

# Lazeriu indukuoti pažeidimai optiniuose elementuose

Darius Mikšys

B4

2004

# Turinys

## ● Sąvokos

## ● Pažeidimų mechanizmai

- Griūtinė jonizacija
- Netiesinė fotojonizacija
- Priemaišinė sugertis

## ● Registravimas

## ● Pažeidimo slenkstį įtakojuojantys parametrai

## ● Akumuliacinis efektas

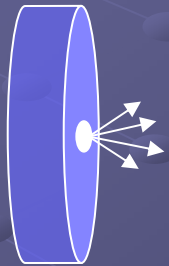
## ● Atsirandantys reiškiniai

# Sąvokos

- Pažeidimas – bet koks negrįžtamas optinio elemento struktūros pakitimas

# Sąvokos

- Pažeidimo slenkstis – didžiausias lazerio spinduliuotės energijos tankis, kuriam esant optinis elementas lieka nepažeistas



20 mJ/cm<sup>2</sup>

# Sąvokos

- “1 on 1” pažeidimo slenkstis
- “S on 1” pažeidimo slenkstis

# Sąvokos

Energijos tankis

$$H = \frac{Q}{A_{eff}}$$

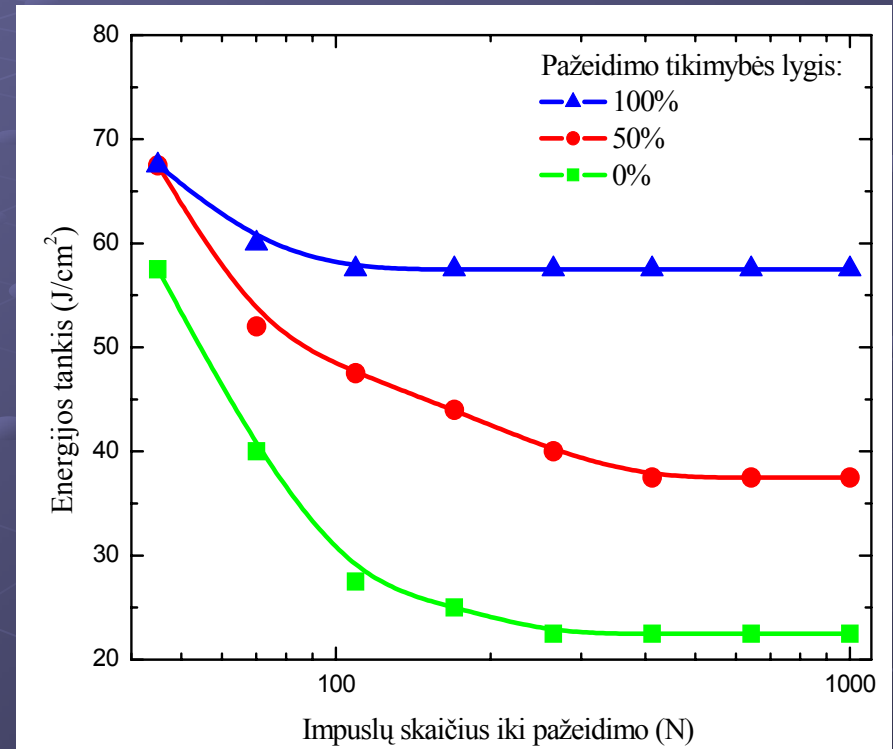
Efektyvusis pluošto plotas

$$A_{eff} = \frac{1}{4} \pi d_{100}$$

$$A_{eff} = \frac{1}{8} \pi d_{86,5}$$

# Sąvokos

● Charakteringoji pažeidimų kreivė – tai kreivė, parodanti, kokį energijos tankį dar gali “atlaikyti” optinis elementas esant tam tikram impulsų skaičiui





