

Lazeriniais diodais kaupinamo
kvazi-trijų lygmenų
regeneratyvinio stiprintuvo
modeliavimas

Jonas Pocius
Vilnius 2003

Tikslas

1. Skaitmeniškai sumodeliuoti femtosekundiniams impulsams stiprinti tinkamą regeneratyvinį stiprintuvą, kaupinamą transformuota lazerinių diodų liniuotės spinduliuote.
2. Surasti optimalius kristalo parametrus: ilgį, koncentraciją, darbinę temperatūrą, kaupinimo intensyvumą.

Aktyvaus elemento pasirinkimas

1. Emisijos spektro plotis

2. Galimybė kaupinti lazeriniais diodais

3. Šiluminis laidumas

4. Kvantinis defektas

5. Lazerinio lygmens relaksacijos trukmė

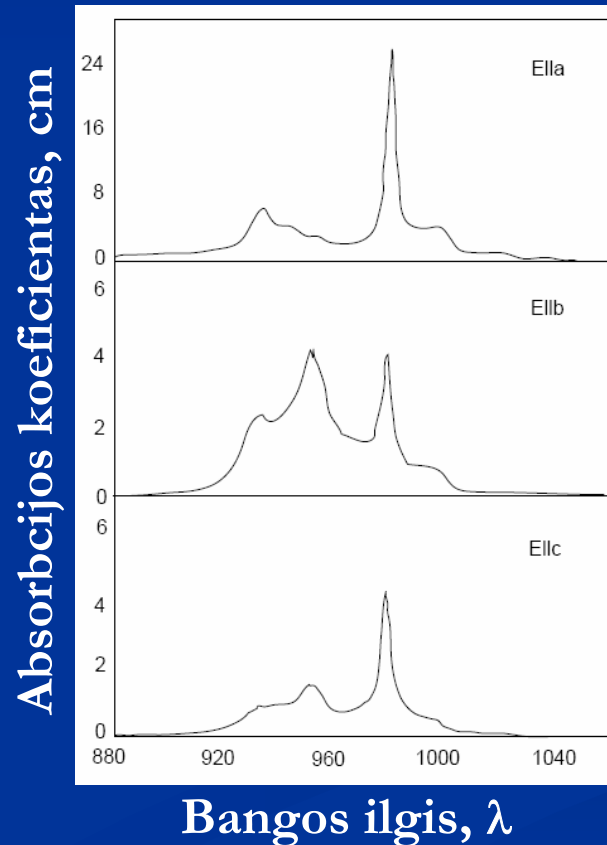
6. Lygmenų sistemos paprastumas

Yb:KGW

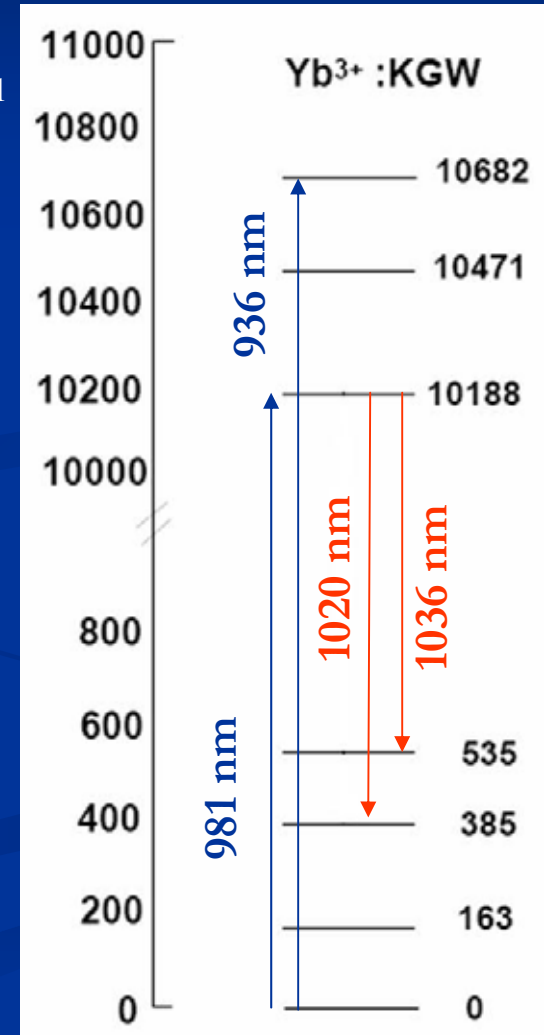
The diagram features a central text label 'Yb:KGW' in white bold font. Six white arrows originate from a list of criteria on the left and point towards the label. The criteria are: 1. Emisijos spektro plotis, 2. Galimybė kaupinti lazeriniais diodais, 3. Šiluminis laidumas, 4. Kvantinis defektas, 5. Lazerinio lygmens relaksacijos trukmė, and 6. Lygmenų sistemos paprastumas. The background is a dark blue gradient with faint, light blue wavy patterns.

