



# Объединенный институт высоких температур РАН

**Образование ударной волны в металлах под действием фемтосекундных лазерных импульсов**

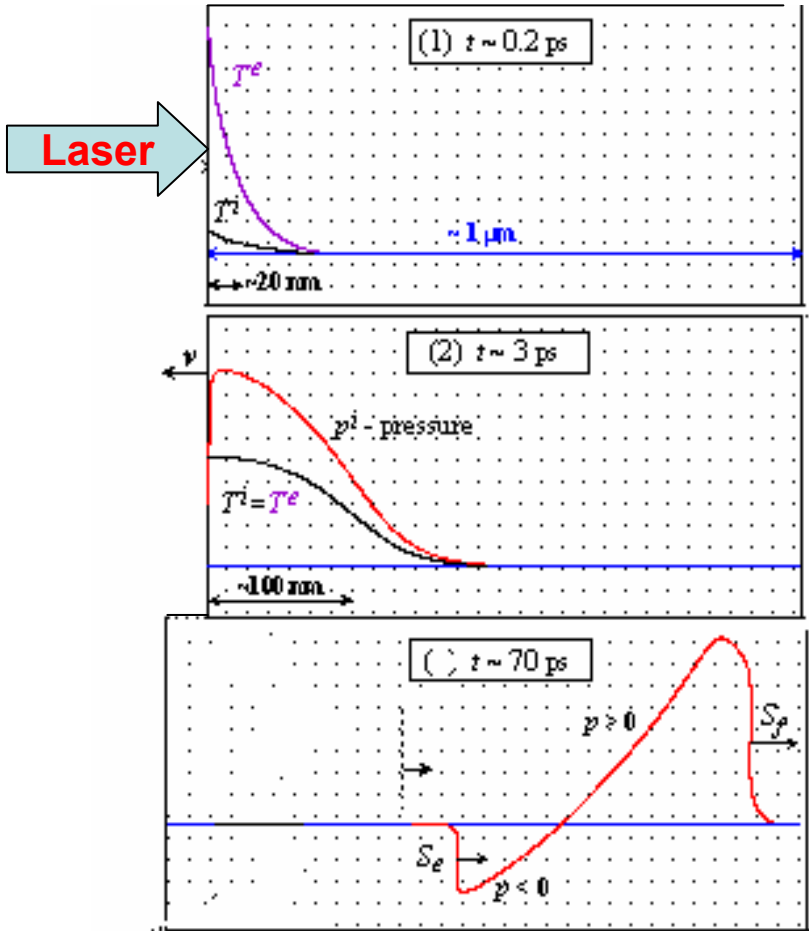
**Shock waves excited by femtosecond laser pulses in metals**

**С.И.Ашитков, М.Б.Агранат, П.С.Комаров, А.В.Овчинников, Д.С.Ситников**

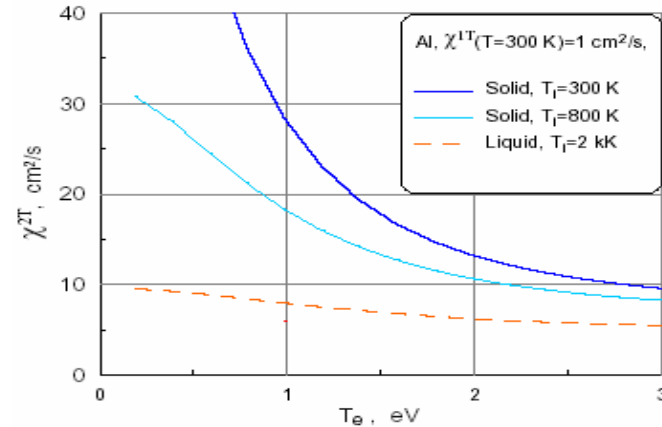
**Научно-координационная сессия «Исследования неидеальной плазмы»  
Москва, 2009**

