



## DESCRIPTION

KNbO<sub>3</sub> Kristall ist eine Sauerstoff-Oktaeder Ferroelektrik mit perovskitter Struktur. Aufgrund seines großen nichtlinearen optischen Koeffizienten ( $d_{31} = 15,8 \text{ pm / V}$ ;  $d_{32} = 18,3 \text{ pm / V}$ ), seines breiten Transparenzbereichs (0,4 bis 5 mm) und seiner Freiheit von photorefraktiven Effekten ist es ein guter Kandidat für die nichtlineare Frequenzumwandlung unter Verwendung von QPM. KNbO<sub>3</sub>-Kristalle haben einen durchschnittlichen Brechungsindex von 2,2. Der theoretische Wert des normalen einfallenden Reflexionsvermögens beträgt 14% und die theoretische Durchlässigkeit mehr als 80%. Aufgrund seiner hohen (nichtlinearen) Koeffizienten zweiter Ordnung und günstiger Phasenanpassungseigenschaften ist KNbO<sub>3</sub> das Material der Wahl zur Verdoppelung von Laserdioden mit geringer Leistung im Wellenlängenbereich nahe 860 nm. Ti: Saphir-Laser im Bereich von 850 bis 1000 nm, und Nd: YAG-Laser bei 1064 nm. Darüber hinaus kann KNbO<sub>3</sub> für die optische parametrische Schwingung verwendet werden, wenn es von Nd: YAG-Lasern entweder mit der Grundwellenlänge oder der Wellenlänge der zweiten Harmonischen gepumpt wird, wodurch im Spektralbereich im nahen IR zwischen 0,7 und 3  $\mu\text{m}$  abstimmbare Strahlung erzeugt wird.

Der Festkörper-Blaugrünlaser weist eine stabile Leistung, eine kompakte Struktur und Integrierbarkeit auf, was ihm eine gute Anwendungsperspektive für optische Speicher, optische Kommunikation und medizinische Laserinstrumente usw. bietet. Derzeit ist er ein Forschungs-Hotspot auf der Welt. Ein praktikabler Weg, um dieses Ziel zu erreichen, besteht darin, blaues und grünes Licht zu erzeugen, das von einer Halbleiter-Frequenzverdopplung im nahen Infrarot ausgegeben wird. Derzeit ist der Kristall, der die Halbleiterfrequenz im nahen Infrarotlaser oktavierern kann, Kaliumniobat (KNbO<sub>3</sub>). KNbO<sub>3</sub> ist ein interessantes nichtlineares Material für optische und elektrooptische Anwendungen. Die Erzeugung der zweiten Harmonischen, das Mischen der Summenfrequenz und die optische parametrische Schwingung sind wichtige Prozesse zur Umwandlung verfügbarer Laserwellenlängen in den blaugrünen und den nahen IR-Spektralbereich..

## FEATURES

- Große nichtlineare optische Koeffizienten
- Hohe Stabilität bei Lichteinstrahlung
- Hoher nichtlinearer optischer Koeffizient
- Hervorragende Lichtbrechungseigenschaften
- Günstige Phasenanpassungseigenschaften

## ANWENDUNG

- Elektrooptik und nichtlineare Optik
- Photorefraktive Anwendungen mit Laserdioden
- Dynamische Holographie und optische Phasenkonjugation im nahen Infrarot
- Optische Wellenleiter
- Optische Erzeugung der zweiten Harmonischen (SHG)
- Frequenzverdoppler

## PARAMETERS

### Chemische und physikalische Eigenschaften

Chemische Formel	KNbO <sub>3</sub>
Kristallstruktur	Orthorhombisch, mm <sup>2</sup>
Gitterparameter	a = 5.6896Å, b = 3.9692Å, c = 5.7256Å
Massendichte	4.617 g/cm <sup>3</sup>
Schmelzpunkt	1333 K
Curie-Temperatur	498 K
Zuordnung von dielektrischen und kristallographischen Achsen	X, Y, Z ⇒ b, a, c
Spezifische Wärmekapazität c <sub>p</sub> bei P = 0,101325 MPa	c <sub>p</sub> = 767 J/kgK
Wärmeleitfähigkeitskoeffizient	κ > 3.5 W/mK
Wärmeausdehnung	a <sub>s</sub> =5.010×10 <sup>-6</sup> /C°; a <sub>b</sub> =1.410×10 <sup>-5</sup> /C°; a <sub>c</sub> =5.010×10 <sup>-7</sup> /C°