Yb:KGW

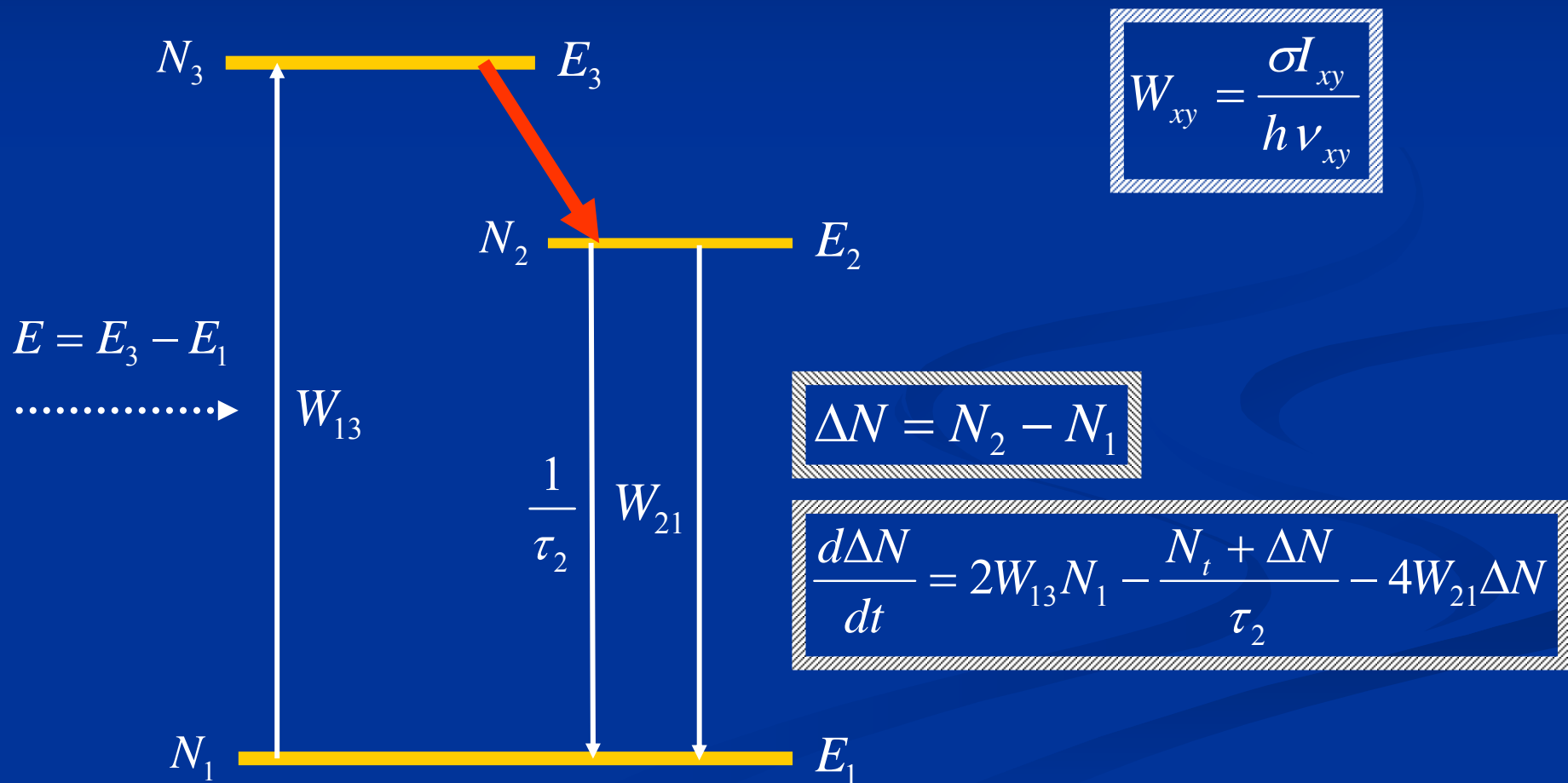
1. Emisijos spektro plotis
20 nm
2. Šiluminis laidumas
3,3 W/mK
3. Kvantinis defektas
3.8-5.3 %
4. Lazerinio lygmens gyvavimo trukmė
0,35 ms



