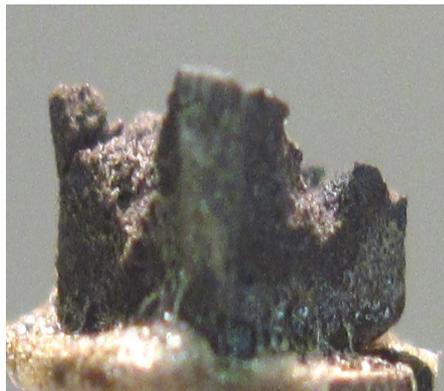
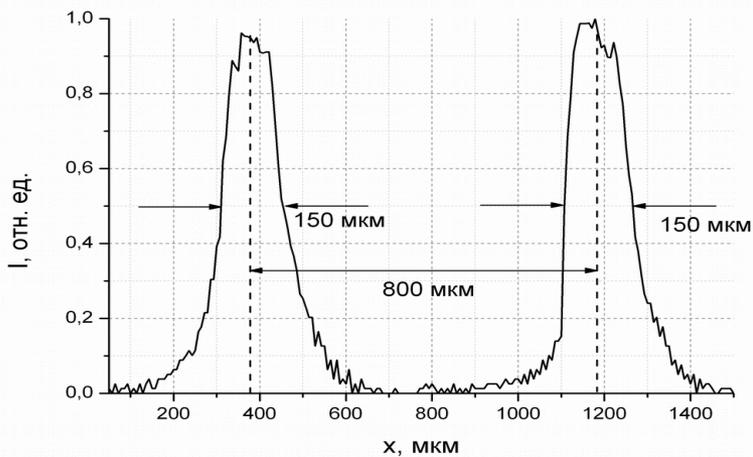
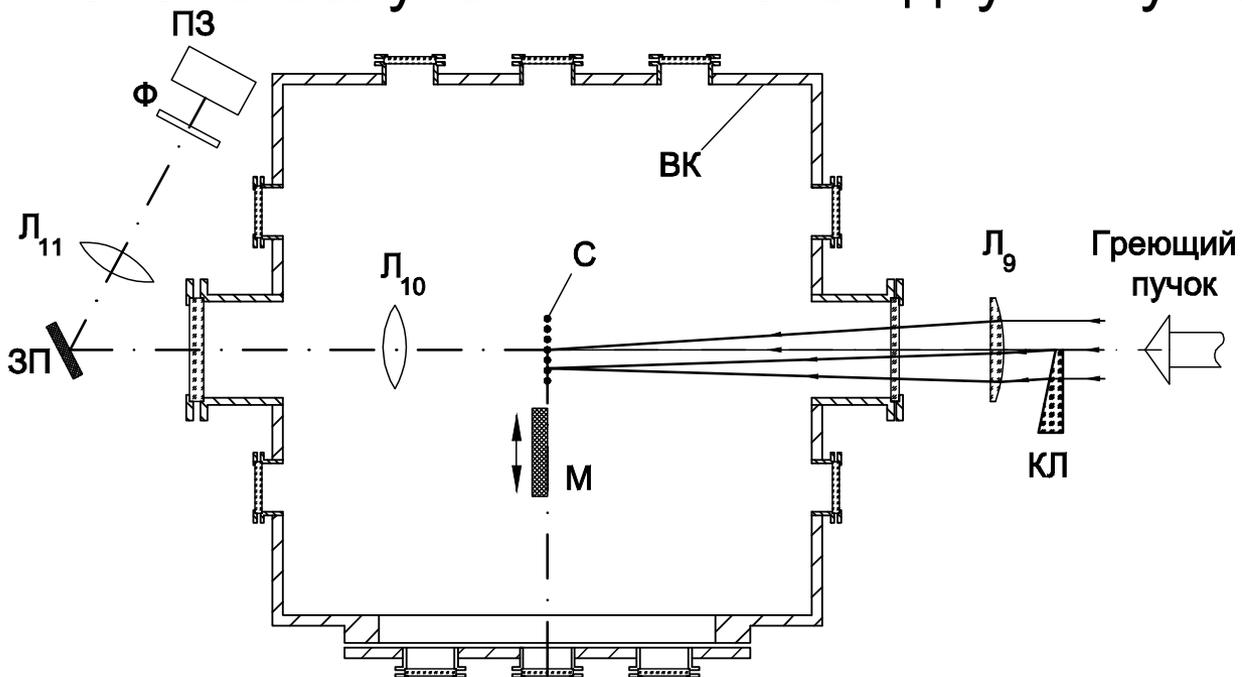