# Mechanizmai

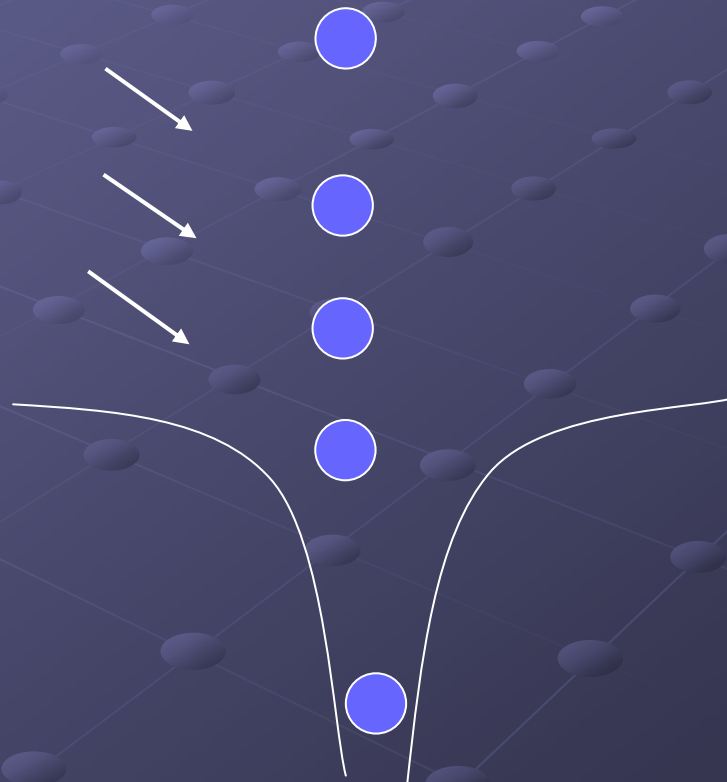


# Griūtinė jonizacija

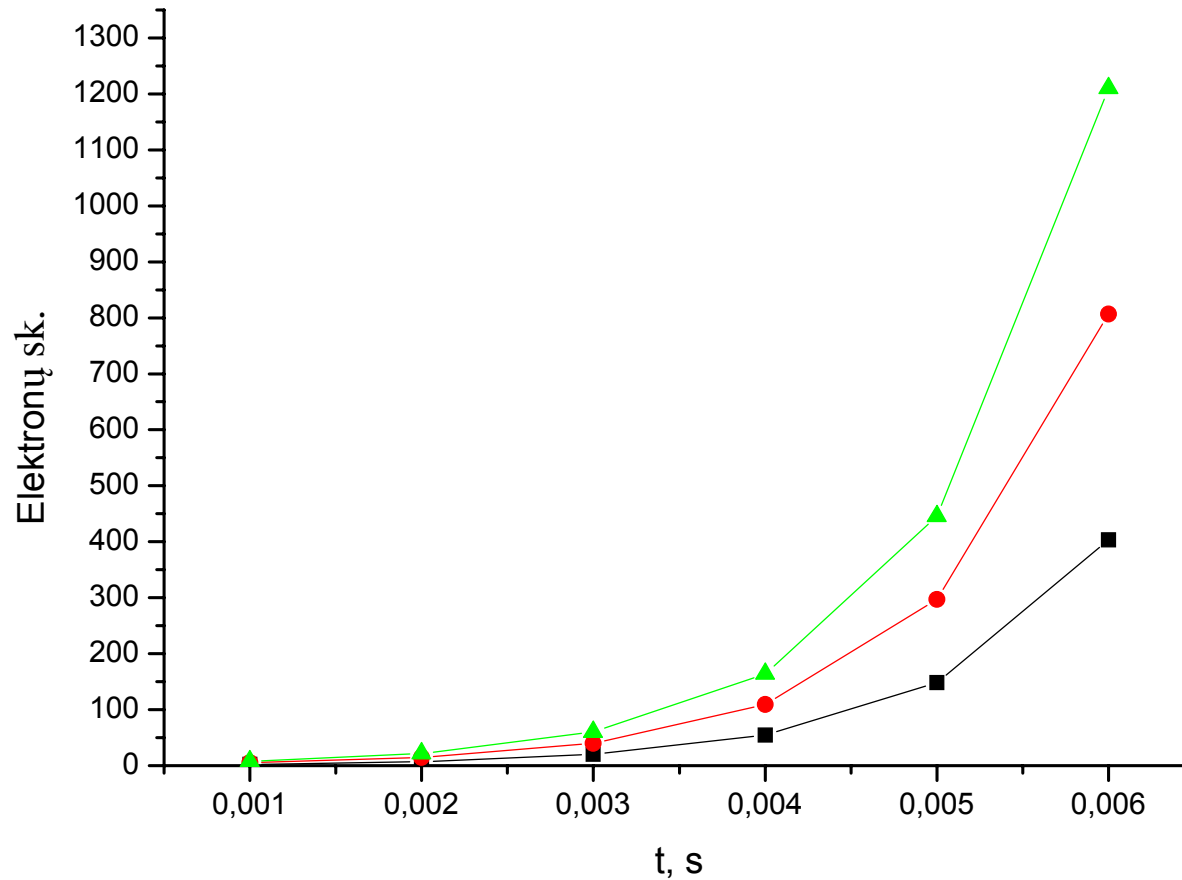
$$n\hbar\omega \geq E_g$$

$$\frac{dN}{dt} = \eta N$$

$$N = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$$



# Griūtinė jonizacija

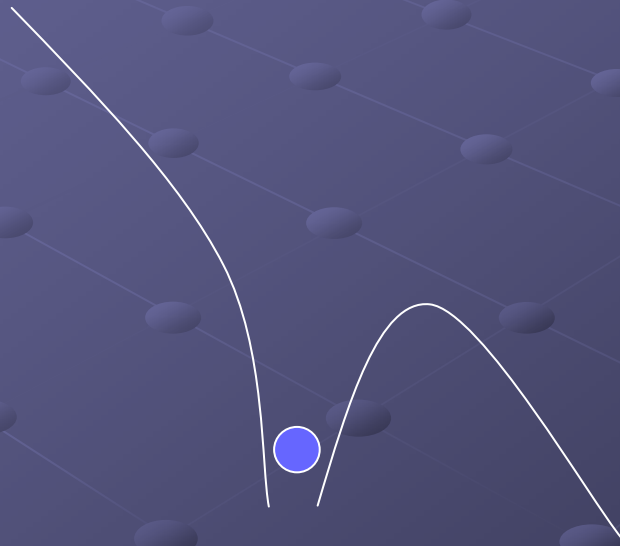


# Netiesinė fotojonizacija

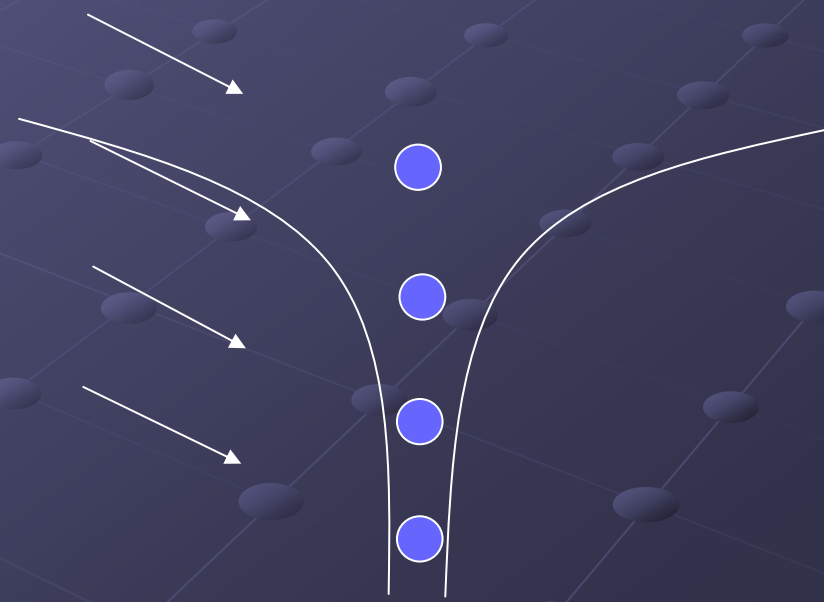
- Daugiafotonė jonizacija
- Tunelinė jonizacija

# Netiesinė fotojonizacija

Tunelinė jonizacija



Daugiafotonė jonizacija



# Netiesinė fotojonizacija

$$\gamma = \frac{\omega}{e} \left[ \frac{mcn\varepsilon_0 E_g}{I} \right]^{1/2}$$

$\omega$  – spinduliuotės dažnis

$e$  ir  $m$  – redukuoti krūvis ir masė

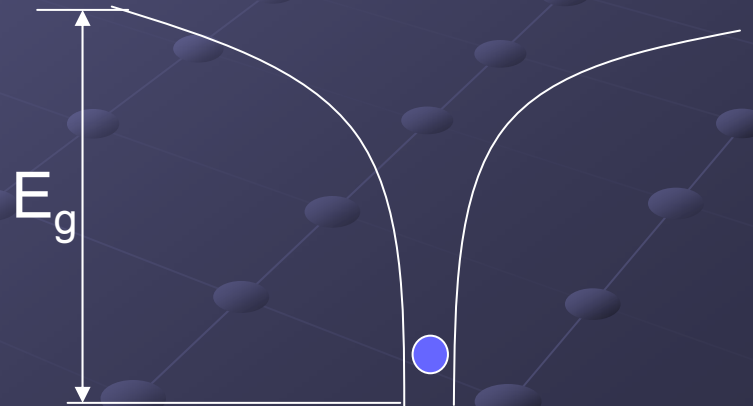
$\varepsilon_0$  – dielektrinė konstanta