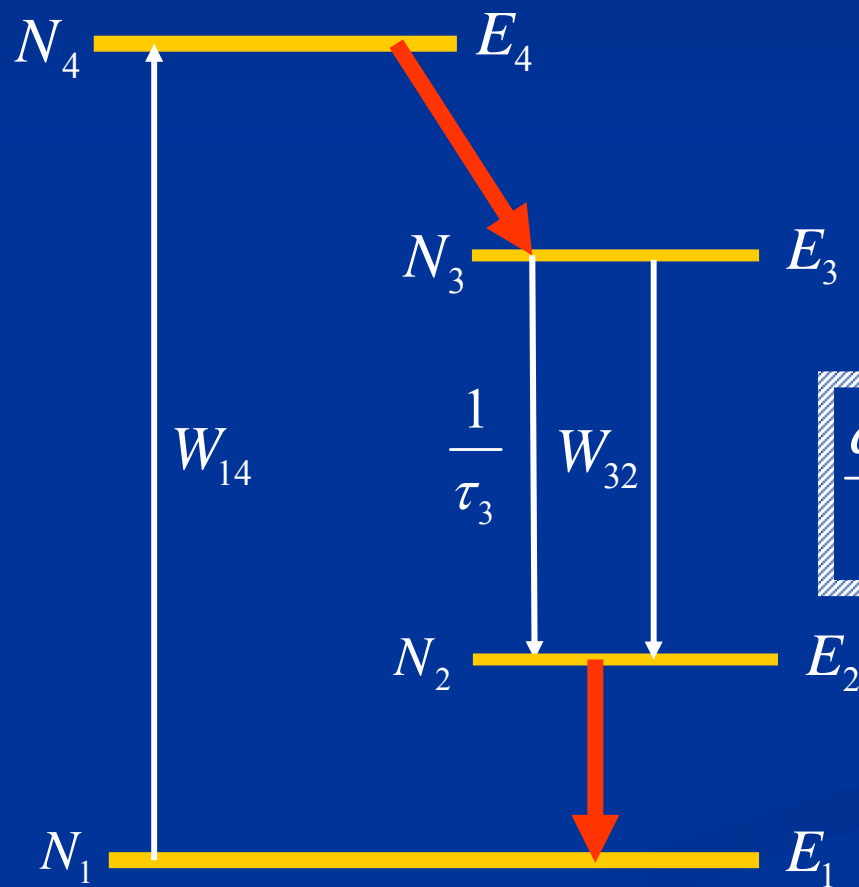
cm^{-1}



Trijų lygmenų sistemos



Keturių lygmenų sistemos

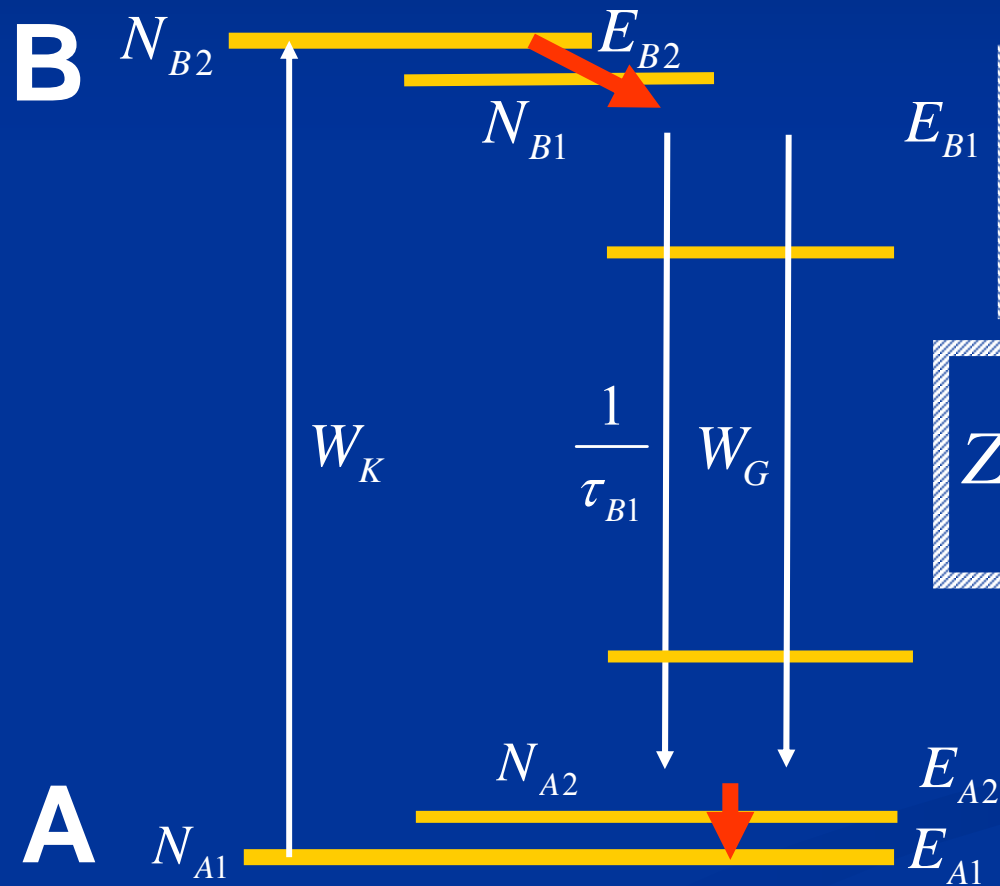


$$N_2 = N_1 \exp\left(\frac{-\Delta E}{kT}\right)$$

$$\Delta N = N_3 - N_2$$

$$\frac{d\Delta N}{dt} = W_{14}N_1 - \frac{\Delta N}{\tau_3} - 2W_{32}\Delta N$$

Kvazi-trijų lygmenų sistemos



$$f_{A_n, B_n} = \frac{\exp(-E_{A_n, B_n} / kT)}{Z_{A, B}}$$

$$Z_{A, B} = \sum^{A_i, B_i} \exp(-E_{A_i, B_i} / kT)$$

$$\Delta N = f_{B1} B - f_{A2} A$$

Dinaminių lygčių palyginimas

3

$$\frac{d\Delta N}{dt} = 2W_{13}N_1 - \frac{N_t + \Delta N}{\tau_2} - 4W_{21}\Delta N$$

Kvazi-3

$$\frac{d\Delta N}{dt} = f_{A1}W_K A - \frac{f_{A2}N_t + \Delta N}{\tau(f_{A2} + f_{B1})} - 2W_G\Delta N$$