# Excitation of shock waves in metallic foils by femtosecond laser pulses

Al foil

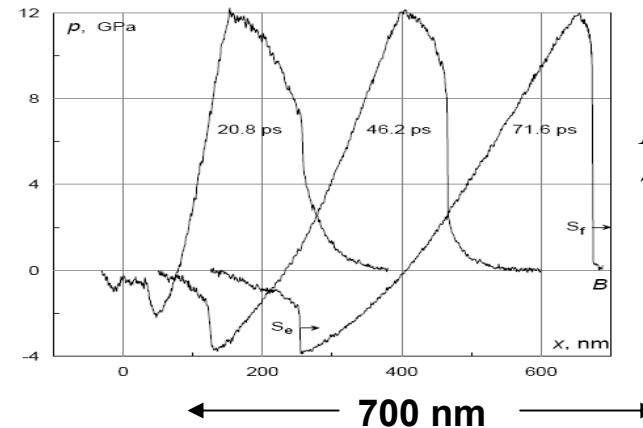


Electron heat diffusivity  
in 2T WDM state



$$L_T = \sqrt{\chi t}$$

Evolution of shock wave profile



$$I \approx 10^{13} \text{ W/cm}^2$$

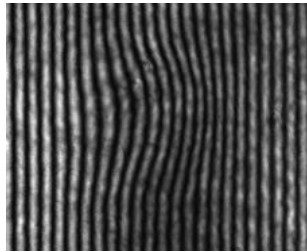
$$\tau_L = 100 \text{ fs}$$

# Femtosecond interferometric microscopy

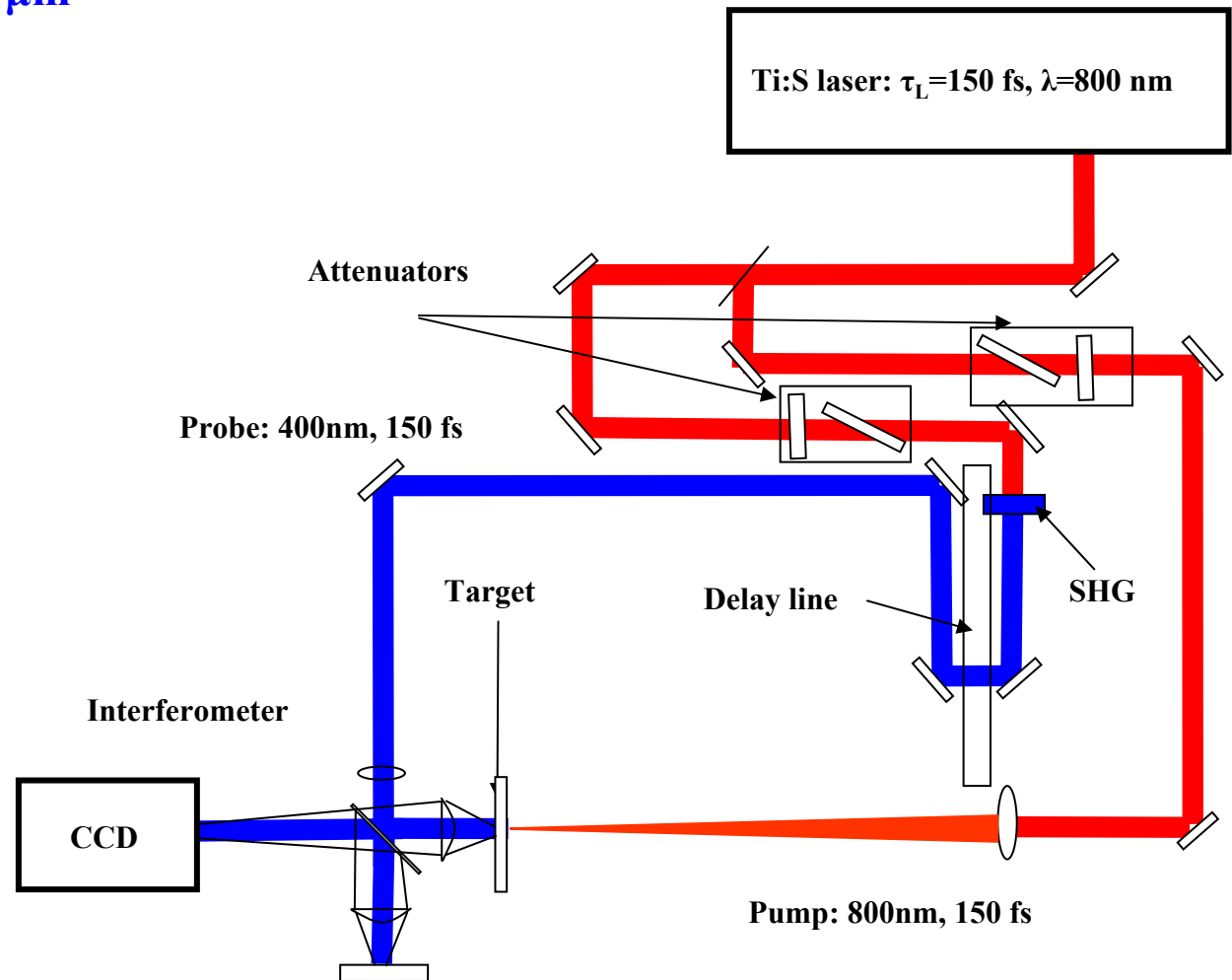
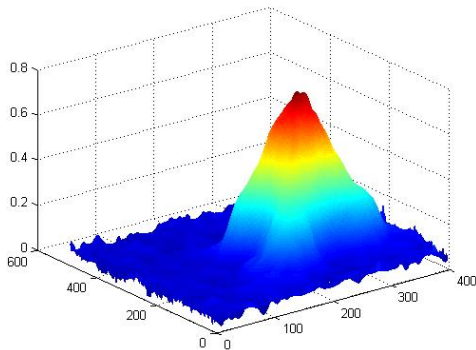
Temporal resolution -  $10^{-13}$  s