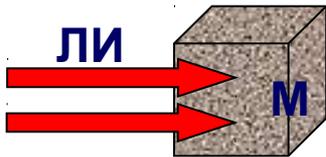
Схема облучения мишеней двумя пучками



Распределение
интенсивности
на мишени

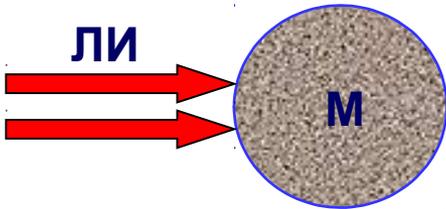
Параметры облучения мишеней и критерии разрушения

$$I_{\text{пучка 1,2}} = 5 \times 10^{11} \text{ Вт/см}^2$$



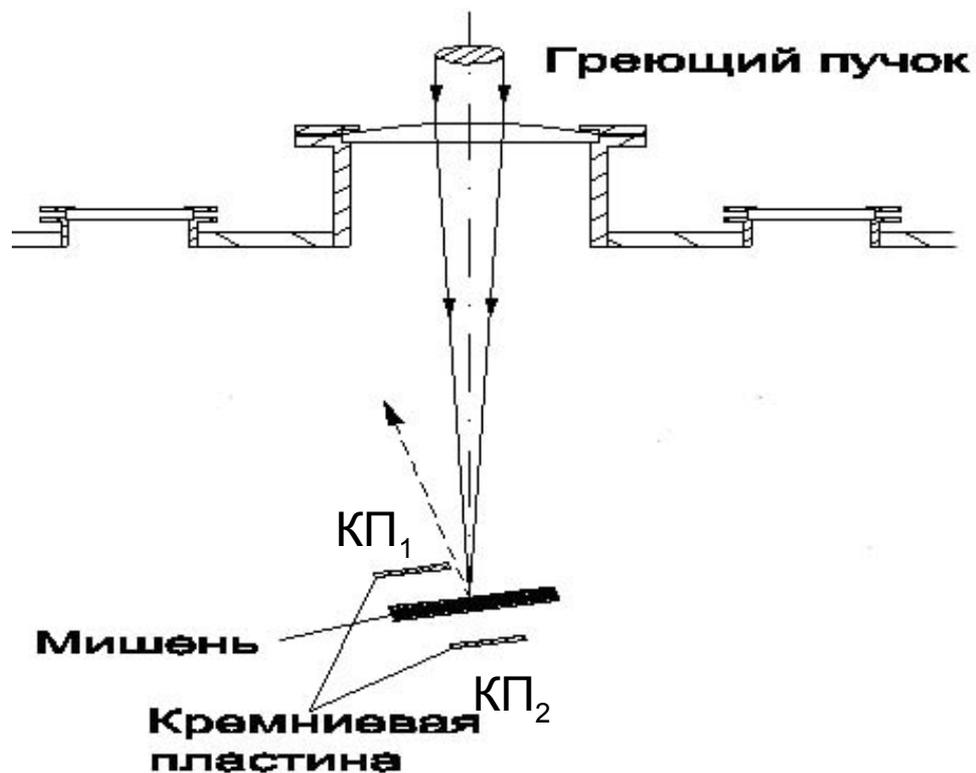
Облучение в одну грань $W \sim 780 \text{ Дж/г}$