$I$  – lazerio intensyvumas fokuse

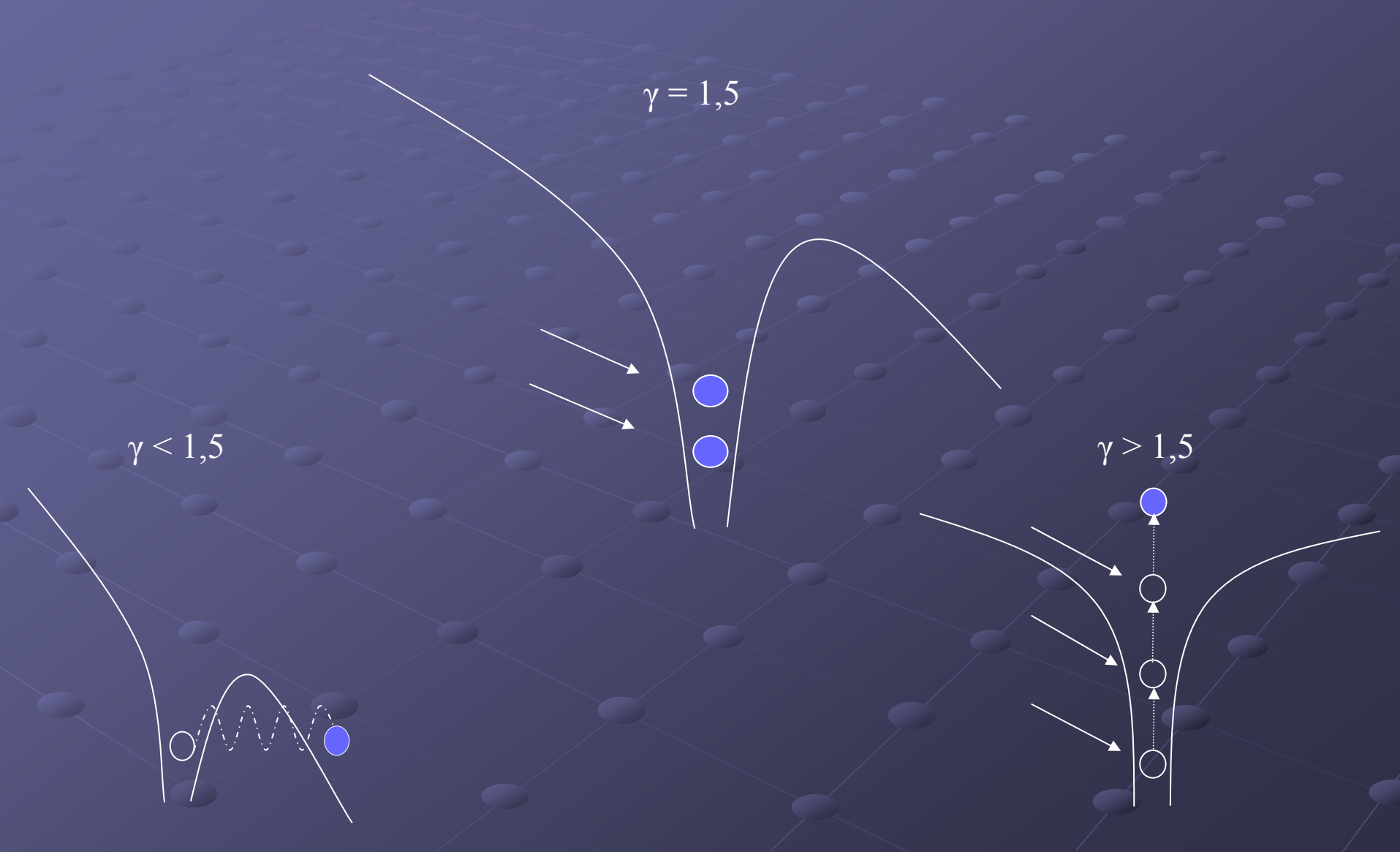
$c$  – šviesos greitis

$n$  – lūžio rodiklis

$E_g$  – draustinės energijos juostos tarpas

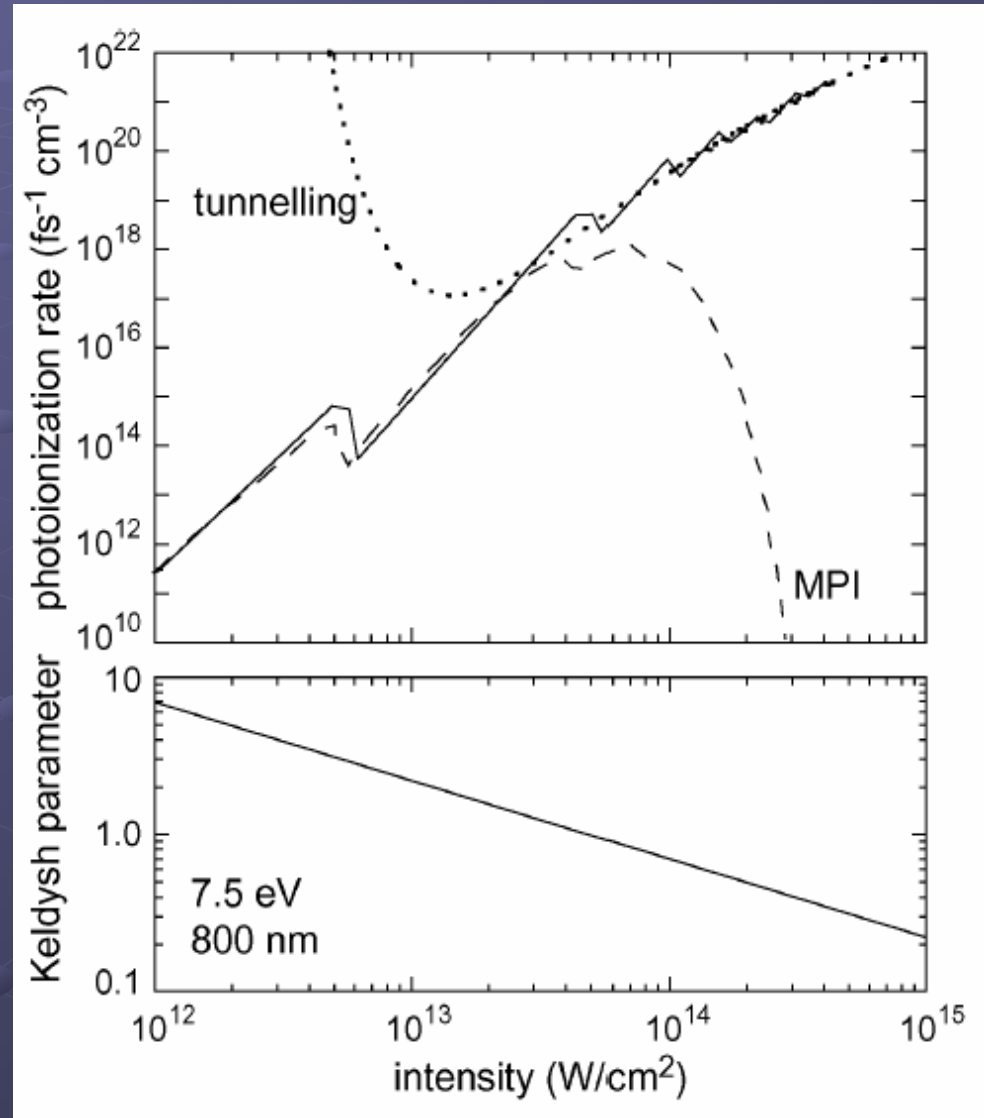


# Netiesinė fotojonizacija



# Netiesinė fotojonizacija

$$\gamma = \frac{\omega}{e} \left[ \frac{mc n \epsilon_0 E_g}{I} \right]^{1/2}$$



# Priemaišinė sugertis

- Įtempimai
- Lydimasis
- Garavimas

$T \approx 10^4 \text{ K}$

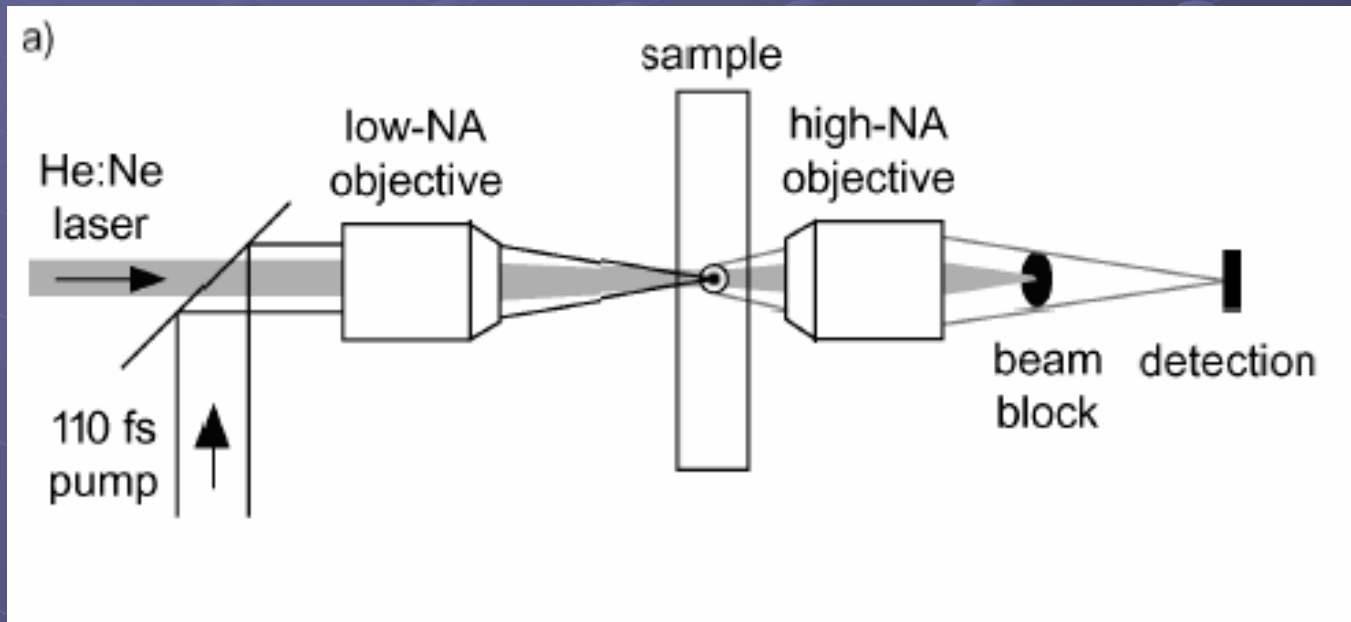


# Registravimas

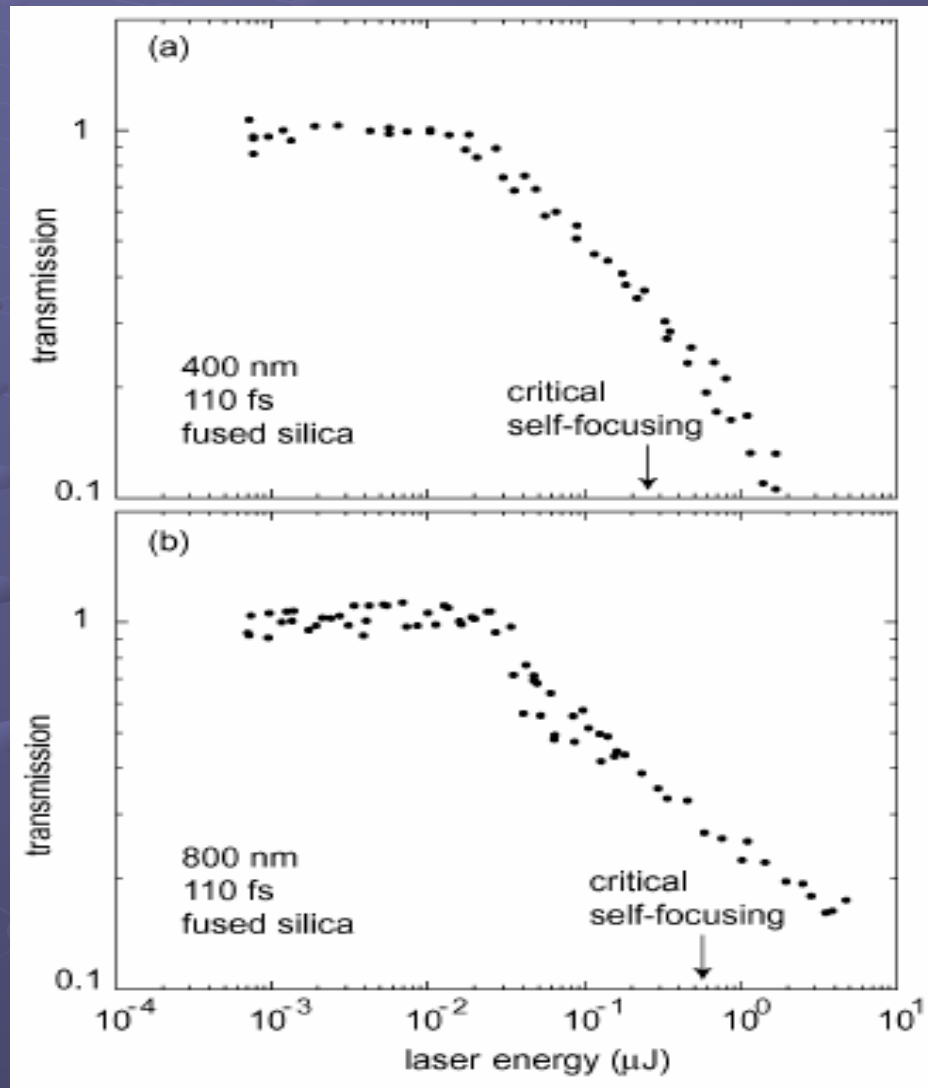
- Optinė mikroskopija
- Perėjusio pluošto energijos pakitimas
- Tiriamo taško sklaida
- Tamsaus lauko sklaida