4

$$\frac{d\Delta N}{dt} = W_{14}N_1 - \frac{\Delta N}{\tau_3} - 2W_{32}\Delta N$$

Formulės, aprašančios kaupinimo intensyvumo pasiskirstymą aktyviajame elemente, išvedimas

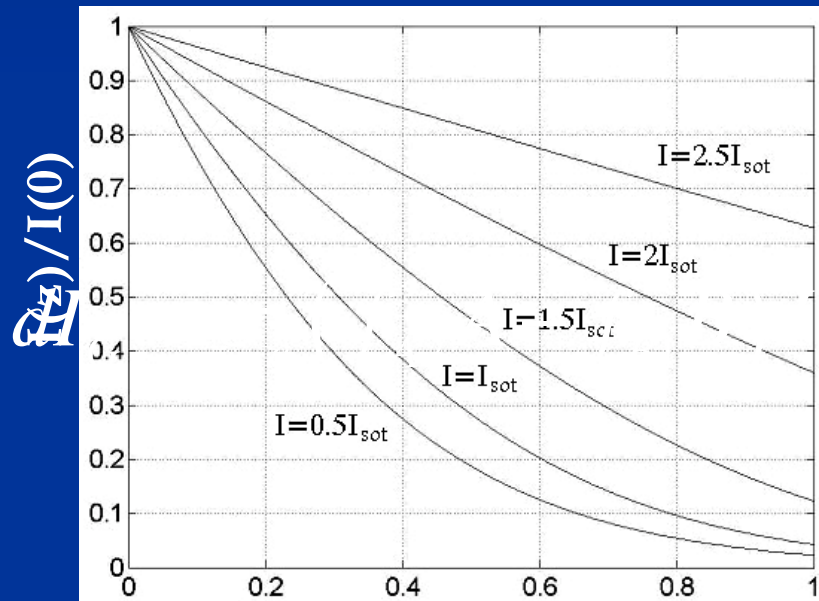
$$\frac{dB}{dt} = -\frac{dA}{dt} = \sigma_a (f_{A1}A - f_{B2}B) \frac{I_K}{h\nu_K} + \sigma_e (f_{A2}A - f_{B1}B) \frac{I_G}{h\nu_G} - \frac{B}{\tau_{B1}}$$

$$\frac{\partial I_K}{\partial z} = \frac{dB}{dz} - \frac{dA}{dz} = 0$$

$$B = N_t \left[\frac{\sigma_a I_K (f_{A1} + f_{B2}) + \sigma_e I_G (f_{A2} + f_{B1})}{\sigma_a I_K (f_{A1} + f_{B2}) + \sigma_e I_G (f_{A2} + f_{B1}) + \frac{1}{\tau_{B1}}} \right] \ln \left(\frac{A(z)}{A(0)} \right) + \frac{1}{\tau_{B1}}$$