Облучение в ребро $W \sim 1100 \text{ Дж/г}$



$W \sim 680 \text{ Дж/г}$

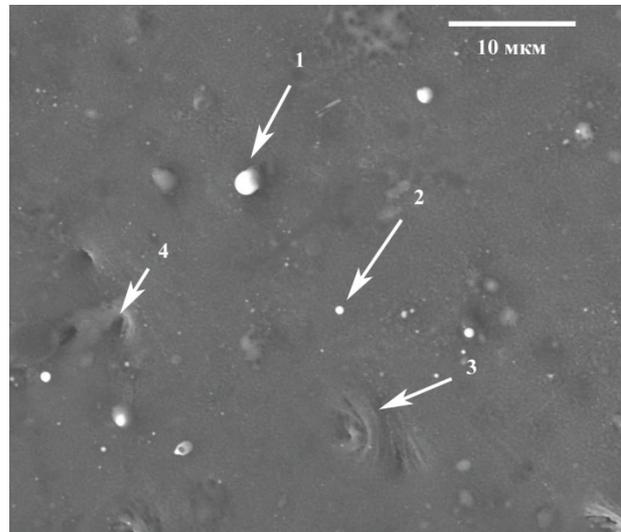
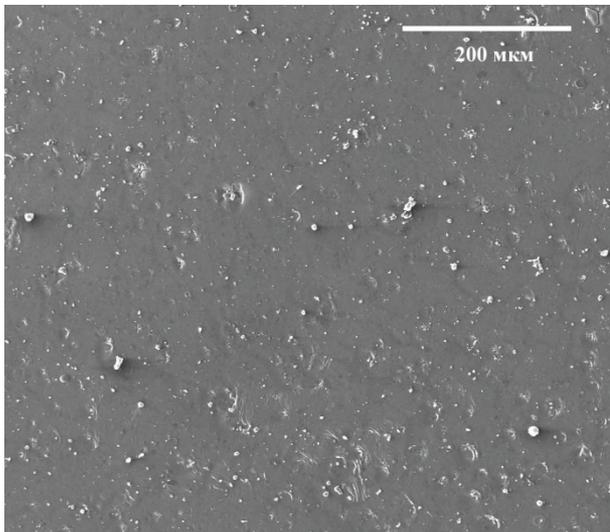
Эксперименты с тонкими мишенями I и II типа



Толщина мишеней
варьировалась от
0,4 до 1,2 мм

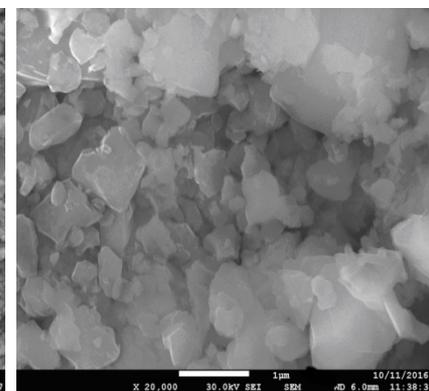
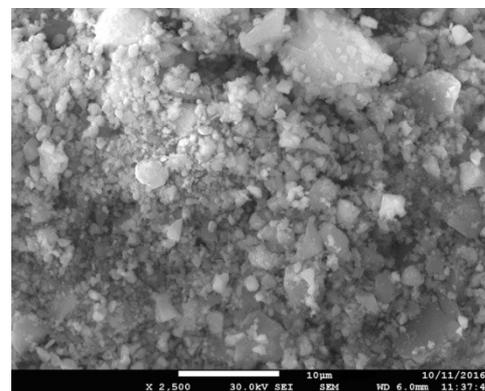
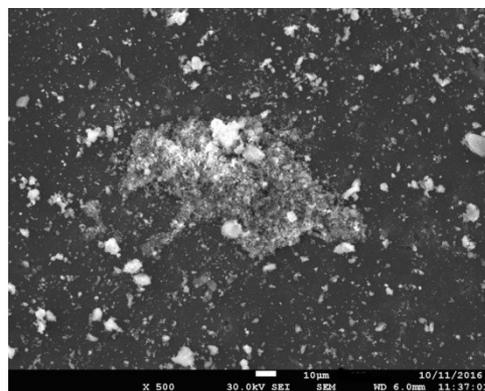
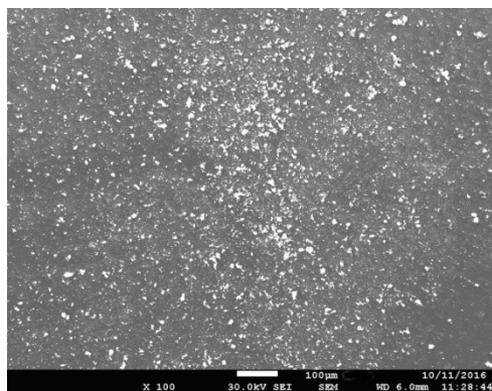