Phase measurement accuracy -  $\pi/100$  (2nm)

Spatial resolution  $2 \mu\text{m}$



2D Fourier processing  
of interference pattern



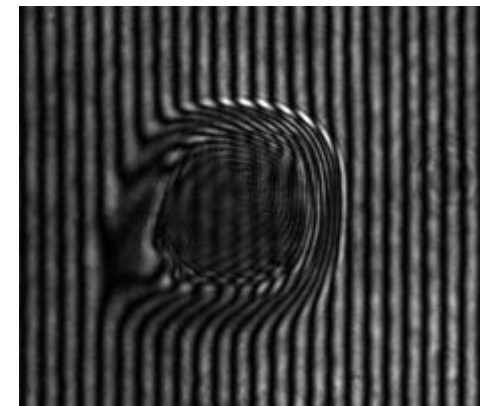
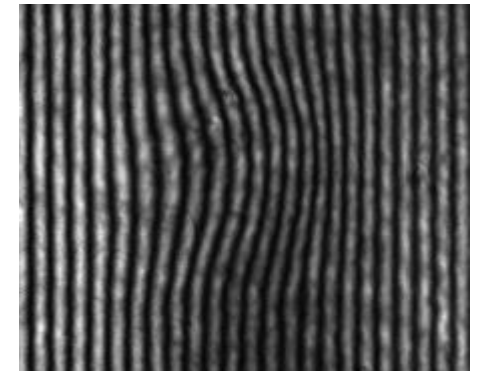
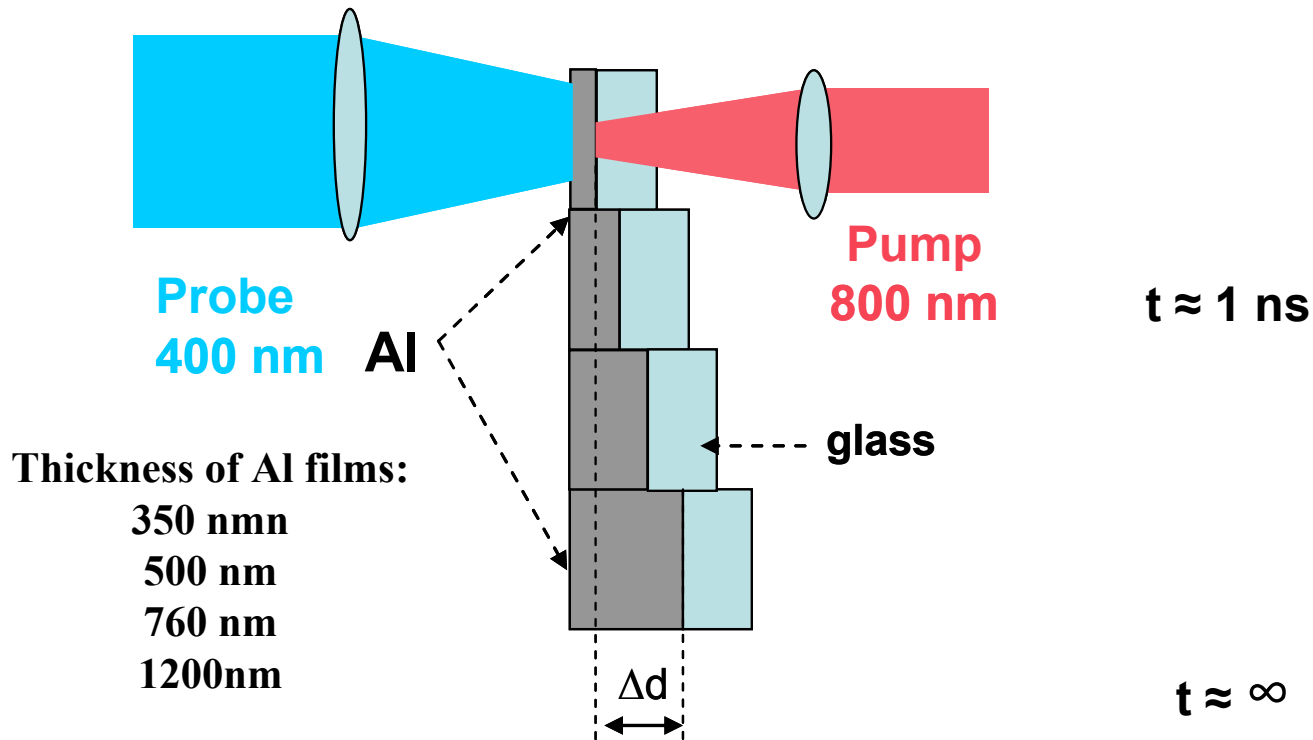
# Scheme of the experiment