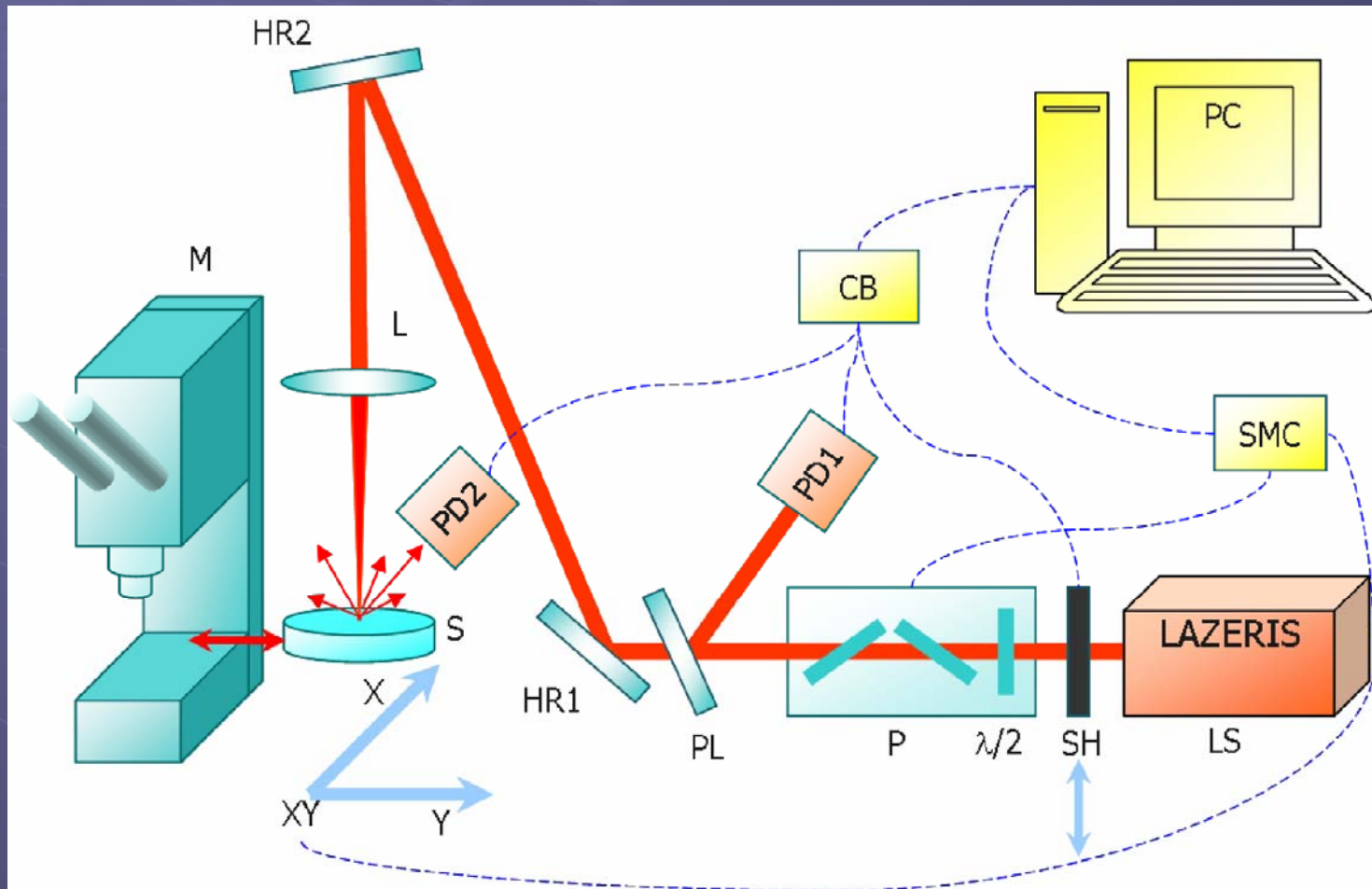
# Tamsaus lauko sklaida



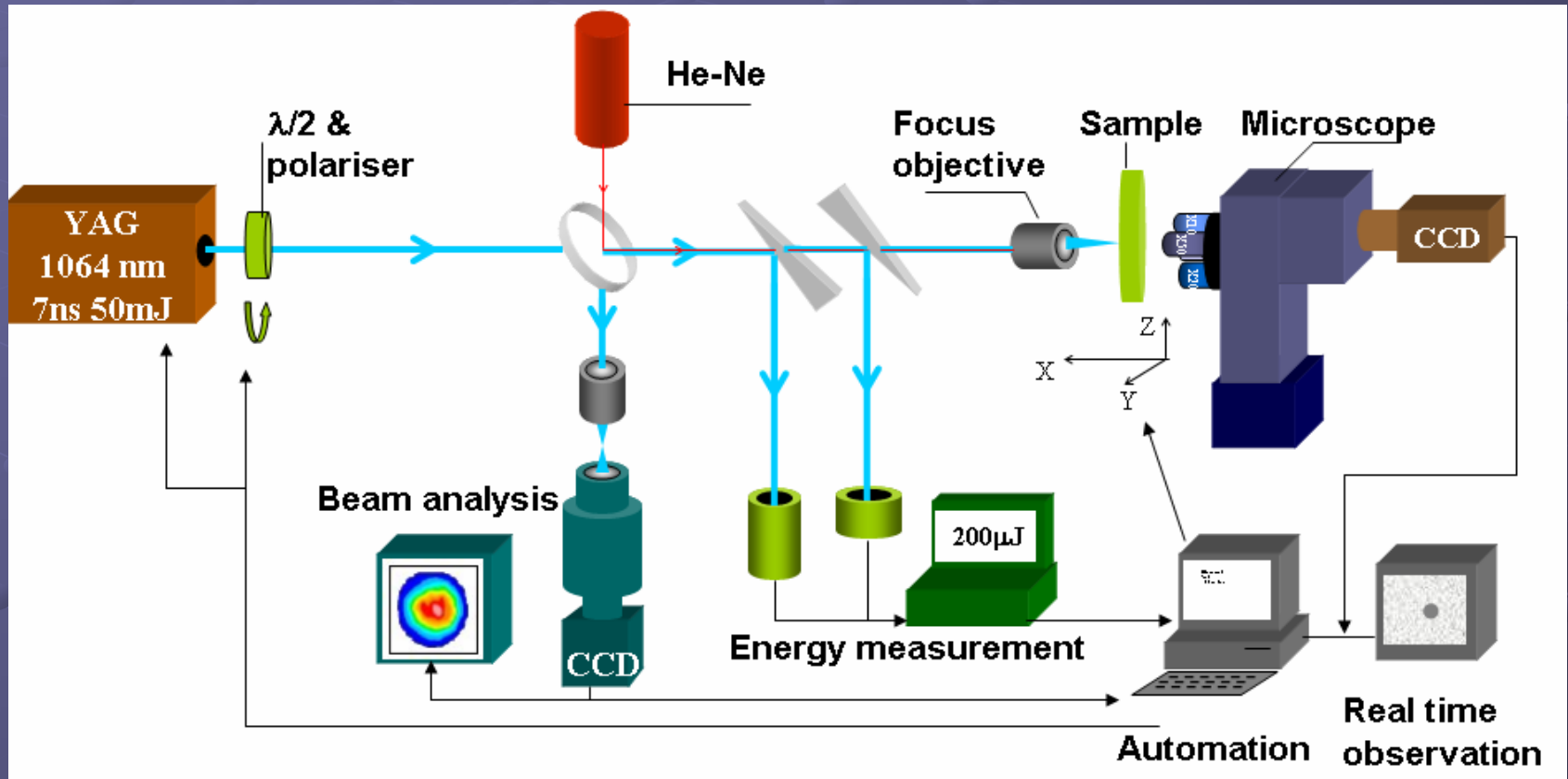
# Energijos pakitimo registravimas



# Tiriamo taško sklaida



# “Real time” metodos



# “Real time” metodes

Šūviai:

1

2

3

4

5

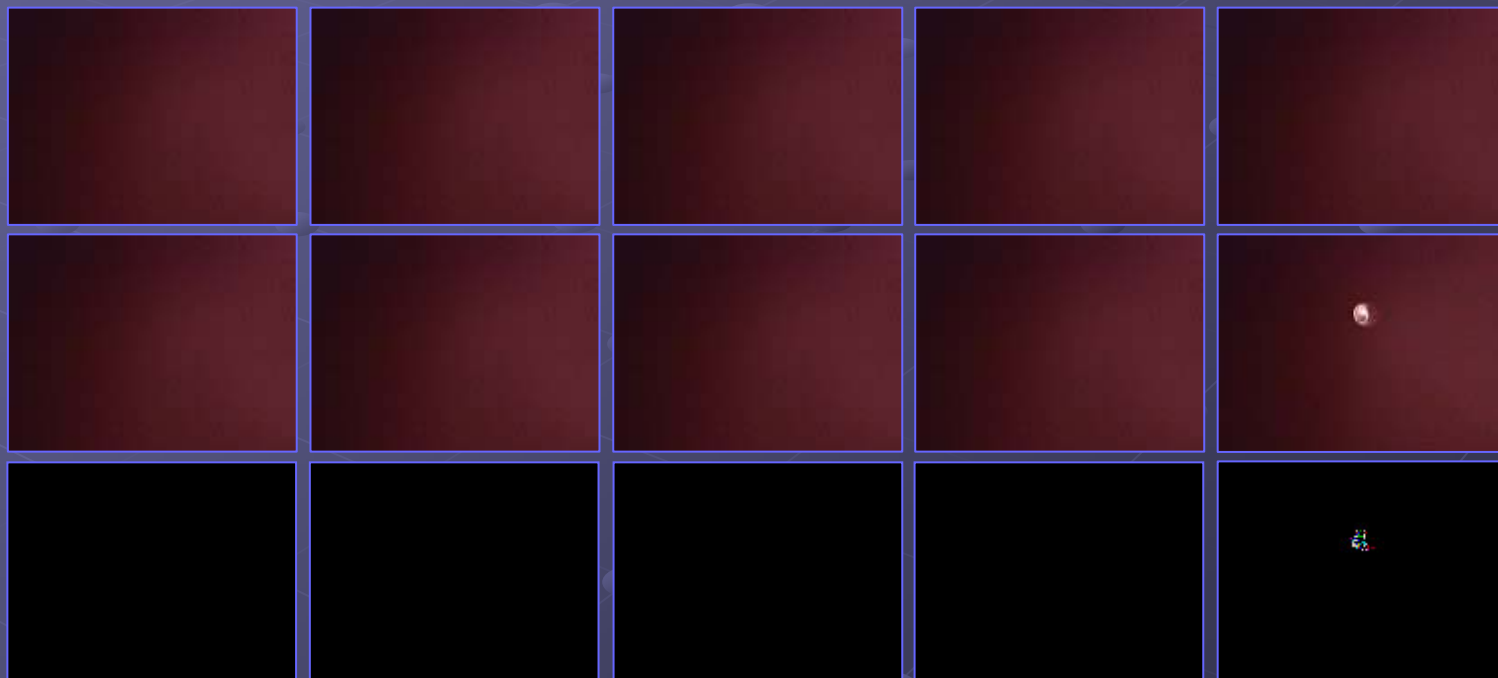