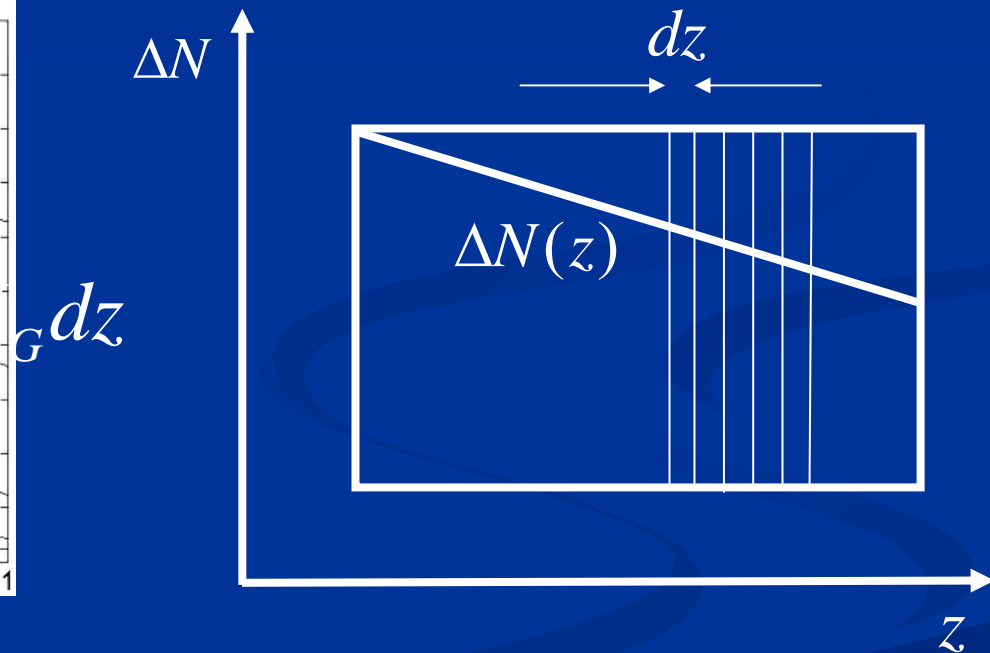
$$A = N_t \left[\frac{\sigma_a I_K (f_{A1} + f_{B2}) + \sigma_e I_G (f_{A2} + f_{B1})}{\sigma_a I_K (f_{A1} + f_{B2}) + \sigma_e I_G (f_{A2} + f_{B1}) + \frac{1}{\tau_{B1}}} \right] \ln \left(\frac{A(z)}{A(0)} \right) + \frac{1}{\tau_{B1}}$$

Impulso stiprinimas



Atstumas kristale, cm

$$I_{sot} = h\nu_K / \sigma_a f \tau$$



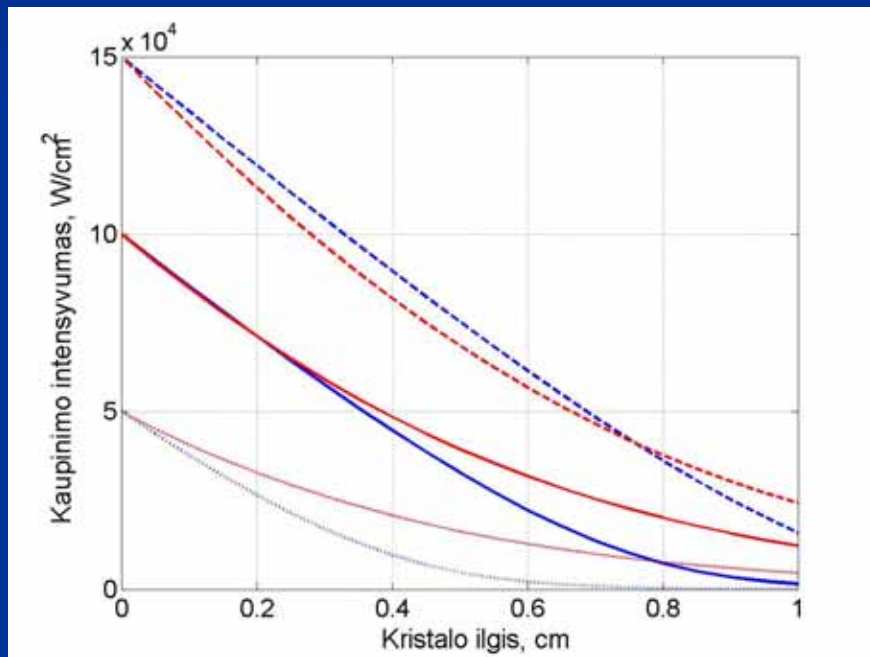
Aktyvaus elemento parametru optimizavimas