Targets: Al films on glass substrates (150  $\mu\text{m}$ )

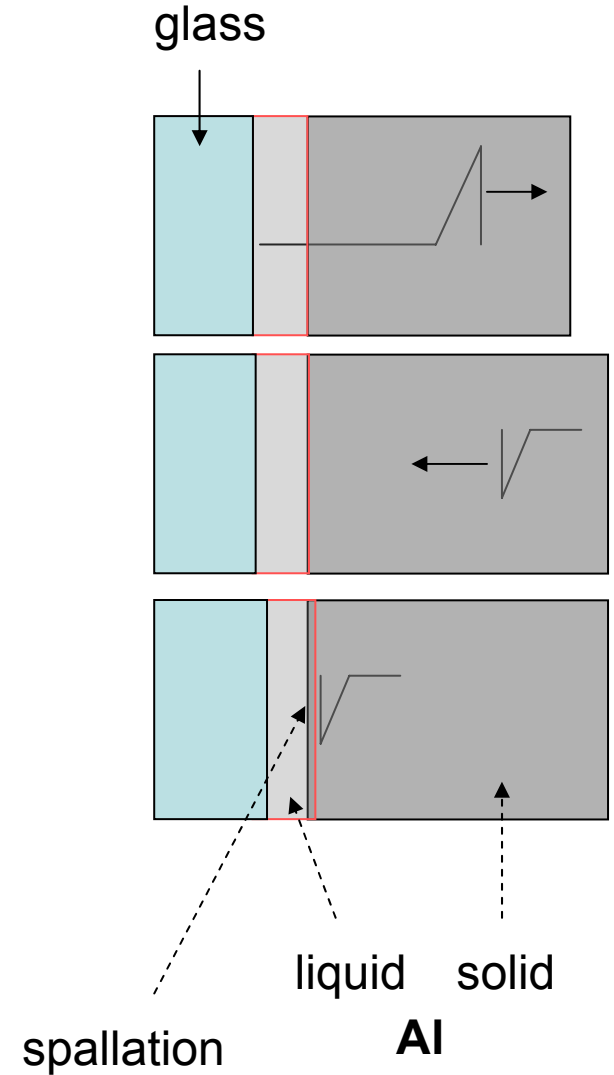
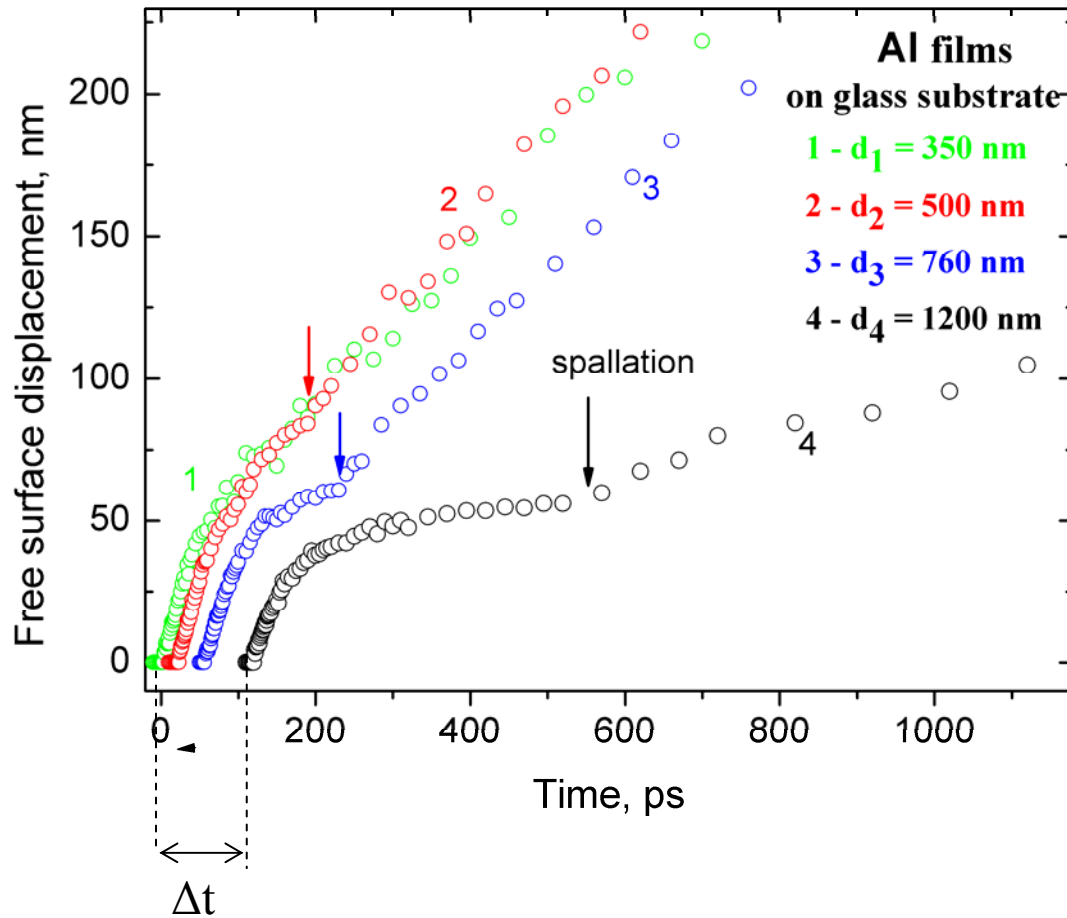
Interferograms of the free surface of Al film  $d=760\text{nm}$

