

# Šviesolaidžių optika

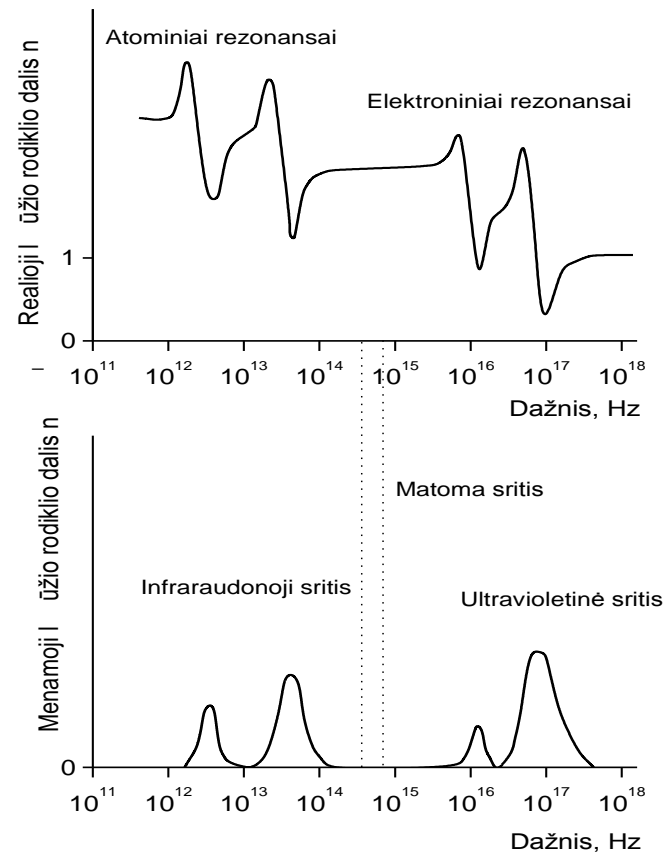
***MEDŽIAGOS DISPERSIJA  
NUOSTOLIAI ŠVIESOLAIDŽIUOSE  
ŠVIESOLAIDŽIŲ GAMYBOS TECHNOLOGIJOS***

# Šviesolaidžių optika IV

$$E(\vec{r}, t) = E_0 \exp[i(\omega t - k z)] \quad k = 2\pi/\lambda = \omega n/c$$

$$\text{Kai yra sugertis: } E_x(\vec{r}, t) = E_0 \exp(-\alpha z) \exp[i(\omega t - k z)] = E_0 \exp[i(\omega t - (k + i\alpha) z)]$$

$$n^* = n + in' = \frac{c}{\omega} (k + i\alpha) \quad n = ck/\omega \quad n' = c\alpha/\omega$$



# Šviesolaidžių optika IV

Elektriniam laukui  $E_x$   $p_x = \zeta E_x$   $\zeta$  - molekulės poliarizuojamumas.

$$P_x = N p_x = N \zeta E_x$$

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon_0 E_x + P_x}{\epsilon_0 E_x} = 1 + \frac{P_x}{\epsilon_0 E_x} \quad \text{arba} \quad \epsilon_r = 1 + \frac{N \zeta}{\epsilon_0}$$

Kietame dielektrike (įskaitant tarpmolekulinę sąveiką):  $P_x = \frac{N \zeta E_x}{1 - N \zeta / 3 \epsilon_0}$  ir  $\epsilon_r - 1 = \frac{N / \epsilon_0}{1 / \zeta - N / 3 \epsilon_0}$

Harmoninio osciliatoriaus diferencinė lygtis:  $\ddot{x} + \gamma_k \dot{x} + \omega_{0k} x = \frac{e}{m} E \exp(-i\omega t)$

Sprendinys:  $x = \frac{(eE/m) \exp(-i\omega t)}{\omega_{0k}^2 + \omega^2 - i\gamma_k \omega}$   $\omega_{0k} / 2\pi$  - rezonansinis dažnis.