1. Kaupinimo intensyvumas
2. Ilgis
3. Koncentracija
4. Temperatūra

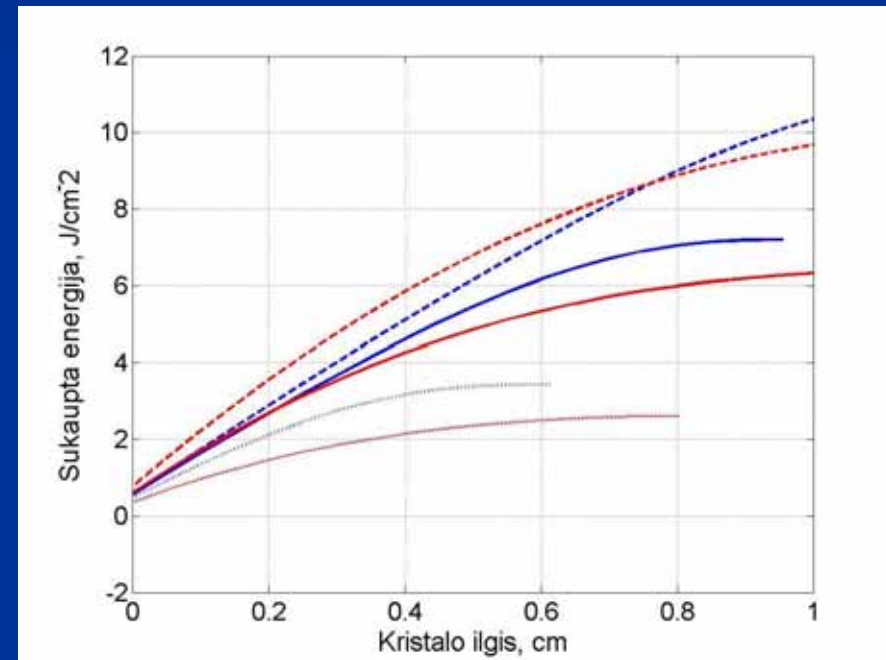


1. Impulso energija
2. Išsivystymo trukmė

Kaupinimo bangos ilgio pasirinkimas

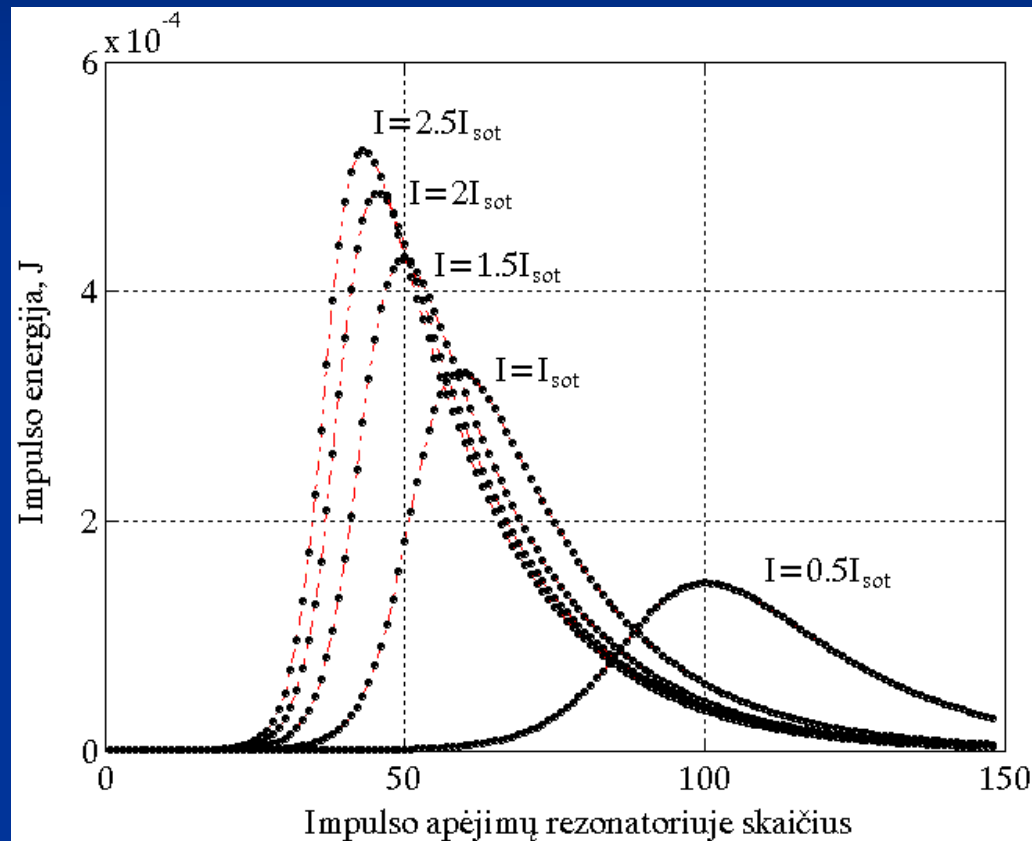


Kaupinimo intensyvumo pasiskirstymas $2,5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ koncentracijos kristale. Mėlynai, kaupiant 980 nm, raudonai - 940 nm



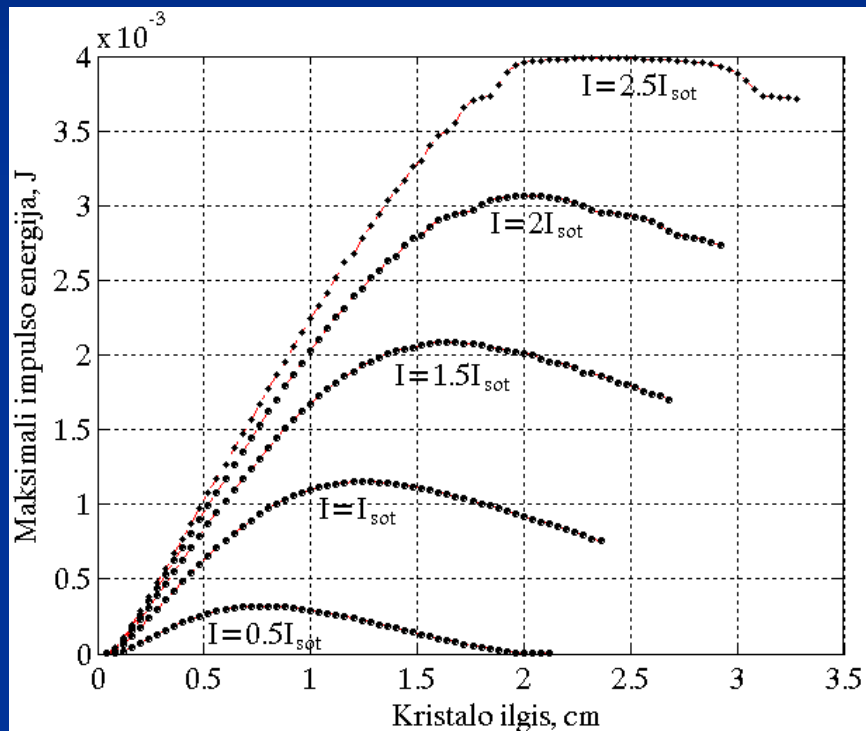
Energijos sukauptos vienetinio ploto kristale priklausomybė nuo $2,5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ koncentracijos kristalo ilgio. Mėlynai, kaupiant 980 nm, raudonai - 940 nm