Laser spot :  $\varnothing = 60 \mu\text{m}$  ( $e^{-1}$  level)

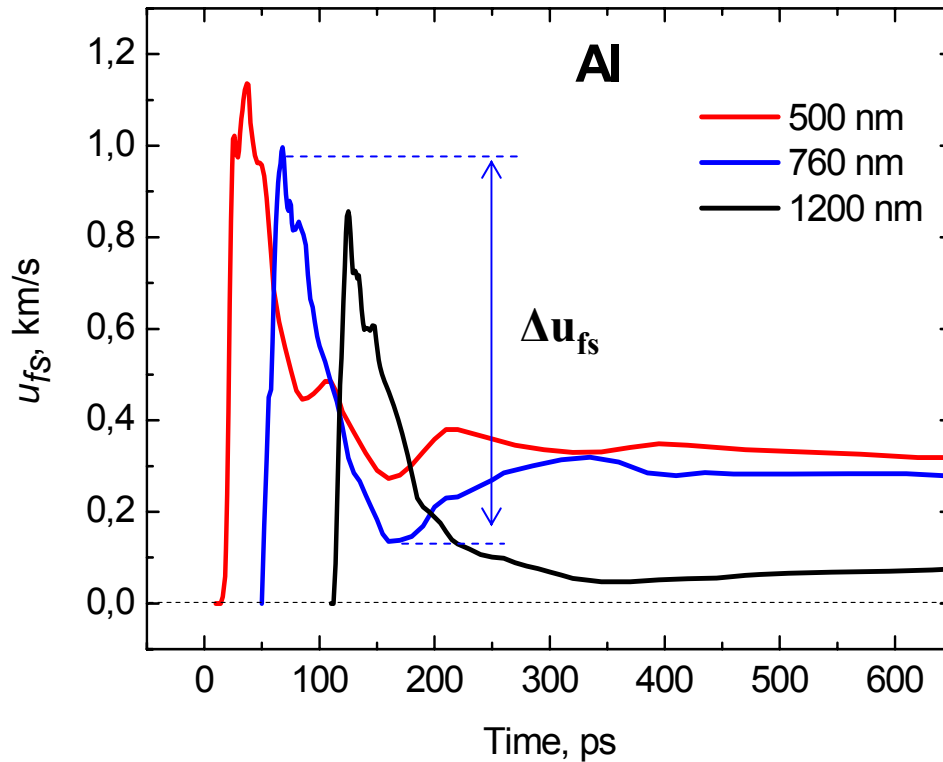
Pump:  $I = 8 \cdot 10^{12} \text{ W/cm}^2$   
 $\tau_L = 150 \text{ fs}$