Atraminis



Išmatuotas



Skirtumas

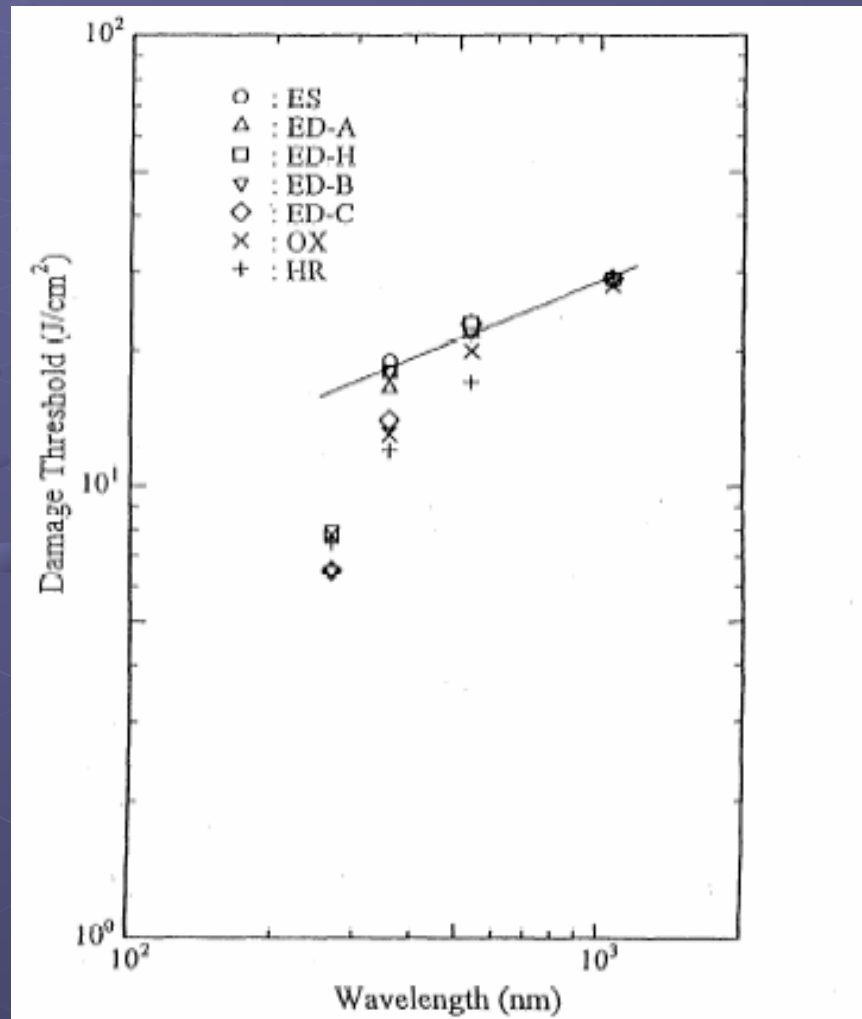




# Nuo ko priklauso LIDT?

- Bangos ilgio
- Impulso trukmės
- Impulsų pasikartojimų dažnio
- Temperatūros
- Medžiagos ar dangų tipo
- Pluošto diametro
- Priemaišų (diametras, tipas)