### Lineare optische Eigenschaften

Eigenschaft	Wert
Transparenzbereich	400-5500 nm
IR-Grenzwellenlänge	5.5 μm
Absorptionsverlust	<=1%/cm bei 1064 nm
	<= 4 J / cm <sup>2</sup> bei 527 nm (500 ps, Einzelpuls)
Schadensschwelle	<= 6 J / cm <sup>2</sup> bei 1054 nm (700 ps, Einzelpuls)



## Nichtlineare optische Eigenschaften

Eigenschaft	Wert
Nichtlinearer optischer Koeffizient	$d_{31} = -15,8 \text{ pm / V}$ , $d_{32} = -18,3 \text{ pm / V}$ bei 1064 nm
Die kürzeste SHG-Wellenlänge	425 nm (Typ NCPM, y-Schnitt oder a-Schnitt)
Akzeptanzwinkel für Typ I SHG von 1064 nm	$Dq = 0,24 \text{ mrad / cm}$ (intern)
Akzeptanztemperatur für Typ I SHG von 1064 nm	$DT=0.3 \text{ °C/cm}$

## Linearer Absorptionskoeffizient

$\lambda$ [ $\mu\text{m}$ ]	$\alpha$ [ $\text{cm}^{-1}$ ]	Hinweis
0.423	$0.13 \pm 0.02$	entlang a-Achse E    c
0.458–0.515	0.04–0.07	
0.8–1.1	0.001–0.003	
0.82	0.015	
0.846	$0.000034 \pm 0.000022$	entlang a-Achse E    b
1.0642	0.0018–0.0025	entlang b-Achse
3	0.05	entlang c-Achse
	0.03	entlang a-Achse
3.5	0.05	entlang c-Achse
	0.02	entlang a-Achse
4	0.08	entlang c-Achse
	0.08	entlang a-Achse
4.5	0.27	entlang c-Achse
	0.45	entlang a-Achse
5	1.21	entlang c-Achse
	1.85	entlang a-Achse
5.5	7.6	entlang c-Achse
	4.9	entlang a-Achse

## Linearer Absorptionskoeffizient

$\lambda$ [ $\mu\text{m}$ ]	$\tau_p$ [ns]	$\beta \times 10^{11}$ [cm/W]
0.846	CW	$320 \pm 50$

## Experimental values of refractive indices at T = 295K

$\lambda$ [ $\mu\text{m}$ ]	$n_x$	$n_y$	$n_z$
0.43	2.4974	2.4145	2.2771
0.488	2.4187	2.3527	2.2274
0.514	2.3951	2.3337	2.2121
0.633	2.3296	2.2801	2.1687
0.86	2.2784	2.2372	2.1338
1.064	2.2576	2.2195	2.1194
1.5	2.2341	2.1992	2.1029
2	2.2159	2.1832	2.0899
2.5	2.1981	2.1674	2.0771
3	2.1785	2.1498	2.063

## Nichtlinearer Brechungsindex $\gamma$

$\lambda$ [ $\mu\text{m}$ ]	$\gamma \times 10^{15}$ [ $\text{cm}^2/\text{W}$ ]	Hinweis
0.85	$1.87 \pm 0.35$	entlang Y

## Effektiver nichtlinearer Koeffizient zweiter Ordnung

XY-Ebene	$d_{\text{eff}} = d_{32} \sin^2 \varphi + d_{31} \cos^2 \varphi$
YZ-Ebene	$d_{\text{eff}} = d_{32} \sin \theta$
XZ-Ebene, $\theta < V_z$	$d_{\text{eff}} = d_{\text{eff}} = d_{31} \sin \theta$
XZ-Ebene, $\theta > V_z$	$d_{\text{eff}} = d_{31} \sin \theta$

## Absolute values of second-order nonlinear coefficients

$ d_{32}(0.852 \mu\text{m})  = 11.0 \pm 0.6 \text{ pm/V}$
$ d_{33}(0.852 \mu\text{m})  = 22.3 \pm 1.1 \text{ pm/V}$
$ d_{24}(1.064 \mu\text{m})  = 12.5 \pm 0.6 \text{ pm/V}$
$ d_{32}(1.064 \mu\text{m})  = 10.8 \pm 0.6 \text{ pm/V}$
$ d_{33}(1.064 \mu\text{m})  = 19.6 \pm 1.0 \text{ pm/V}$
$ d_{32}(1.313 \mu\text{m})  = 9.2 \pm 0.5 \text{ pm/V}$
$ d_{33}(1.313 \mu\text{m})  = 16.1 \pm 0.8 \text{ pm/V}$