# Dynamics of free surface deformation. Spallation



# Free surface velocity history. Spall strength



**Strain rate  $6 \cdot 10^8 \text{ c}^{-1}$**

Shock velocity  $u_s = \Delta d / \Delta t$

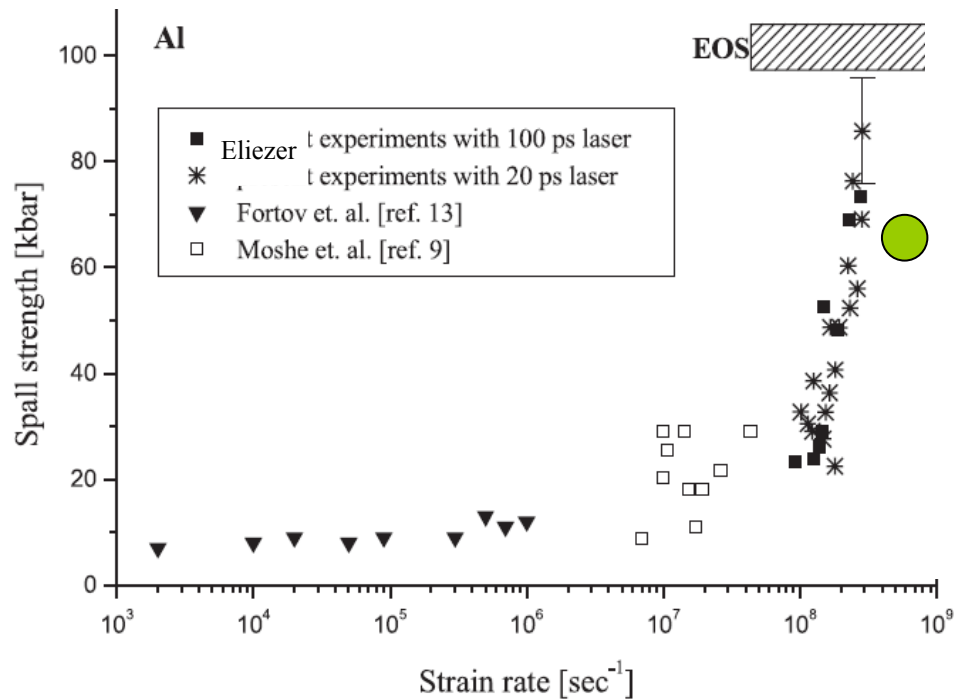
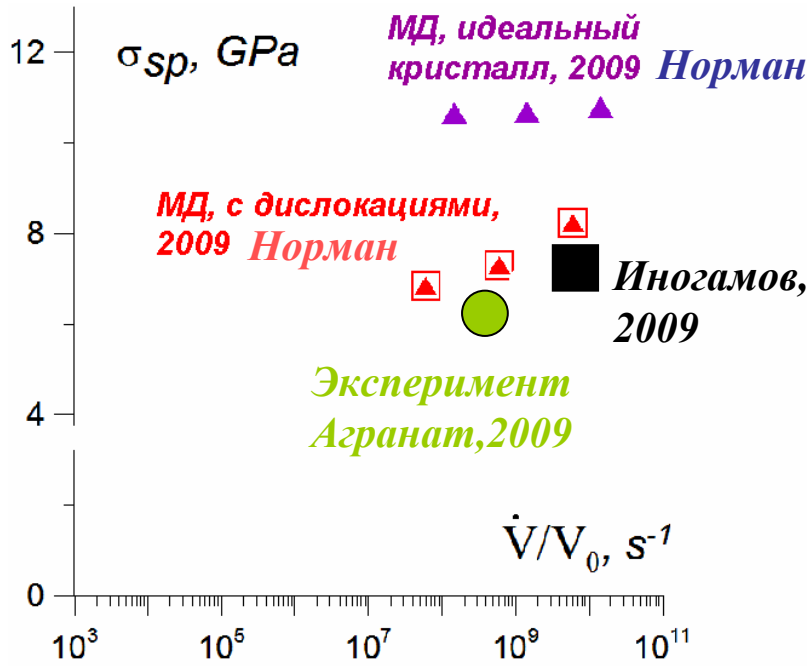
Particle velocity  $u_p = u_{max} / 2$