Poliarizuojamumas -  $\zeta^* = \frac{P_x}{E_x} = \frac{x e}{E_x} = \frac{(e^2/m)}{\omega_{0k}^2 + \omega^2 - i\gamma_k \omega}$

Lūžio rodiklis:  $n^* = n + in'$   $(n^*)^2 = n^2 - (n')^2 - 2inn' = \epsilon_r^*$

$$n^2 \cong \text{Re}(\epsilon_r^*)$$

$$2nn' = \text{Im}(\epsilon_r^*)$$

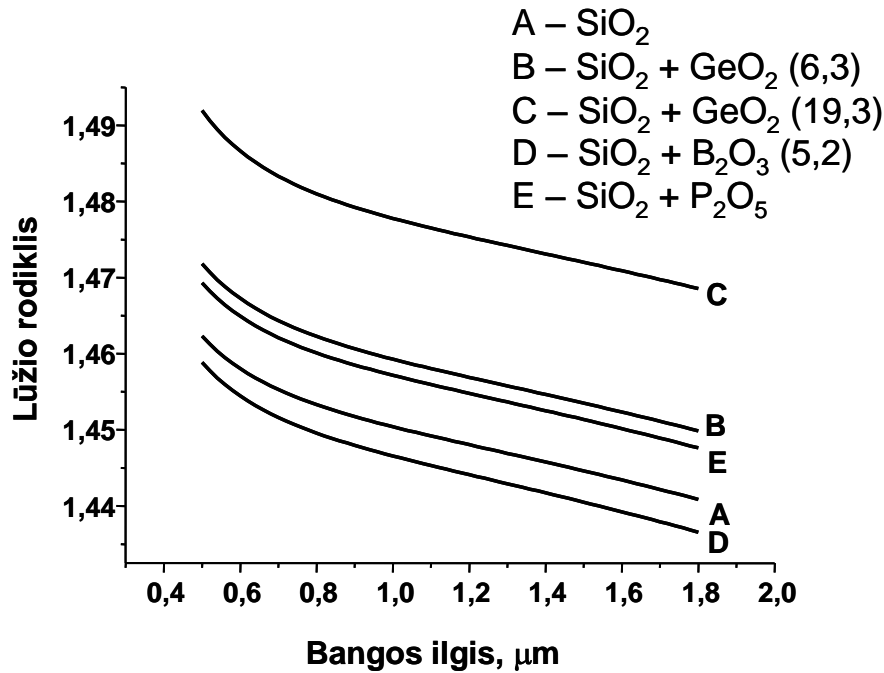
# Šviesolaidžių optika IV

Zelmejerio (*Sellmeier*) išraiška:

$$n_0^2 - 1 = \sum_k \frac{G_k \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_{1k}^2} = \sum_k \frac{g_k k}{f_{1k}^2 - f^2} \quad \text{arba} \quad n_0^2 - 1 = \frac{b_1 \lambda^2}{\lambda^2 - a_1} + \frac{b_2 \lambda^2}{\lambda^2 - a_2} + \frac{b_3 \lambda^2}{\lambda^2 - a_3}$$

Kvarciniam stiklui:

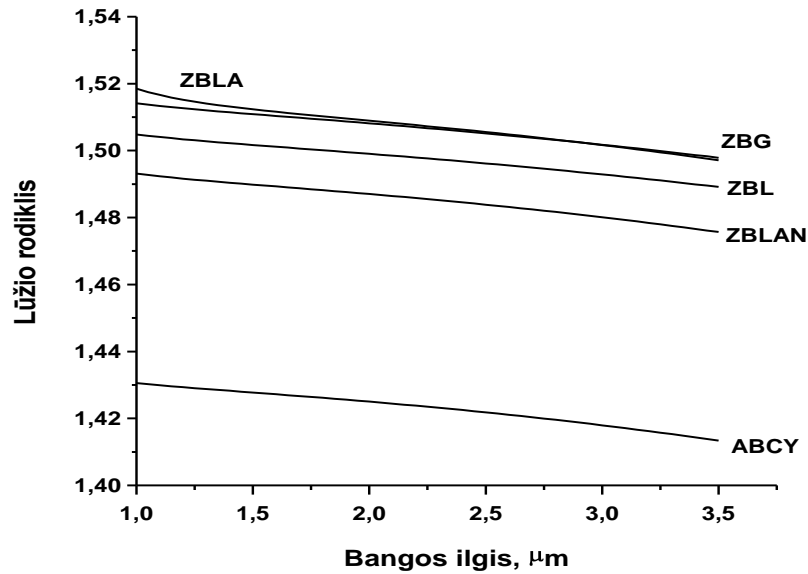
$$n(\lambda) = 1.4508554 - 0.0031268 \lambda_0^2 - 0.0031268 \lambda_0^4 + \frac{0.0030270}{\lambda_0^2 - 0.035} - \frac{0.0000779}{(\lambda_0^2 - 0.035)^2} + \frac{0.0000018}{(\lambda_0^2 - 0.035)^3}$$



		Mole %	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
A	SiO <sub>2</sub>		0.004679148	0.01351206	97.93400	0.6961663	0.4079426	0.8974794
B	SiO <sub>2</sub> +GeO <sub>2</sub>	6,3	0.007290464	0.01050294	97.93428	0.7083952	0.4203993	0.8663412
C	SiO <sub>2</sub> +GeO <sub>2</sub>	19,3	0.005847345	0.01552717	97.93484	0.7347008	0.4461191	0.8081698
D	SiO <sub>2</sub> +B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,2	0.004981838	0.01375664	97.93353	0.6910021	0.4202243	0.9439644
E	SiO <sub>2</sub> +P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10,5	0.005202431	0.01287730	97.93401	0.7058489	0.4176021	0.8952753

$$n_0^2 - 1 = \frac{b_1 \lambda^2}{\lambda^2 - a_1} + \frac{b_2 \lambda^2}{\lambda^2 - a_2} + \frac{b_3 \lambda^2}{\lambda^2 - a_3}$$

# Šviesolaidžių optika IV



	$A \times 10^6$	$B \times 10^3$	C	$D \times 10^3$	$E \times 10^6$
ABCY	7,67742	2,16195	1,42969	-1,28304	5,35487
HBL	-28,61020	3,11470	1,50294	-1,17821	2,64123
ZBG	93,67070	2,94329	1,51236	-1,25045	4,01026
ZBLA	3000,80370	4,03214	1,51272	-1,21921	-6,77630
ZBLAN	93,67070	2,94329	1,49136	-1,25045	-4,01026

$$n(\lambda_0) = A\lambda_0^{-4} + B\lambda_0^{-2} + C_0 + D\lambda_0^2 + E\lambda_0^4$$

## Nuostoliai šviesolaidžiuose

$$\alpha = \alpha_n + \alpha_{rad} = \alpha_{sug} + \alpha_{skl} + \alpha_{rad}$$