## Relative Werte nichtlinearer Koeffizienten zweiter Ordnung

$$|d_{15}(1.064 \mu\text{m})| = (41.2 \pm 0.8) \times d_{11}(\text{SiO}_2) = 12.4 \pm 0.2 \text{ pm/V}$$

$$|d_{24}(1.064 \mu\text{m})| = (42.8 \pm 0.8) \times d_{11}(\text{SiO}_2) = 12.8 \pm 0.2 \text{ pm/V}$$

$$|d_{31}(1.064 \mu\text{m})| = (39.5 \pm 0.6) \times d_{11}(\text{SiO}_2) = 11.9 \pm 0.2 \text{ pm/V}$$

$$|d_{32}(1.064 \mu\text{m})| = (45.7 \pm 0.6) \times d_{11}(\text{SiO}_2) = 13.7 \pm 0.2 \text{ pm/V}$$

$$|d_{33}(1.064 \mu\text{m})| = (68.5 \pm 0.6) \times d_{11}(\text{SiO}_2) = 20.6 \pm 0.2 \text{ pm/V}$$

## Experimental values of phase-matching angle (T = 293 K)

Wechselwirkende Wellenlängen [ $\mu\text{m}$ ]	$\varphi_{\text{exp}}$ [deg]	$\theta_{\text{exp}}$ [deg]
<b>XY-Ebene, <math>\theta = 90^\circ</math></b>		
<b>SHG, <math>e + e \Rightarrow o</math></b>		
0.946 $\Rightarrow$ 0.473	$\approx 30$	
4.7599 $\Rightarrow$ 2.37995	69.9	
<b>YZ-Ebene, <math>\varphi = 90^\circ</math></b>		
<b>SHG, <math>o + o \Rightarrow e</math></b>		
0.86 $\Rightarrow$ 0.43		83.5
0.89 $\Rightarrow$ 0.445		70.7
0.92 $\Rightarrow$ 0.46		64
0.94 $\Rightarrow$ 0.47		60.5
1.0642 $\Rightarrow$ 0.5321		46.4
1.3188 $\Rightarrow$ 0.6594		30.6
1.3382 $\Rightarrow$ 0.6691		29.7
3.5303 $\Rightarrow$ 1.76515		37.3
4.7291 $\Rightarrow$ 2.36455		77.3
<b>SFG, <math>o + o \Rightarrow e</math></b>		
1.3188 + 0.6594 $\Rightarrow$ 0.4396		62.3
1.3188 + 1.0642 $\Rightarrow$ 0.5889		37.7
4.7762 + 3.1841 $\Rightarrow$ 1.9105		46.6
5.2955 + 3.5303 $\Rightarrow$ 2.1182		59.5
<b>XZ-Ebene, <math>\varphi = 0^\circ</math>, <math>\theta &gt; V_z</math></b>		
<b>SHG, <math>o + o \Rightarrow e</math></b>		
1.0642 $\Rightarrow$ 0.5321		70.4
1.3188 $\Rightarrow$ 0.6594		56.8
1.3382 $\Rightarrow$ 0.6691		56.2
3.5303 $\Rightarrow$ 1.76515		58.8
<b>SFG, <math>o + o \Rightarrow e</math></b>		
1.3188 + 1.0642 $\Rightarrow$ 0.5889		62.6
5.2955 + 3.5303 $\Rightarrow$ 2.1182		86.1



## Experimentelle Werte der NCPM-Temperatur

Wechselwirkende Wellenlängen [ $\mu\text{m}$ ]	T [-C]
<b>entlang der X-Achse</b>	
<b>SHG, Typ I</b>	
0.972 $\Rightarrow$ 0.486	-20
0.982 $\Rightarrow$ 0.491	18.7
0.986 $\Rightarrow$ 0.493	20
0.988 $\Rightarrow$ 0.494	20
1.047 $\Rightarrow$ 0.5235	162
1.0642 $\Rightarrow$ 0.5321	178
<b>entlang der Y-Achse</b>	
<b>SHG, Typ I</b>	
0.8385 $\Rightarrow$ 0.41925	-34.2
0.8406 $\Rightarrow$ 0.4203	-28.3
0.842 $\Rightarrow$ 0.421	-22.8
0.846 $\Rightarrow$ 0.423	-11.5
0.856 $\Rightarrow$ 0.428	15
0.857 $\Rightarrow$ 0.4285	20
0.8593 $\Rightarrow$ 0.42965	20
0.86 $\Rightarrow$ 0.43	22
0.8615 $\Rightarrow$ 0.43075	30
0.862 $\Rightarrow$ 0.431	34
0.879 $\Rightarrow$ 0.4395	70
0.9289 $\Rightarrow$ 0.46445	158
0.95 $\Rightarrow$ 0.475	180
<b>SFG, Typ I</b>	
0.6764 + 1.0642 $\Rightarrow$ 0.41355	-4
0.6943 + 1.0642 $\Rightarrow$ 0.42017	27.2