Pressure  $P_{sh} = \rho_0 u_s u_p$

Spall strength  $\sigma^* = \rho_0 c_0 \Delta u_{fs} / 2$

d, nm	$U_s$ , km/s	$U_p$ , km/s	P, GPa	$\sigma^*$ GPa
500	7.5	0.52	10.4	6.6
760	7.7	0.44	9.1	6.4
1200	7.3	0.38	7.9	6.1

# Spall strength of Al

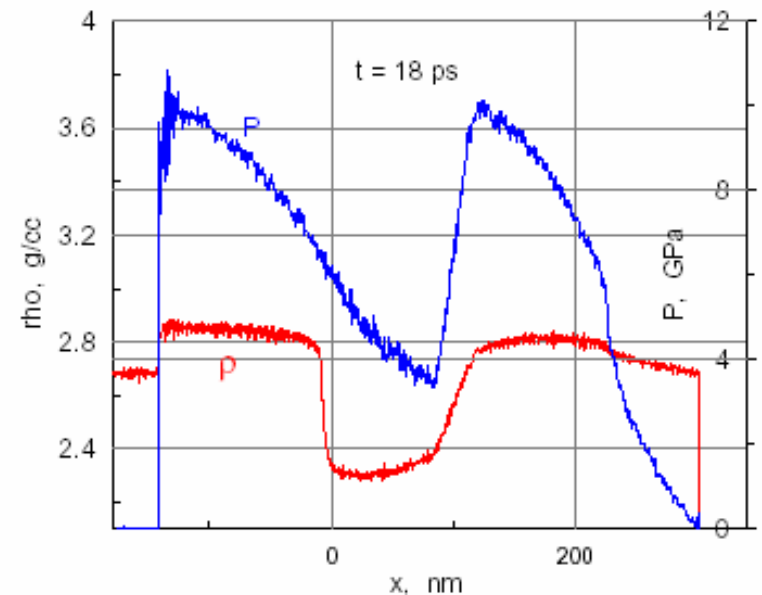
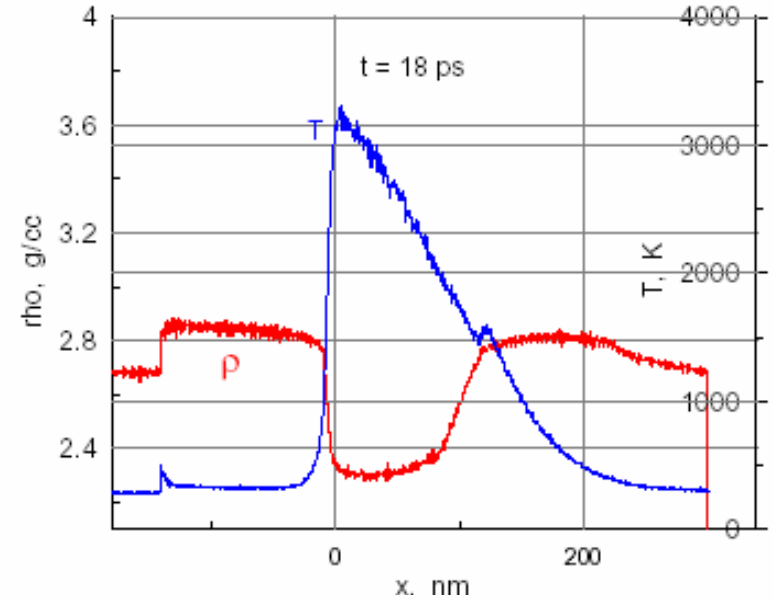
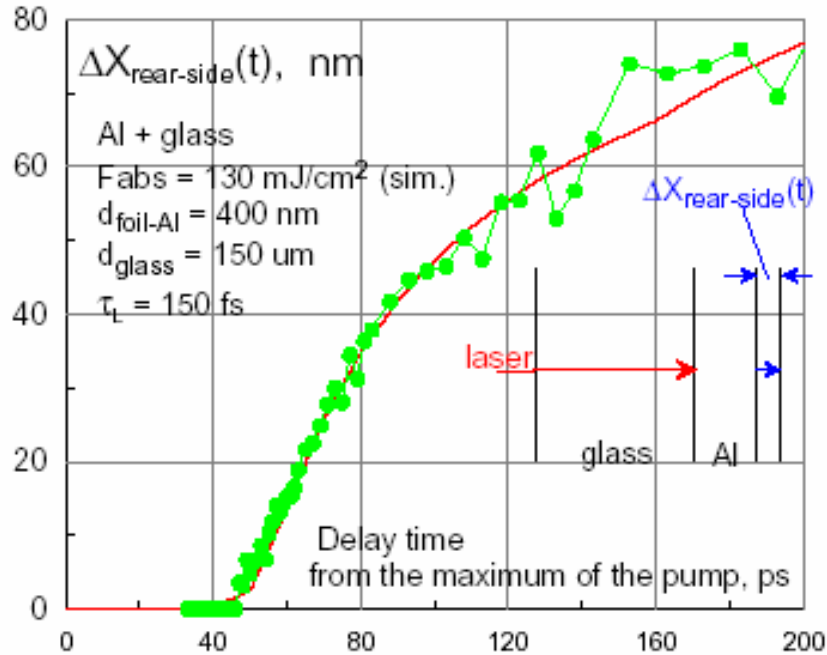