Optimalus kaupinimo intensyvumas

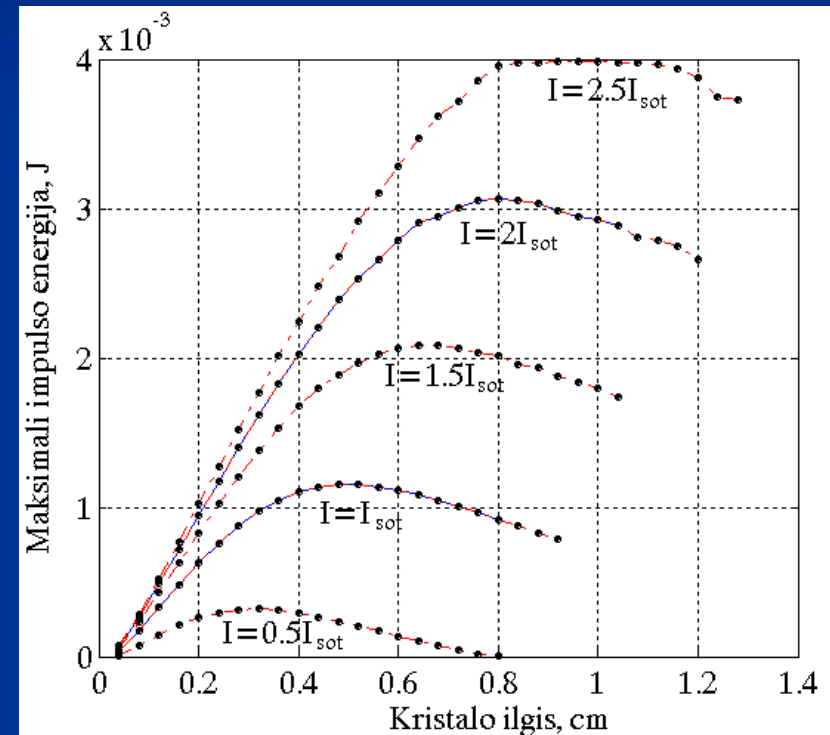


Impulso energijos priklausomybė nuo apėjimų rezonatoriuje skaičiaus 3 mm ilgio ir $1 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ koncentracijos kristalui, esant įvairiems kaupinimo intensyvumams

Optimalus ilgis ir optimali koncentracija

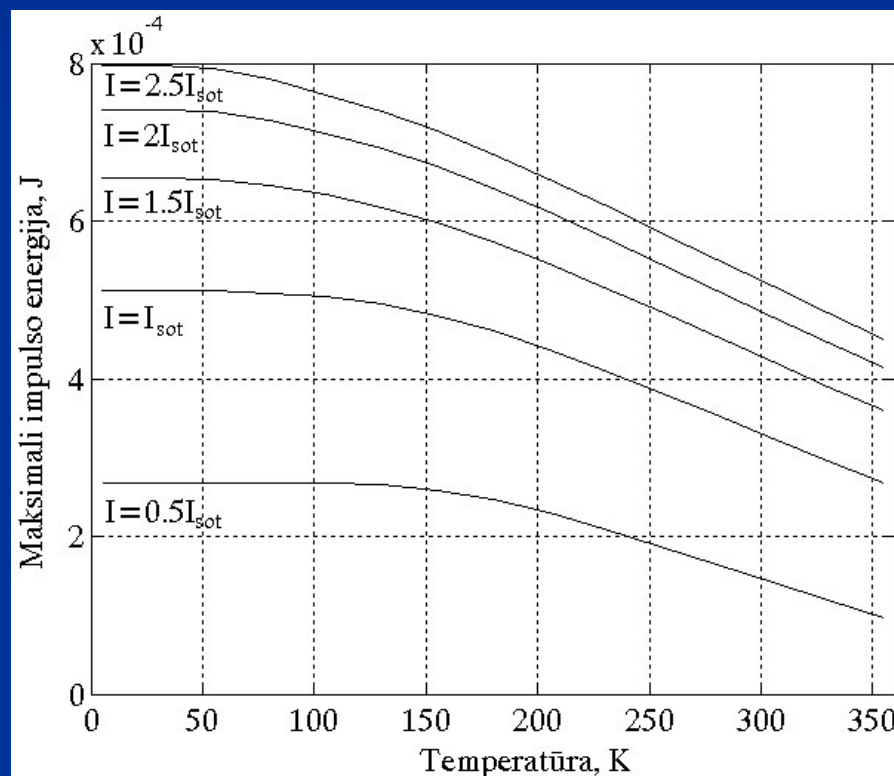


Maksimalios impulso energijos priklausomybė nuo $1 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ koncentracijos kristalo ilgio, esant įvairiems kaupinimo intensyvumams



Maksimalios impulso energijos priklausomybė nuo $2,5 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ koncentracijos kristalo ilgio, esant įvairiems kaupinimo intensyvumams

Optimali temperatūra



Maksimalios impulso energijos priklausomybė nuo temperatūros, 3 mm ilgio, $1 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ koncentracijos kristalui, esant įvairiems kaupinimo intensyvumams

Išvados

1. Esant didesniai nei 100 W/cm^2 kaupinimo intensyvumui 2 mm ilgio ir $2.5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ koncentracijos Yb:KGW kristalą naudingiau kaupinti 940 nm spinduliuote, esant mažesniai kaupinimo intensyvumui – 980 nm .
2. $2.5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ koncentracijos Yb:KGW kristalo, kaupinamo 10 W/cm^2 intensyvumu, optimalus ilgis yra 5 mm .

Ačiū už dėmesį!



GOBLINAS Inc.