

**Показатели качества кристаллов для
преобразования частоты.**

Параметры кристалла для преобразования частоты

Параметры:

1. Диапазон прозрачности, коэффициент поглощения
2. Наличие фазового синхронизма,
3. Тип фазового синхронизма.
4. Углы фазового синхронизма.
5. Коэффициент эффективной нелинейности.
6. Угловая ширина синхронизма.
7. Спектральная ширина синхронизма.
8. Температурная ширина синхронизма.
9. Порог разрушения.

Ограничения по ширинам синхронизма:

- | | |
|--------------------|--|
| 1. Угловая - | многомодовое излучение, малоапертурное, |
| 2. Спектральная - | импульсы фемтосекундной длительности,
перестраиваемое по длине волны излучение, |
| 3. Температурная - | большая средняя мощность излучения,
окружающая среда. |

Генерация второй гармоники

1,0642 мкм → 0,532 мкм

	Тип	θ	φ	$2\Delta\theta$	$2\Delta\varphi$	$\Delta\lambda$, нм	$2\Delta T$, °C	d , пм/В
ADP	ооо	42°14'	45°	5'22"	-	10,57	<u>1,5</u>	<u>0,39</u>
	ооо	62°23'	0°, 90°	<u>11'32"</u>	-	54,02	<u>1,8</u>	<u>0,47</u>
DKDP	ооо	36°34'	45°	6'24"	-	5,8	26,7	<u>0,25</u>
	ооо	55°38'	0°, 90°	<u>11'48"</u>	-	4,96	27,6	<u>0,40</u>
LiNbO ₃	ооо	83°3'	90°	<u>17'20"</u>	-	<u>0,32</u>	<u>1,25</u>	<u>6,24</u>
LiIO ₃	ооо	29°59'	-	2'10"	-	<u>0,64</u>	11,2	<u>3,55</u>
	ооо	44°1'	-	3'41"	-	<u>0,68</u>	8,7	≡0
BBO	ооо	22°53'	30°	2'54"	-	2,12	29,8	<u>1,7</u>
	ооо	32°33'	0°	4'30"	-	2,16	31,2	<u>1,27</u>
CLBO	ооо	29°12'	45°	5'12"	-	3,86	<u>48,7</u>	<u>0,42</u>
	ооо	42°29'	0°, 90°	8'40"	-	3,85	<u>49,8</u>	<u>0,86</u>
LBO	ssf	90°	11°36'	4°33'	22'25"	3,8	10,3	<u>0,83</u>
KTP	sff	90°	22°30'	4°30'	<u>59'11"</u>	<u>0,58</u>	23,1	<u>3,08</u>

Сравнение кристаллов

1) $\Delta\theta_1 > \Delta\theta_2$! 1-й кристалл лучше 2-го
 $d_{\text{eff},1} > d_{\text{eff},2}$

2) $\Delta\theta_1 > \Delta\theta_2$ $\Delta\theta_1 < \Delta\theta_2$?
 $d_{\text{eff},1} < d_{\text{eff},2}$ $d_{\text{eff},1} > d_{\text{eff},2}$

Кристаллы сравнивают для решения конкретной задачи!

Типовые задачи:

1. Излучение с большой расходимостью.
2. Излучение с большой шириной частотного спектра.

Показатели качества кристаллов

Приближение заданного поля, монохроматичное плосковолновое излучение

$$\eta_p = 240\pi^3 \left[\frac{d_{eff}^2}{n_2^3} \right] \frac{L_{cr}^2}{\lambda_{10}^2} I_{10} \text{sinc}^2(\Delta k L_{cr} / 2)$$

$$FOM_2 = d_{eff}^2 / n_2^3 \text{ - на единицу длины. } FOM_2 \text{ [pm}^2 / \text{V}^2]$$

Ширина синхронизма: $L_{cr} = 1 \text{ cm}$ $\Delta\theta_{phm} \text{ [mrad} \cdot \text{cm]}$ Расходимость излучения - θ_{rad}
 L_{cr} $\Delta\theta_{cr} \text{ [mrad]}$

$$\Delta\theta_{cr} = \Delta\theta_{phm} / L_{cr} = \gamma \cdot \theta_{rad} \quad \gamma > 1$$

$$L_{cr} = \Delta\theta_{phm} / \Delta\theta_{cr} = (\Delta\theta_{phm} / \Delta\theta_{rad})$$

$$\eta_p = 240\pi^3 \left[\frac{d_{eff}^2 (\Delta\theta_{phm})^2}{n_2^3} \right] \frac{1}{\lambda_{10}^2 (\gamma \cdot \theta_{rad})^2} \text{sinc}^2(\Delta k L_{cr} / 2)$$

$$FOM_{3\theta} = \frac{d_{eff}^2 (\Delta\theta_{phm})^2}{n_2^3} \text{ - на длине кристалла с заданной величиной угловой ширины ФС. } FOM_{3\theta} \text{ [pm}^2 / \text{V}^2 \cdot \text{mrad}^2]$$