Фотографии напыления вещества мишени на кремниевые пластины КП₁ и КП₂

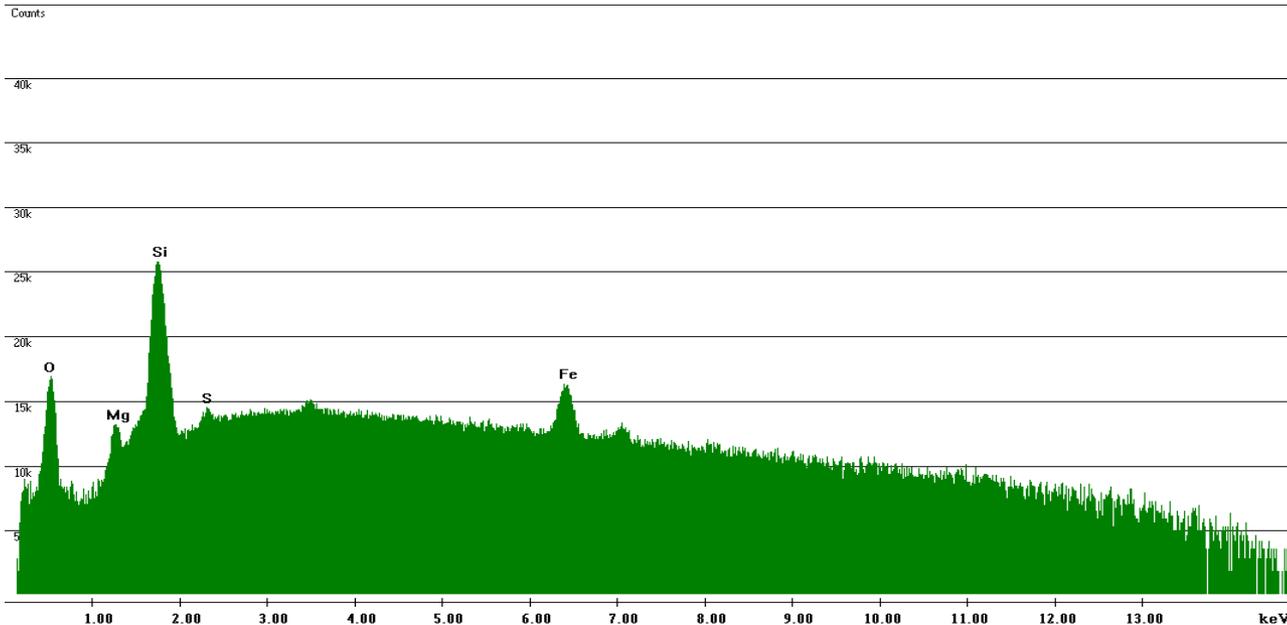
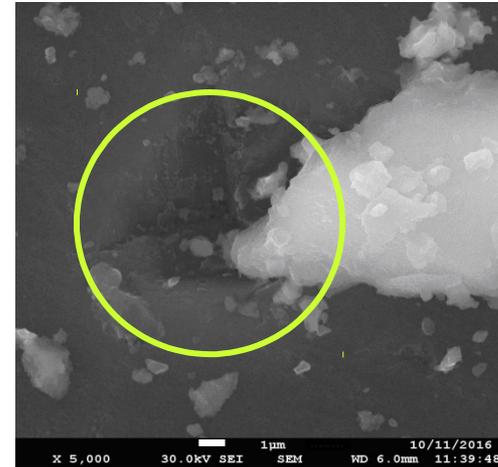
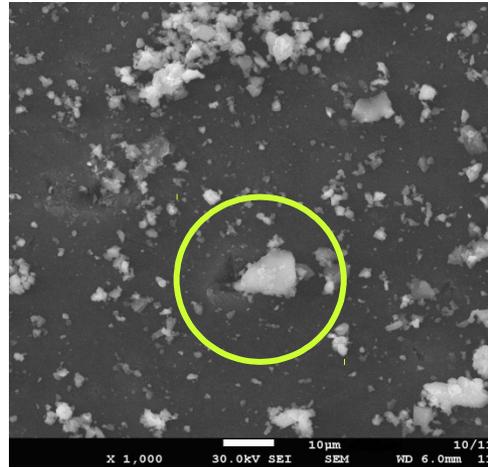
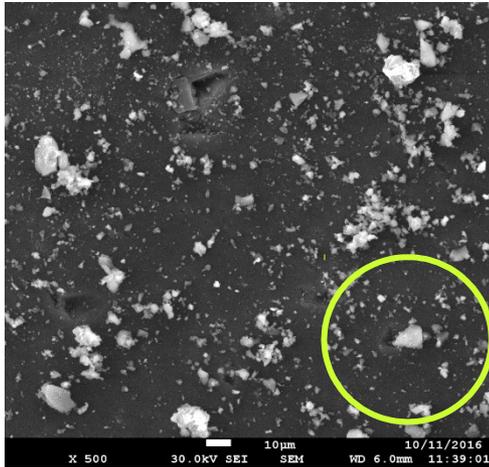