## Experimentelle Werte der internen Winkelbandbreite

Wechselwirkende Wellenlängen [ $\mu\text{m}$ ]	T [ $^{\circ}\text{C}$ ]	$\theta_{\text{pm}}$ [deg]	$\Delta\theta^{\text{int}}$ [deg]	$\Delta\varphi^{\text{int}}$ [deg]
XZ-Ebene, $\varphi = 0^{\circ}$				
SHG, $o + o \Rightarrow e$				
1.0642 $\Rightarrow$ 0.5321	20	71	0.013–0.014	
entlang der Y-Achse				
SHG, Typ I				
0.857 $\Rightarrow$ 0.4285	20	90	0.659	1.117

## Experimentelle Werte der Temperaturbandbreite

Wechselwirkende Wellenlängen [ $\mu\text{m}$ ]	T [ $^{\circ}\text{C}$ ]	$\theta_{\text{pm}}$ [deg]	$\Delta T$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]
entlang der X-Achse			
SHG, Typ I			
0.982 $\Rightarrow$ 0.491	18.7	90	0.95
1.0642 $\Rightarrow$ 0.5321	181	90	0.27–0.32
entlang der Y-Achse			
SHG, Typ I			
0.8385 $\Rightarrow$ 0.41925	-34.2	90	0.27
0.842 $\Rightarrow$ 0.421	-22.8	90	0.3
0.855 $\Rightarrow$ 0.4275	26.4	90	0.265
0.92 $\Rightarrow$ 0.46	163.5	90	0.285
SFG, Typ I			
0.6764 + 1.0642 $\Rightarrow$ 0.41355	-4	90	0.35

## Experimentelle Werte der Temperaturbandbreite bei T = 295 K

Wechselwirkende Wellenlängen [ $\mu\text{m}$ ]	$\theta_{\text{exp}}$ [deg]	$\Delta T$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]
YZ-Ebene, $\varphi = 90^{\circ}$		
SHG, $o + o \Rightarrow e$		
1.0642 $\Rightarrow$ 0.5321	46.4	0.39
1.3382 $\Rightarrow$ 0.6691	29.7	0.59
3.5303 $\Rightarrow$ 1.76515	37.1	2.3
SFG, $o + o \Rightarrow e$		
5.2955 + 3.5303 $\Rightarrow$ 2.1182	59.5	2.4
XZ-Ebene, $\varphi = 0^{\circ}$ , $\theta > \vartheta_z$		
SHG, $o + o \Rightarrow e$		
1.0642 $\Rightarrow$ 0.5321	71.4	0.77
1.3382 $\Rightarrow$ 0.6691	56.2	2.2
3.5303 $\Rightarrow$ 1.76515	58.1	10.1

## Temperaturabstimmung von unkritischem SHG ( $\lambda_1$ in $\mu\text{m}$ , T in $^\circ\text{C}$ .)

entlang der X-Achse	$\lambda_1 = 0.97604 + 2.53 \times 10^{-4} T + 1.146 \times 10^{-6} T^2$
entlang der Y-Achse	$\lambda_1 = 0.85040 + 2.94 \times 10^{-4} T + 1.234 \times 10^{-6} T^2$

## Temperaturschwankung der Doppelbrechung für unkritische SHG-Prozesse

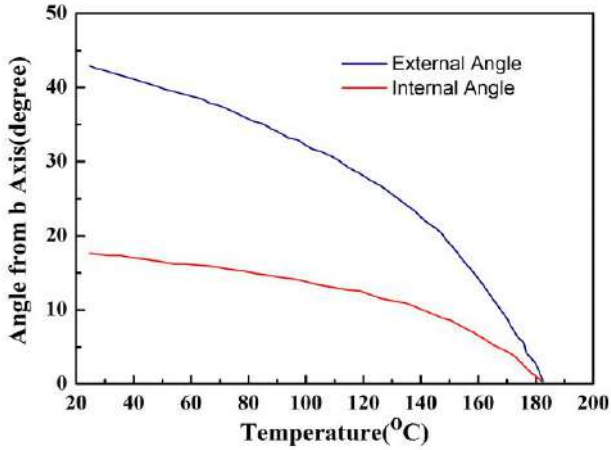
entlang der X-Achse (1.0642 $\mu\text{m}$ $\Rightarrow$ 0.5321 $\mu\text{m}$ )	$1.10 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$
entlang der Y-Achse (0.92 $\mu\text{m}$ $\Rightarrow$ 0.46 $\mu\text{m}$ )	$1.43 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$