# Priklausomybė nuo bangos ilgio



# Priklausomybė nuo impulso trukmės

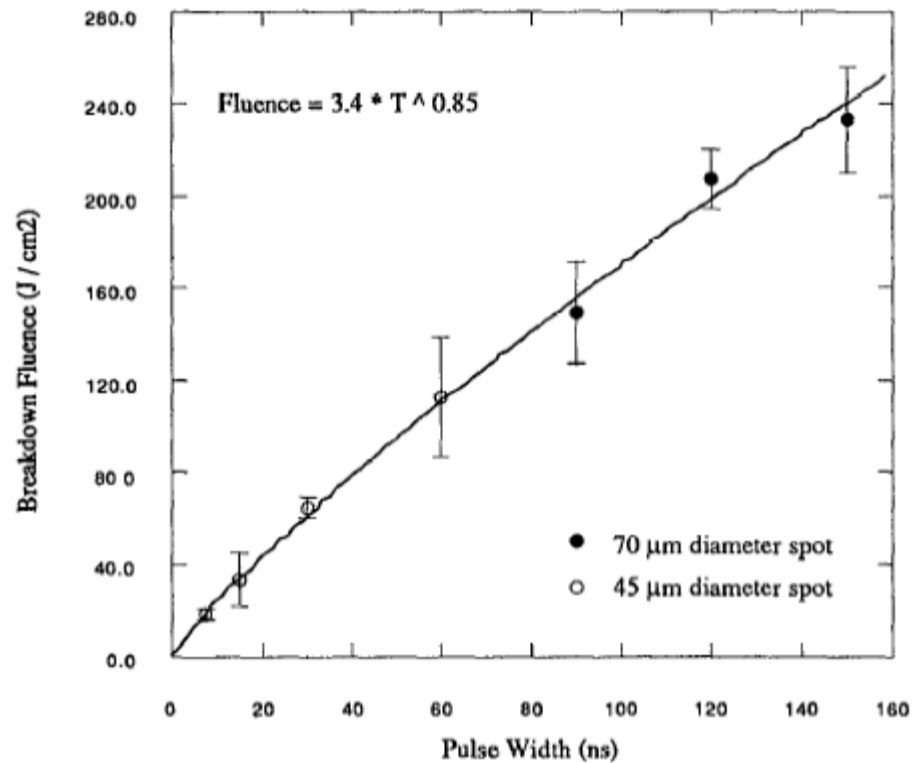


Fig. 4. Plot of breakdown fluence vs pulse width in fused silica at 355 nm.

# Priklausomybė nuo impulso trukmės

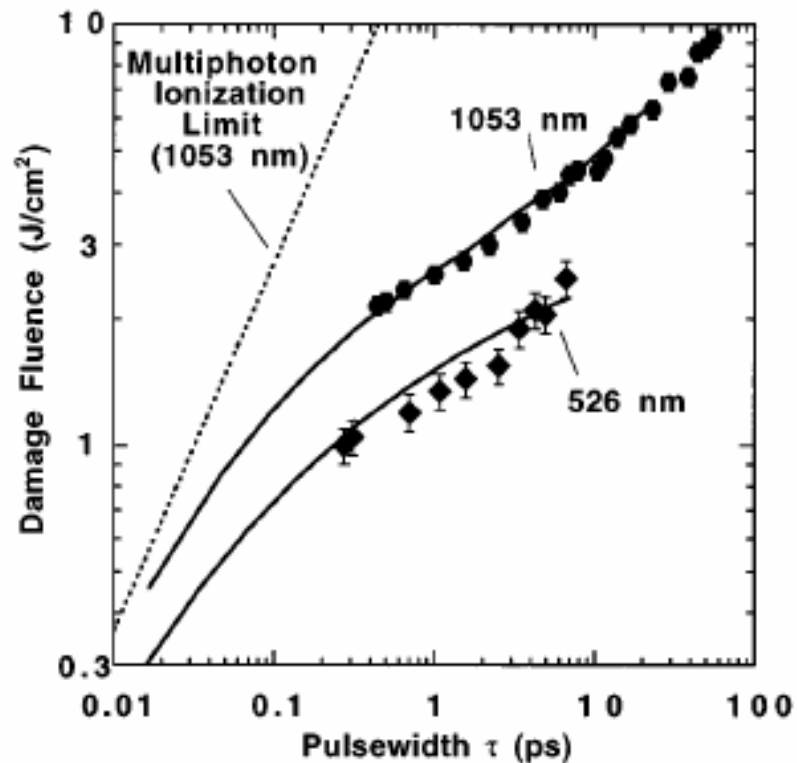


FIG. 6. Measured and calculated (solid lines) damage fluence for fused silica at 1053 and 526 nm. Dashed line indicates calculated damage limit, due to multiphoton ionization alone.

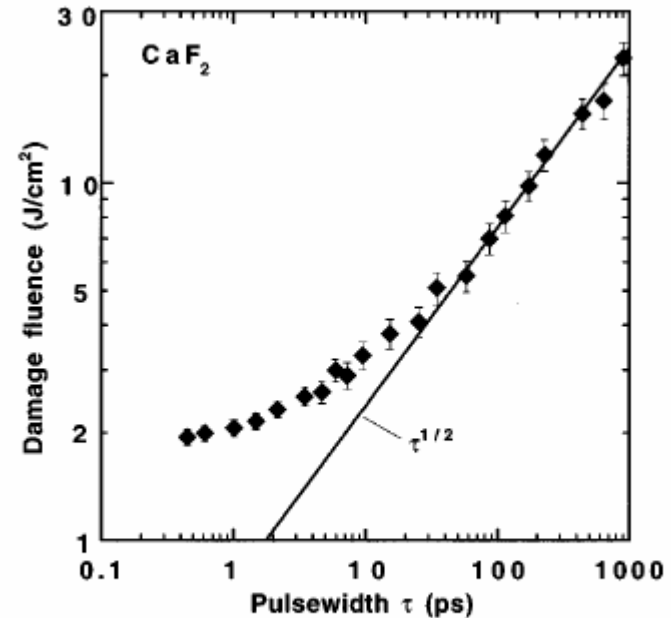
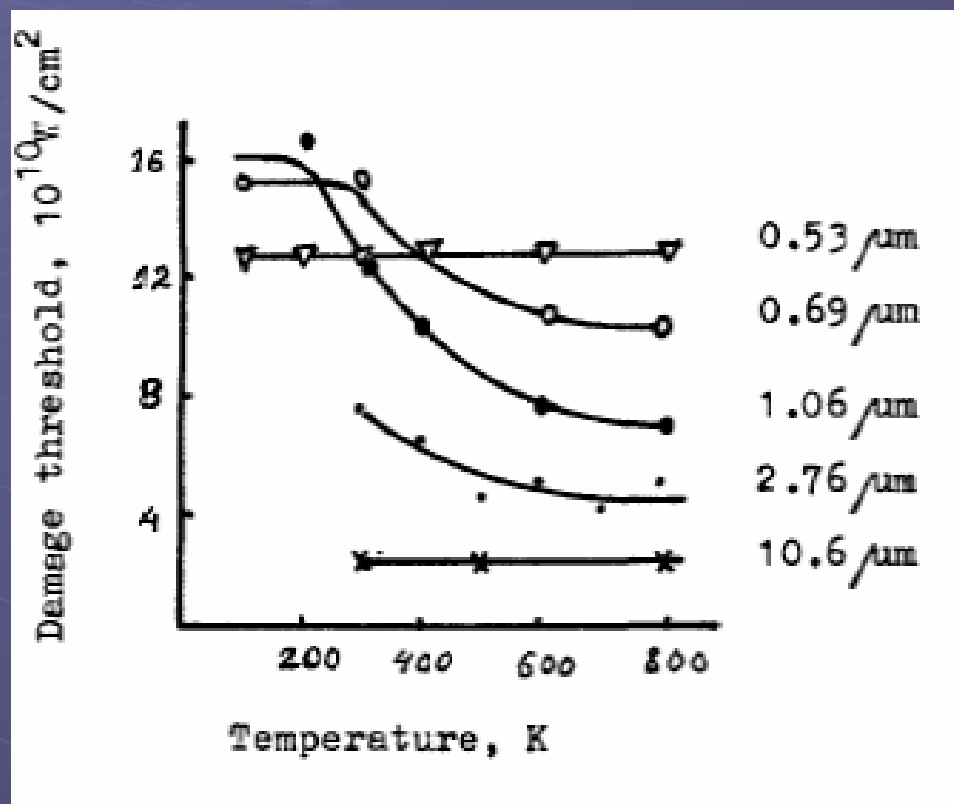