*S. Eliezer, et al*  
*Laser and Particle Beams (2002)*

# Laser acoustic probing of two-temperature zone created by femtosecond pulse

● - experiment:  $I = 8 \cdot 10^{12} \text{ W/cm}^2$ ;  $\tau_L = 150 \text{ fs}$

— 2T hydrodynamics



N.A.Inogamov, V.V.Zhakhovskii, S.I.Ashitkov  
*et al Contributions to Plasma Physics,*  
*(to be published)*



# Результаты

Проведены исследования генерации ударных волн в алюминиевых пленках при воздействии фемтосекундных лазерных импульсов с интенсивностью  $I \sim 10^{13}$  Вт/см<sup>2</sup>

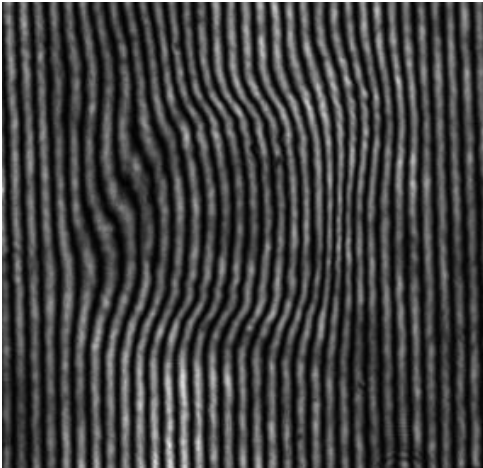
Экспериментально реализован метод акустической диагностики глубины пробега тепловой волны при неравновесном нагреве электронов и решетки металла фемтосекундными лазерными импульсами.

Проведены исследования прочностных свойств алюминия в условиях высокоскоростного  $\sim 10^9$  с<sup>-1</sup> растяжения.

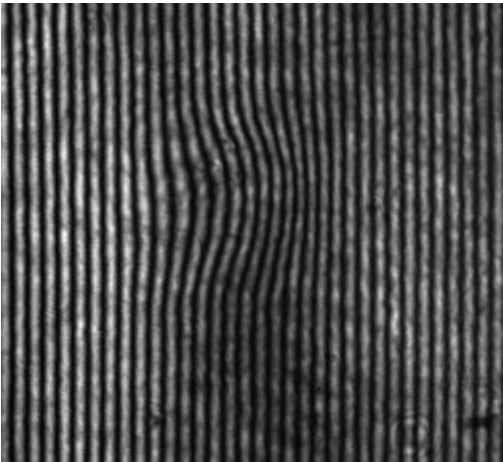
*Thank you for  
attention*

# Limitation of pressure in shock wave

$$I = 8 \cdot 10^{12} \text{ W/cm}^2$$



$$I = 2 \cdot 10^{13} \text{ W/cm}^2$$



Spatial expansion profile of free surface, delay  $\sim 20$  ps