$$\alpha_{IR} = A \exp\left(-a_{IR}/\lambda\right)$$

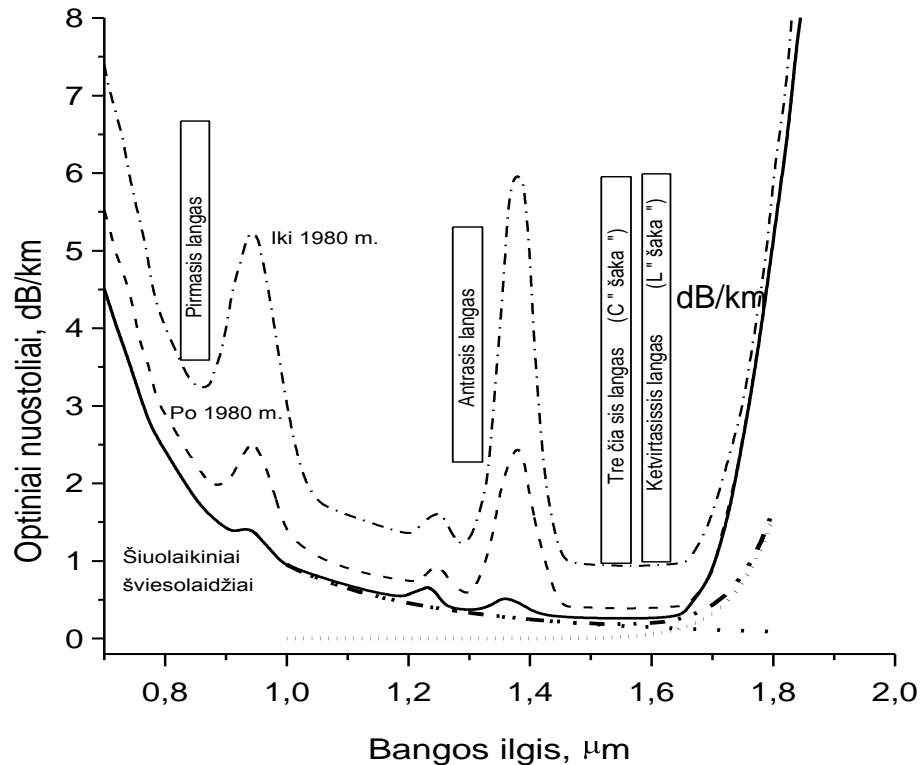
Germanosilikatiniams stiklams:

$$a_{IR} = 48.48 \mu\text{m}$$

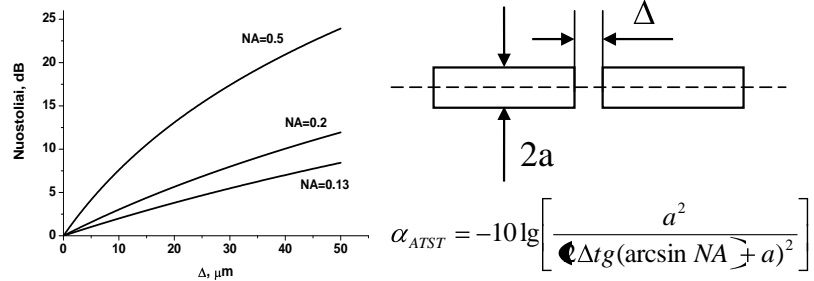
$$A = 7.81 \cdot 10^{11}$$

$$\alpha_{SKL} = B/\lambda^4$$

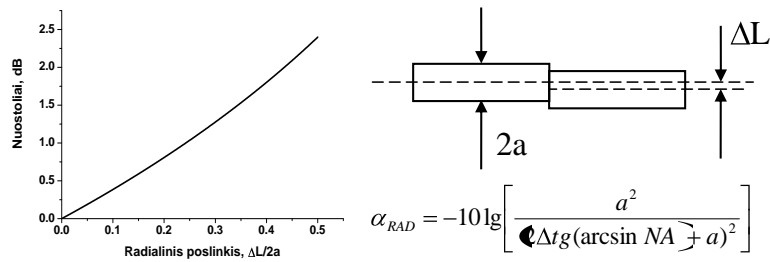
$$B = 0,65 \text{ dB}/\mu\text{m}^4$$



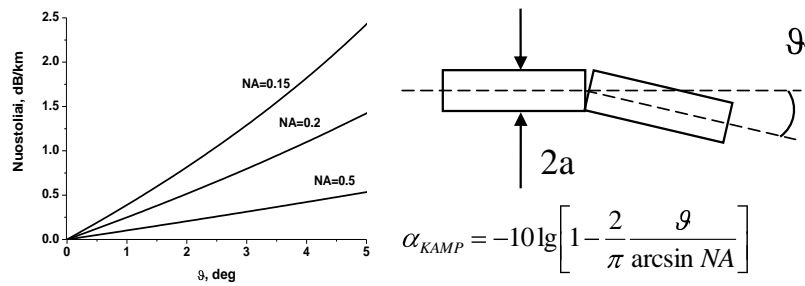
# Šviesolaidžių optika IV



3.5 pav. Nuostoliai dėl ašinio poslinkio tarp jungiamų šviesolaidžių



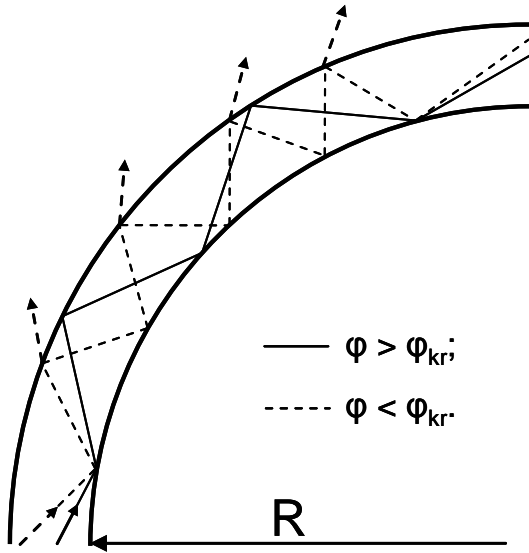
3.6 pav. Nuostoliai dėl radialinio poslinkio tarp jungiamų šviesolaidžių



3.7 pav. Nuostoliai dėl kampinio nederinimo tarp jungiamų šviesolaidžių



# Šviesolaidžių optika IV



$$a_R = C \exp\left(-R/R_{KR}\right)$$

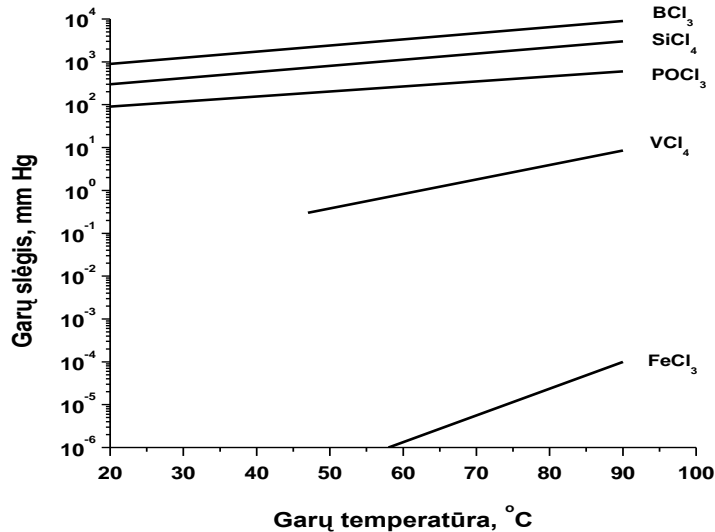
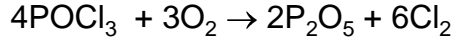
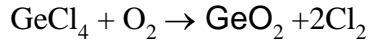
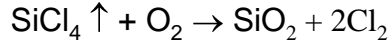
$$R_{KR} = a/NA^2$$

$$N_m = 1/2 \left( \pi d / \lambda \right) \left( n_1^2 - n_2^2 \right)$$

$$NA(R) = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \left( 1 + a/R \right)$$

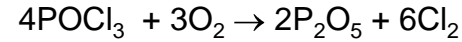
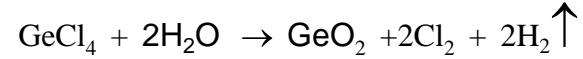
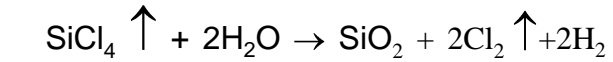
$$N(R) \cong N_m \left( 1 - 2an_2^2 / RNA^2 \right)$$