Из плазменного факела (КП₁)

С тыльной стороны мишени (КП₂)

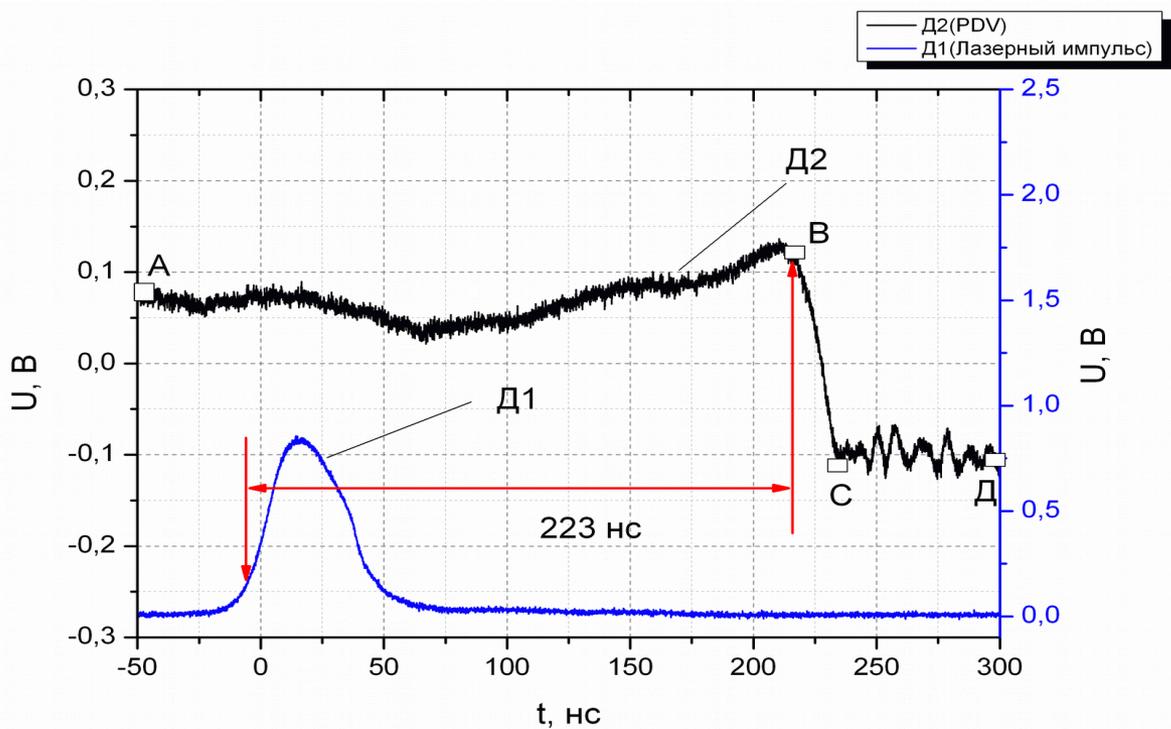
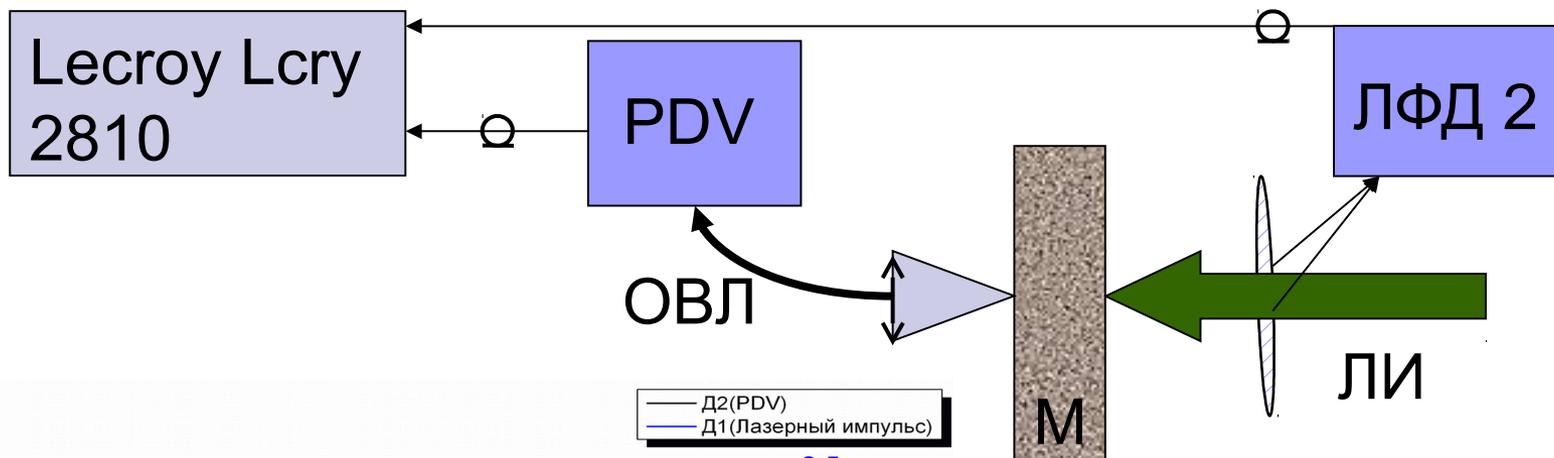