## Laserinduzierte Oberflächenschadensschwelle

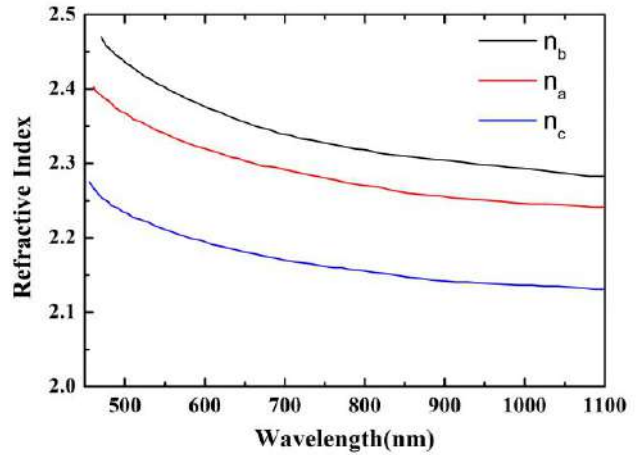
$\lambda$ [ $\mu\text{m}$ ]	$\tau_p$ [ns]	$I_{\text{thr}}$ [GW/cm <sup>2</sup> ]	Hinweis
0.527	0.5	8.8–9.4	entlang der b-Achse, E  c
		12–15	entlang der b-Achse, E $\perp$ c
0.5321	25	0.15–0.18	
	10	0.055	
0.8	0.0002	>200	1 kHz
1.047	11	>0.03	4 kHz, 2000 Stunden
1.054	0.7	11	entlang der a-Achse, E $\perp$ c
		18	entlang der b-Achse, E $\perp$ c
		37	entlang der b-Achse, E  c
1.0642	25	0.15–0.18	
	0.1	>100	



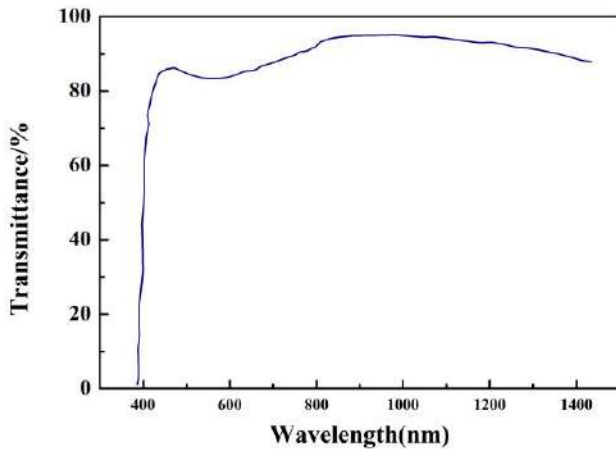
## Spektren



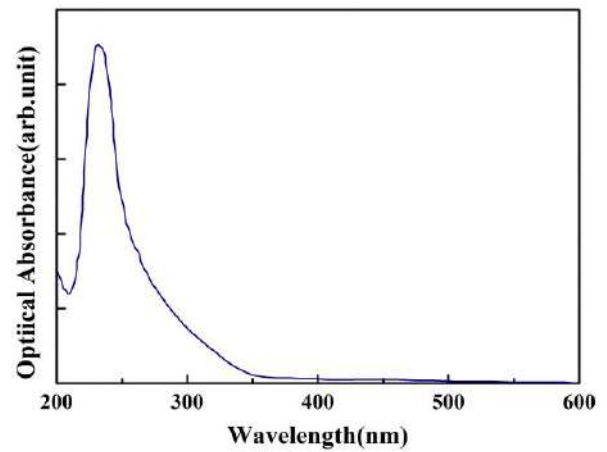
KNbO<sub>3</sub>-Temperaturänderung des Phasenanpassungswinkels



KNbO<sub>3</sub>-Dispersion des Brechungsindex bei Raumtemperatur



KNbO<sub>3</sub>-Transmissionsspektrum



KNbO<sub>3</sub>-optische Absorption