## Šviesolaidžių gamybos technologijos



Chloridų, naudojamų šviesolaidžių gamyboje, sočiųjų garų slėgio priklausomybės nuo temperatūros

~ 1300-1400° C



Medžiagų nusodinimas iš dujinės fazės  
(*CVD – chemical vapour deposition*):

MCVD – modifikuotas nusodinimas iš dujinės fazės,

PCVD - plazminis nusodinimas iš dujinės fazės,

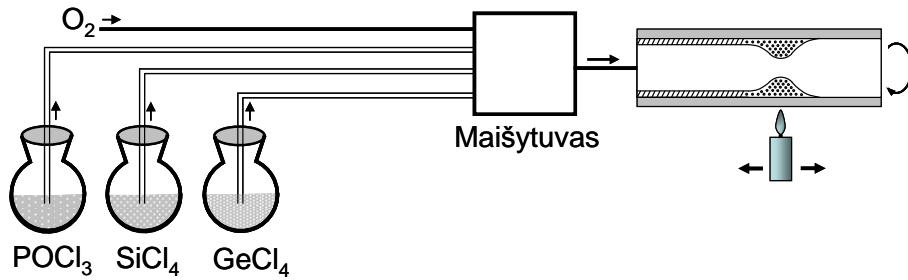
PMVCD – plazmos inicijuotas nusodinimas iš dujinės fazės,

VAD – aksialinis nusodinimas iš dujinės fazės (šis metodas yra šiandien vienintelis leidžia nenutrūkstamai gaminti šviesolaidžius ir apjungia iš karto du procesus: kartu gaminamas ruošinys iš dujinės fazės ir tempiamas šviesolaidis) ir kt.

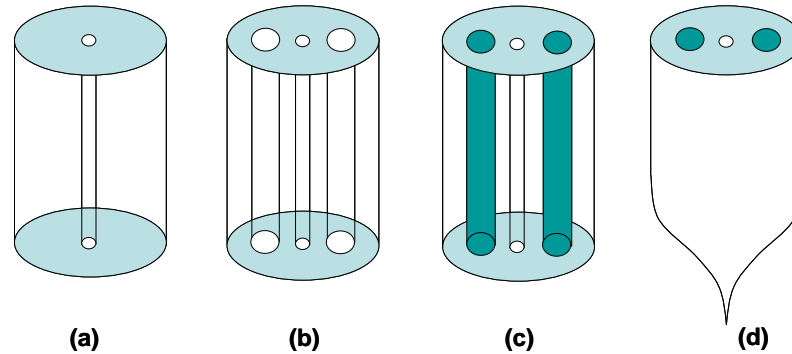
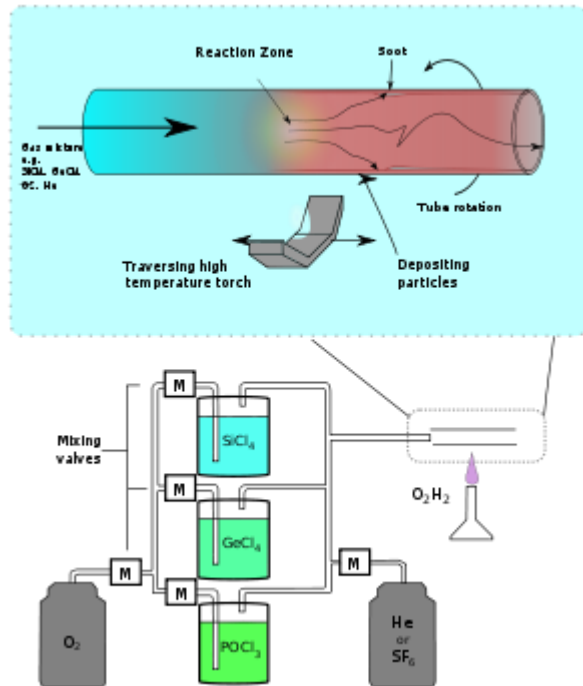
Reakcijų sparta priklauso nuo temperatūros  $c = c_0 \exp(-kT)$