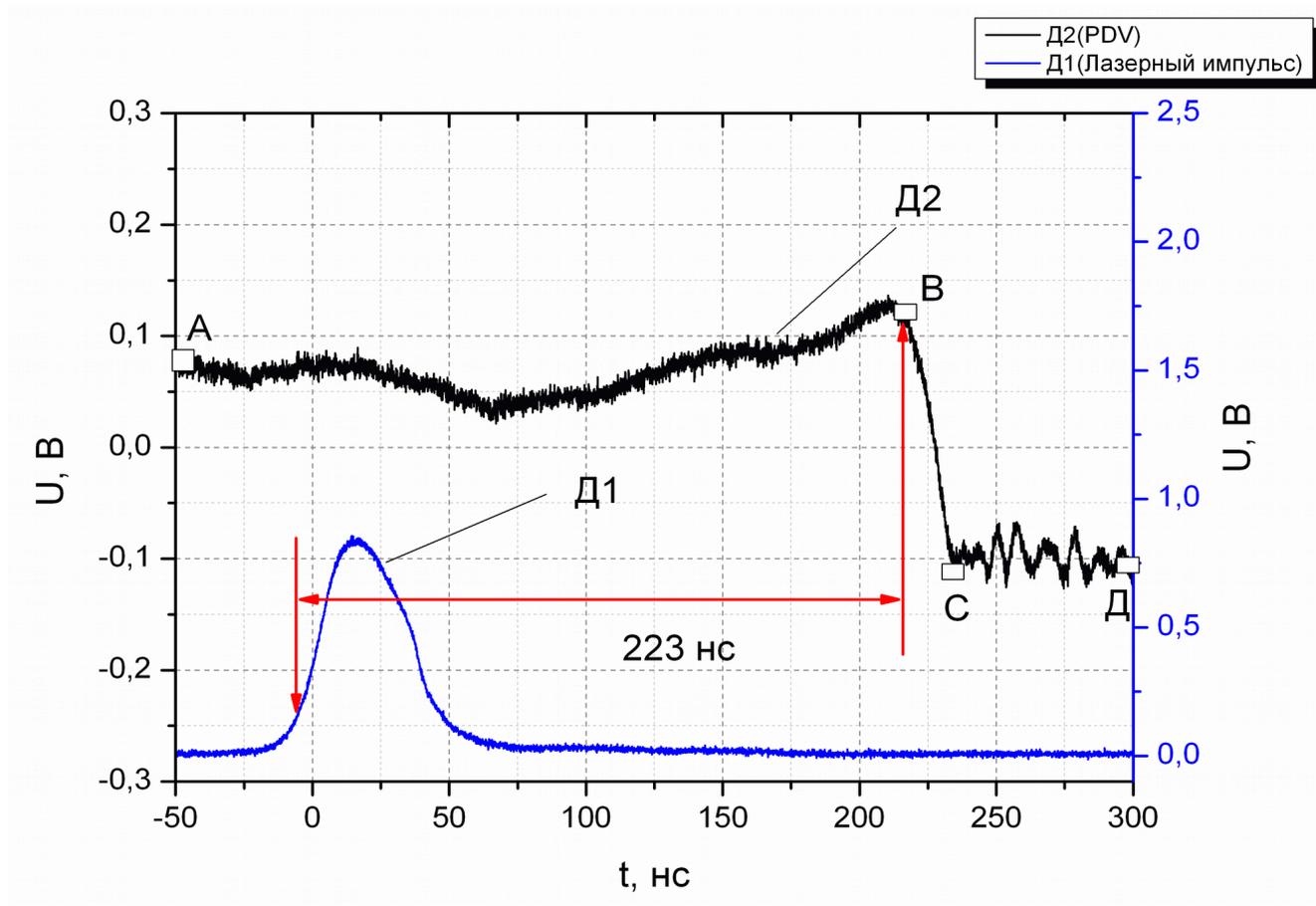
Повреждение кремниевой пластины КП₂ продуктами разлета