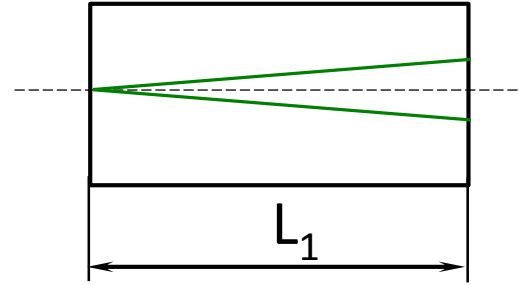
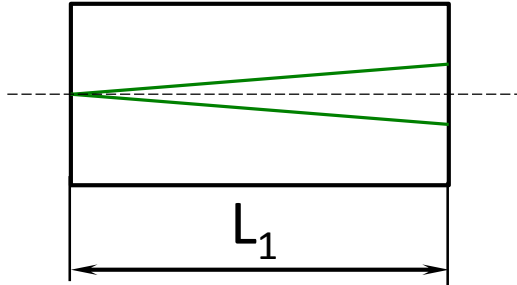
Показатели качества кристаллов – угловые ширины

$$\Delta\theta_1 < \Delta\theta_2$$

$$d_{\text{eff},1} > d_{\text{eff},2}$$

$$d_{\text{eff},1}$$

$$\Delta\theta_{\text{phm},1}$$

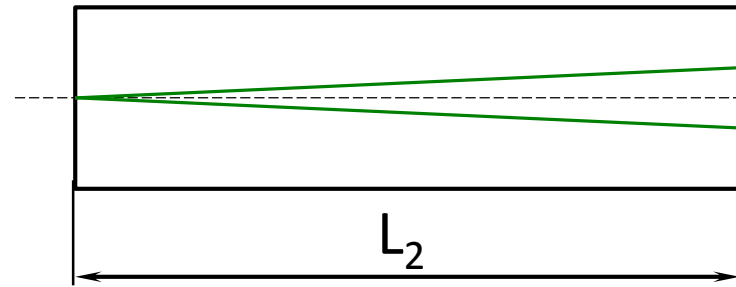
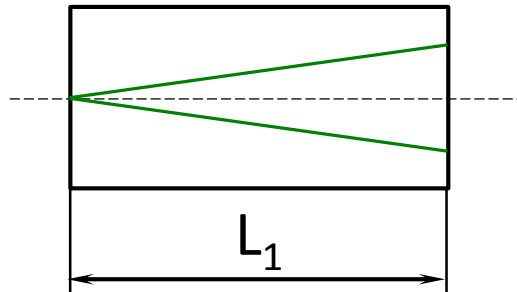


$$\Delta\theta_{\text{cr } 1}$$

$$\Delta\theta_{\text{cr } 2} = \Delta\theta_{\text{cr } 1}$$

$$d_{\text{eff},2}$$

$$\Delta\theta_{\text{phm},2}$$



$$\Delta\theta_{\text{cr } 2}$$

Эквивалентно:

$$d_{\text{eff},2} = d_{\text{eff},1} L_2/L_1 = d_{\text{eff},1} \Delta\theta_{\text{phm},2}/\Delta\theta_{\text{phm},1}$$

Показатели качества кристаллов

$$FOM_1 = d_{eff}$$

- параметр кристалла

$$FOM_1 \text{ [нм / В]}$$

$$FOM_2 = d_{eff}^2 / n_2^3$$

- на единицу длины.

$$FOM_{2\theta} \text{ [нм}^2 \text{ / В}^2 \text{]}$$

$$FOM_{3\theta} = \frac{d_{eff}^2 (2\Delta\theta_{phm})^2}{n_2^3}$$

- на длине кристалла с заданной величиной угловой ширины ФС.

$$FOM_{3\theta} \text{ [нм}^2 \text{ / В}^2 \cdot \text{мрад}^2 \text{]}$$

$$FOM_{3\lambda} = \frac{d_{eff}^2 (2\Delta\lambda_{phm})^2}{n_2^3}$$

- на длине кристалла с заданной величиной спектральной ширины ФС.

$$FOM_{3\theta} \text{ [нм}^2 \text{ / В}^2 \cdot \text{нм}^2 \text{]}$$

$$FOM_{3T} = \frac{d_{eff}^2 (2\Delta T_{phm})^2}{n_2^3}$$

- на длине кристалла с заданной величиной температурной ширины ФС.