$k$  – reakcijos pastovioji ) ir lygios 0,58 s<sup>-1</sup> (1300°C) bei 0,09 s<sup>-1</sup> (1400°C). Vykstant šioms reakcijoms susidaro labai smulkios SiO<sub>2</sub>, GeO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dulkės, kurių savitasis paviršiaus plotas siekia 20 m<sup>2</sup>/g.

# Šviesolaidžių optika IV

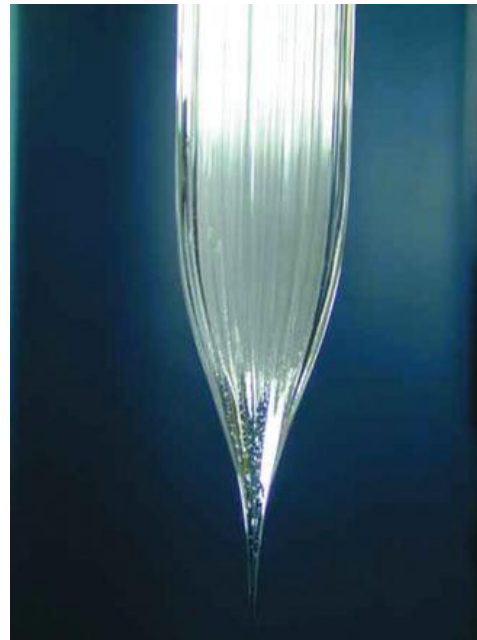
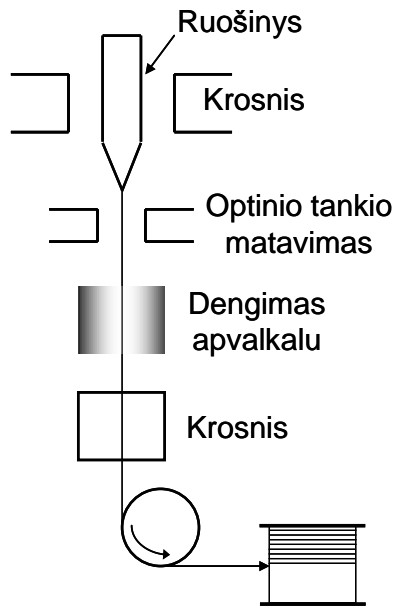


Šviesolaidžio ruošinio gamybos MCVD metodu schema



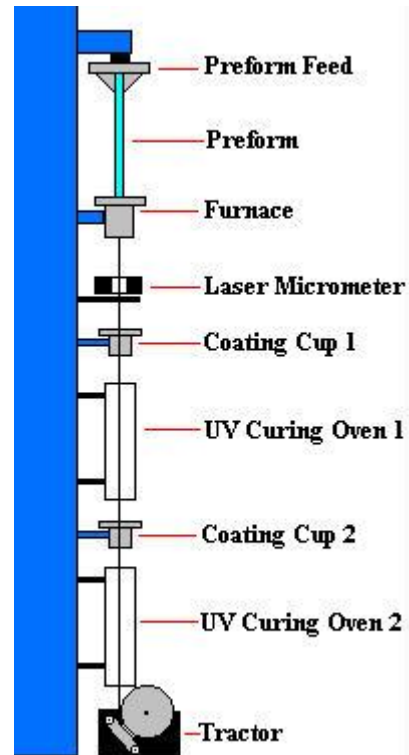
PANDA tipo šviesolaidžių ruošinių gamybos technologija

# Šviesolaidžių optika IV



Šviesolaidžio tempimo įrenginio schema

# Šviesolaidžių optika IV



# Šviesolaidžių optika IV

# Šviesolaidžių optika IV