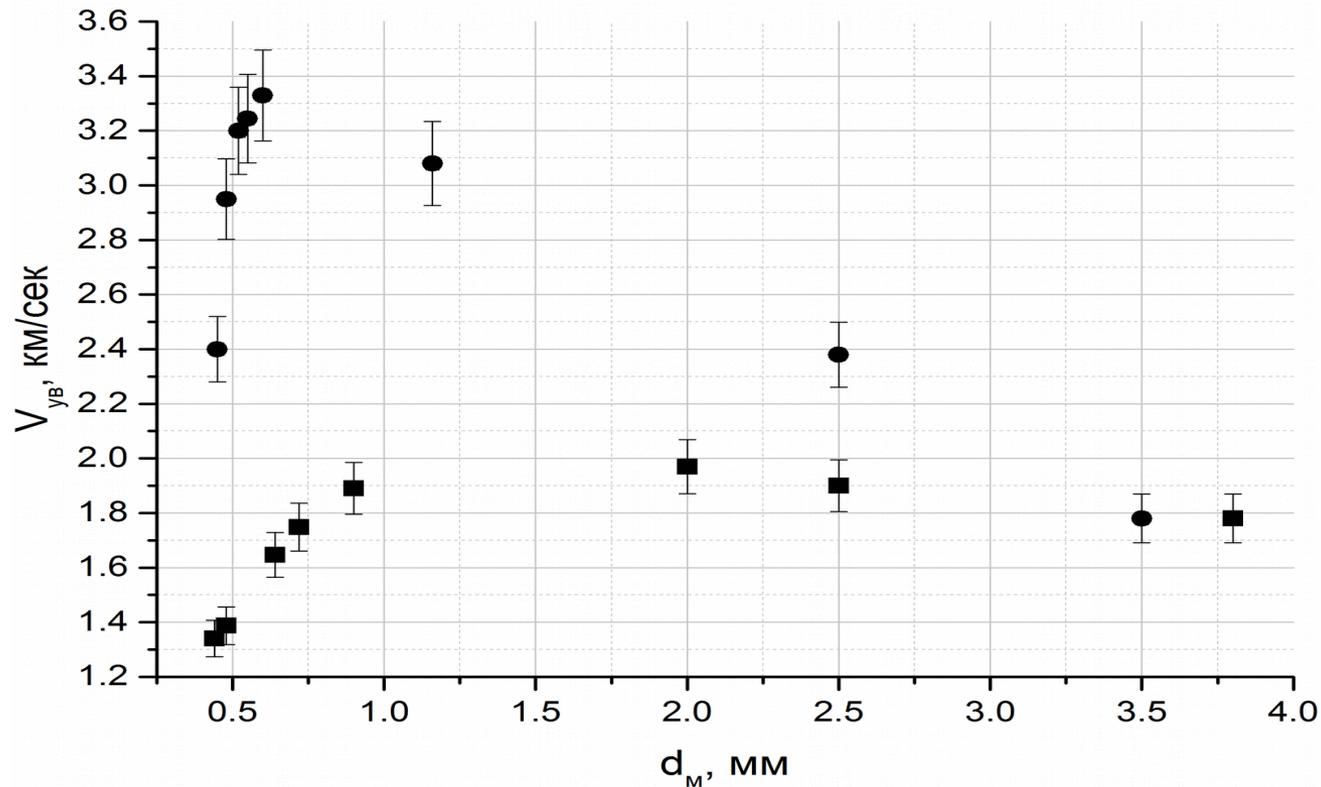
Характерный
рентгеновский
масс-спектр
напыления

Блок-схема измерения времени выхода ударной волны





Зависимость скорости ударной волны $V_{уд}$ от толщины мишени d_M



■ - плотность мишени $\rho = 0.54 \text{ г/см}^3$, $T_e \sim 150 \text{ эВ}$;

● - плотность мишени $\rho = 2 \text{ г/см}^3$, $T_e \sim 220 \text{ эВ}$.

Выводы

- Исследованы продукты разлета вещества хондритовых мишеней как из плазменного факела – конденсатная пленка и оплавленные осколки, так и с тыльной поверхности мишени – твердые осколки, имеются следы высокоскоростных микроосколков.
- В экспериментах с тонкими хондритовыми пластинами получена зависимость скорости ударной волны от толщины хондритовых мишеней I и II типа.
- Определены критерии разрушения хондритовых мишеней различной геометрической формы, состава, гетерогенности, плотности и прочности. В зависимости от типа мишени и параметра прицеливания величина этого критерия составила от 700 до 1000 Дж/г.

АРМАГЕДОН ?!

АСТЕРОИД АПОФИС 99942



МАССА

50 млн тонн

**Размер ~ 350 м.
Скорость ~ 12,6
км/сек.
Выделенная
энергия ~ 1717
Мт**

**Для разрушения астероида
потребуется заряд ~ 9 – 12 Мт.**