FIG. 7. Pulse width dependence of threshold damage fluence for calcium fluoride.

# Priklausomybė nuo temperatūros

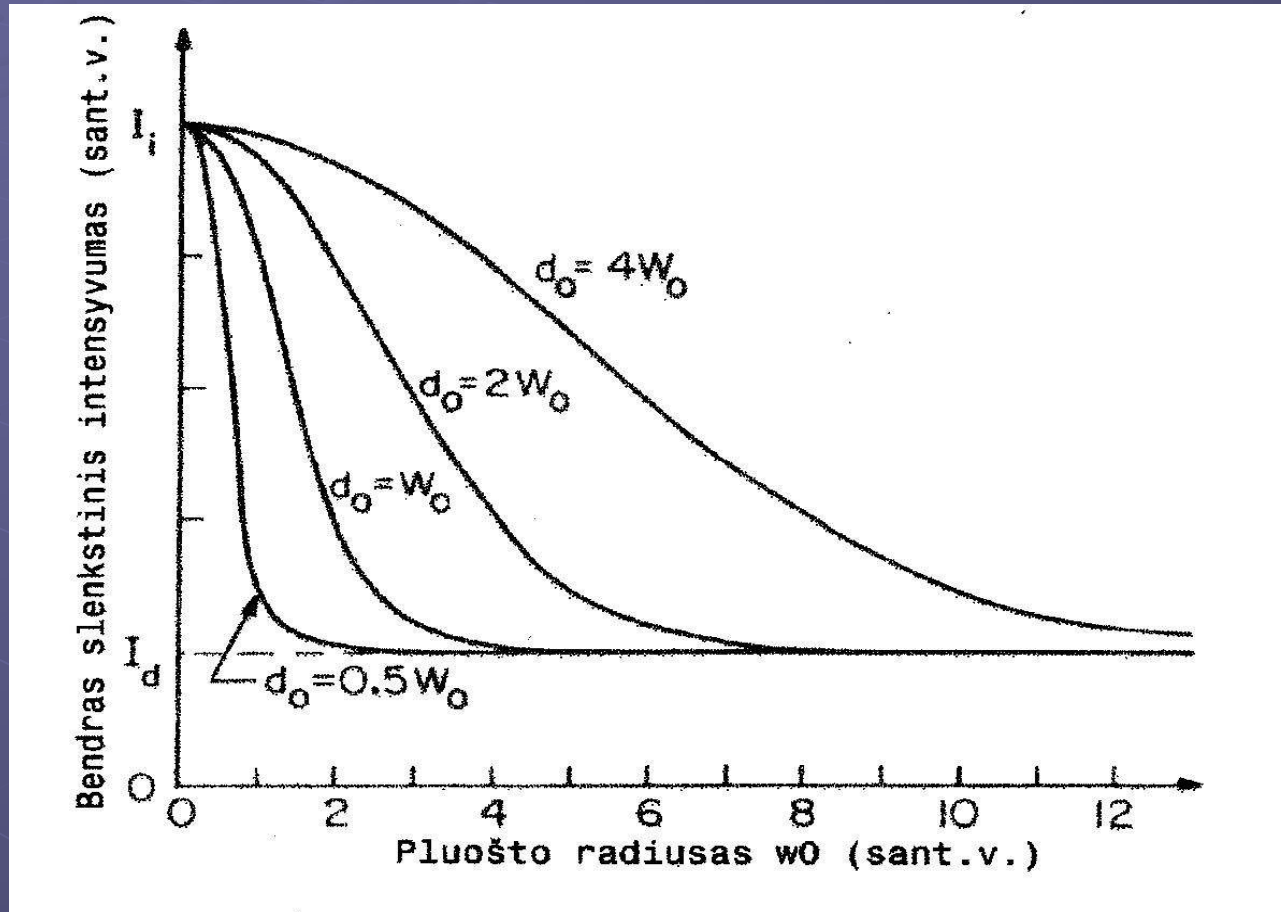


Pažeidimo slenkščio priklausomybė nuo temperatūros NaCl, esant įvairiems bangos ilgiams

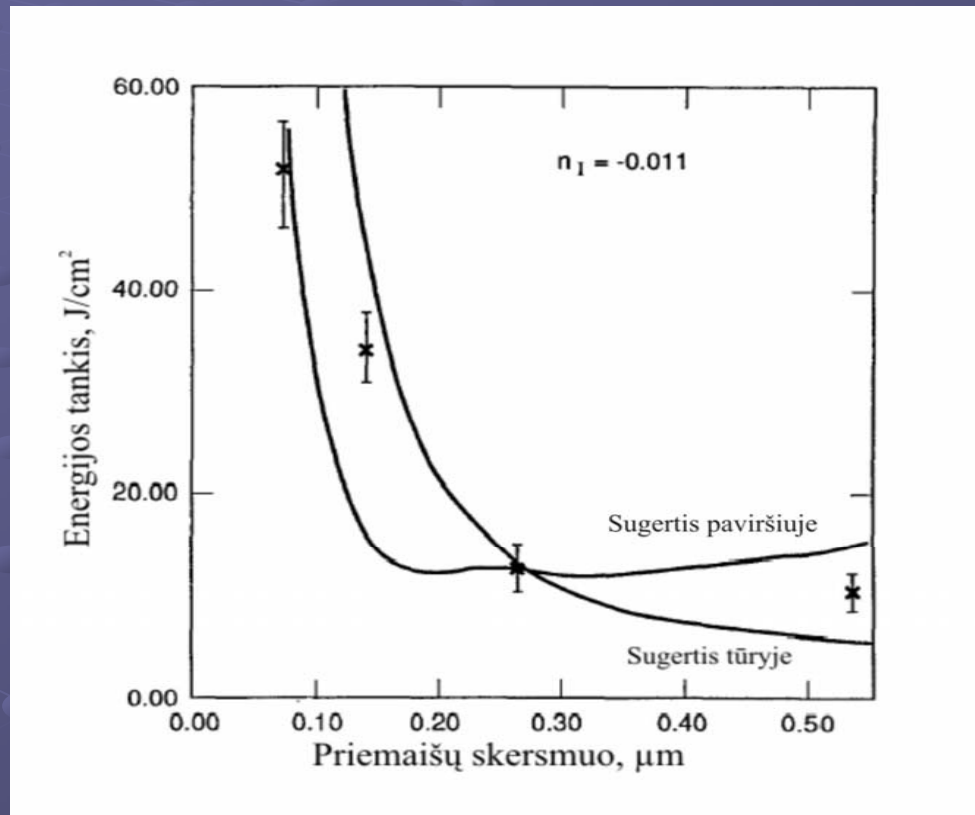
# Priklausomybė nuo tiriamo bandinio tipo

- Metaliniai veidrodžiai
- Dielektriniai veidrodžiai
- Įvairūs kristalai (KDP, LBO)