$$FOM_{3\theta} \text{ [нм}^2 \text{ / В}^2 \cdot \text{°C}^2 \text{]}$$

Генерация второй гармоники

1,0642 мкм → 0,532 мкм

	Тип	θ	φ	$2\Delta\theta$	$2\Delta\varphi$	$\Delta\lambda$, нм	$2\Delta T$, °C	d , пм/В	$FOM_{3,\theta}$	$FOM_{3,\lambda}$	$FOM_{3,T}$
ADP	ооо	42°14'	45°	5'22"	-	10,57	1,5	0,39	1,35	41,4	0,11
	ооо	62°23'	0°, 90°	11'32"	-	54,02	1,8	0,47	9,43	207,2	0,24
DKDP	ооо	36°34'	45°	6'24"	-	5,8	26,7	0,25	0,81	0,66	14,1
	ооо	55°38'	0°, 90°	11'48"	-	4,96	27,6	0,40	6,91	1,22	37,8
LiNbO₃	ооо	83°3'	90°	17'20"	-	0,32	1,25	6,24	754,1	0,26	3,92
LiIO₃	ооо	29°59'	-	2'10"	-	0,64	11,2	3,55	8,65	0,76	231,6
	ооо	44°1'	-	3'41"	-	0,68	8,7	≡0	≡0	≡0	≡0
BBO	ооо	22°53'	30°	2'54"	-	2,12	29,8	1,7	5,36	2,86	568,4
	ооо	32°33'	0°	4'30"	-	2,16	31,2	1,27	7,49	1,72	361,4
CLBO	ооо	29°12'	45°	5'12"	-	3,86	48,7	0,42	1,45	0,8	127,3
	ооо	42°29'	0°, 90°	8'40"	-	3,85	49,8	0,86	17,49	3,42	573,8
LBO	ssf	90°	11°36'	4°33'	22'25"	3,8	10,3	0,83	83,62	2,41	13,93
KTP	sff	90°	22°30'	4°30'	59'11"	0,58	23,1	3,08	5418,2	0,52	825,7

Генерация четвертой гармоники

0,532 мкм → 0,266 мкм

	Тип	θ	φ	$2\Delta\theta$	$2\Delta\varphi$	$\Delta\lambda$, нм	$2\Delta T$, °C	d , пм/В	$FOM_{3,\theta}$	$FOM_{3,\lambda}$	$FOM_{3,T}$
ADP	ооо	78°34'	45°	5'57"	-	0,14	0,37	0,57	<u>3,22</u>	$1,7 \cdot 10^{-3}$	0,013
DKDP	ооо	84°34'	45°	12'34"	-	0,14	3,3	<u>0,42</u>	<u>8,09</u>	$1 \cdot 10^{-3}$	0,55
BBO	ооо	47°25'	30°	57"	-	0,074	5.42	<u>1,32</u>	<u>0,33</u>	$2,1 \cdot 10^{-3}$	10,9
	ооо	82°12'	0°	7'05"	-	0,086	6,54	0,03	0,01	$1,5 \cdot 10^{-6}$	0,0084
CLBO	ооо	61°27'	45°	2'27"	-	0,13	5,32	0,76	1,02	$3 \cdot 10^{-3}$	4.81

«Лукавые» цифры

$$FOM_{\lambda} = \frac{d_{eff}^2}{n_2^3 \lambda_{10}^2}$$

$\lambda=10,6$ мкм $d_{eff}=50$ пм/В $n=3$ $FOM_{\lambda}=0,0082 \cdot 10^{-12}$ [1/В²]
 $\lambda=1,06$ мкм $d_{eff}=1,0$ пм/В $n=1,6$ $FOM_{\lambda}=0,44 \cdot 10^{-12}$ [1/В²]

Показатели качества кристаллов (с порогом разрушения)

$$\eta_p = 240\pi^3 \frac{d_{eff}^2 (\Delta\theta_{phm})^2}{n_2^3} \frac{1}{\lambda_{10}^2 (\gamma \cdot \theta_{rad})^2} \frac{I_{10}}{\text{sinc}^2(\Delta k L_{cr} / 2)}$$

$$I_{10} = \mu \cdot I_{destr} \quad \mu < 1$$

$$\eta_p = 240\pi^3 \left[\frac{d_{eff}^2 (\Delta\theta_{phm})^2}{n_2^3} I_{destr} \right] \frac{1}{\lambda_{10}^2 (\gamma \cdot \theta_{rad})^2} \text{sinc}^2(\Delta k L_{cr} / 2)$$

$$FOM_{4\theta-I} = \frac{d_{eff}^2 (\Delta\theta_{phm})^2}{n_2^3} I_{destr}$$

$$FOM_{3\theta-I} \text{ [мрад}^2 / \text{м}^2 / \text{Ом]}$$

λ , мкм	τ , нс	ADP	DKDP	LBO	KTP	LiNbO ₃	BBO	CLBO
0,355	10	1,0	2,0	0,1	-	-	0,15	17-19
0,532	10	0,75 – 6,0	17,0	0,22	0,1-2,0	0,15	2,3	0,15
1,0642	10	4,5	1,5	1,0	0,9-3,5	0,15	4,5	0,35