# Pluošto skersmens įtaka



# Priemaišų skersmens įtaka

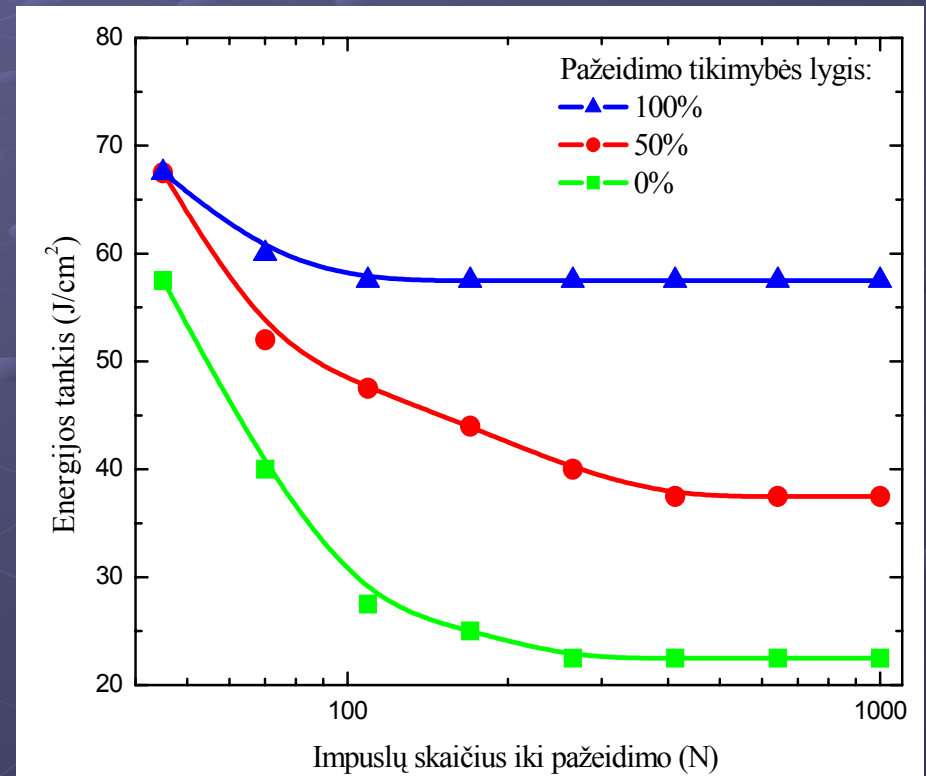


1 pav. Dielektrinių veidrodžių pažeidimo slenksčio priklausomybė nuo priemaišų skersmens, kai priemaišos sugeria spinduliuotą paviršiumi ir tūriu



# Akumuliacija

- Jei ne akumuliacijos efektas, nebūtų “S on 1” pažeidimų!
- N šūvių pažeidimo slenkstis mažesnis nei vieno impulso



# Atsirandantys reiškiniai

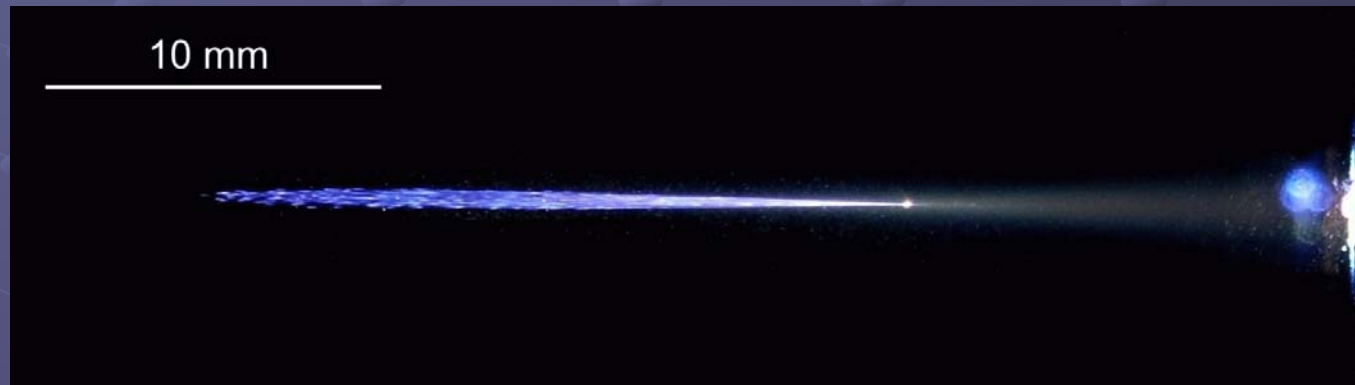
- Pluošto saviveika
- Optinis užgrūdinimas

# Šviesos gijų kvarciniame stikle iliustracijos

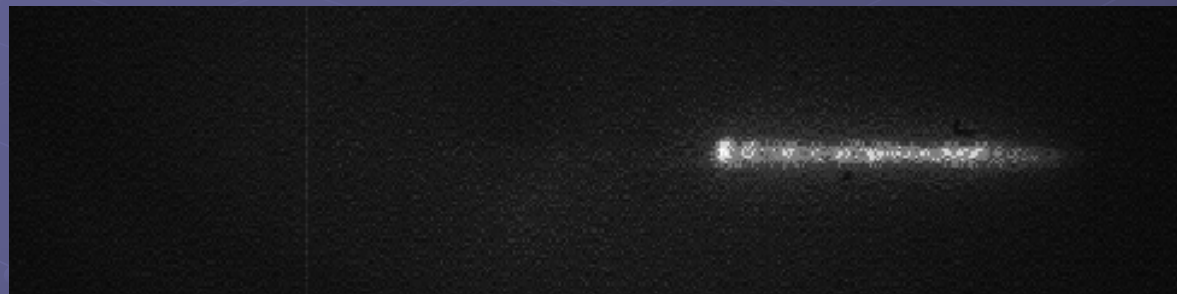
50  $\mu\text{J}$



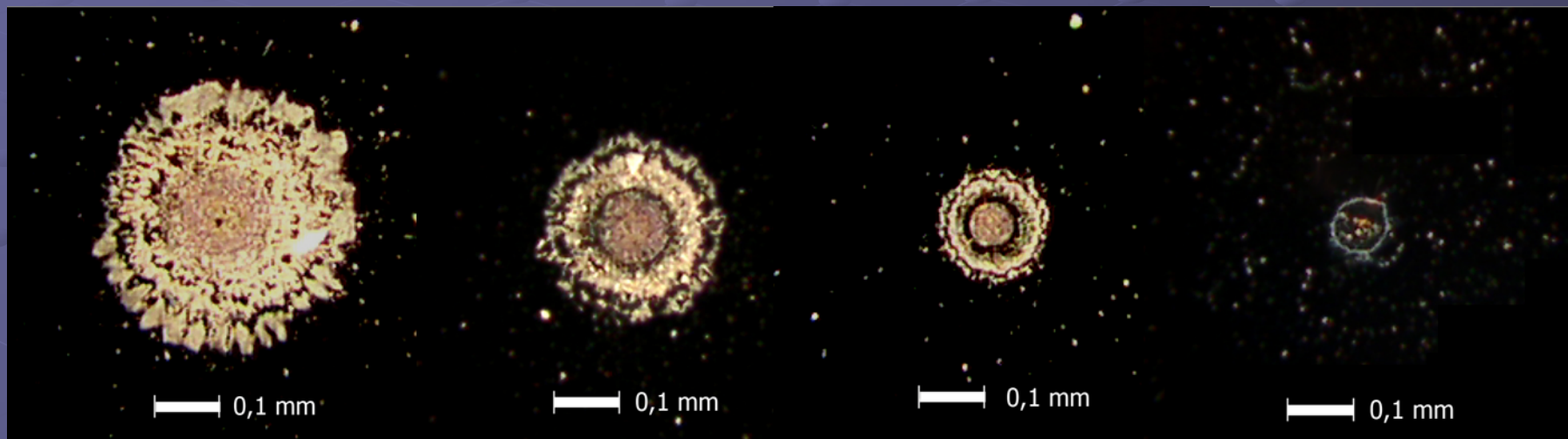
350  $\mu\text{J}$



# Tūrinių pažeidimų iliustracijos



# Paviršiaus pažeidimų vaizdai



# Paviršiaus pažeidimų vaizdai

