

DESCRIPTION

ZnGeP₂ (Zink-Germaniumphosphid) -Kristall hat viele gute Eigenschaften und ist ein nichtlinearer Kristall im mittleren IR. Die nichtlineare Suszeptibilität von ZnGeP₂ (ZGP) -Kristallen ist ungefähr 160-mal so groß ($d_{36} \sim 75 \text{ pm} / \text{V}$) wie KDP. ZGP zeigt eine gute optische Transparenz über 0,74–12 mm und eine relativ hohe Laserschadensschwelle und ist daher gut geeignet für Herstellung eines abstimmbaren Lasers im nahen Infrarot. ZGP ist ein sehr hoffnungsvolles Material für Geräte im mittleren Infrarot wie SHG, SFG, OPO und OPG / OPA.



PARAMETER

PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE EIGENSCHAFTEN

Eigenschaft	Wert
Chemische Formel	ZnGeP ₂
Kristall Struktur	trigonal, 42m
Gitter Parameter	a=b=5.467Å, c=12.736Å
Massen Dichte	4.16 g/cm ³
Härte (Mohs)	5,5
Schmelz Punkt	quasi 1040°C
Wärme Leitfähigkeit	180 W/m/K
Wärme Ausdehnungs Koeffizient	$\beta_{\parallel}, 5 \times 10^{-6}/K$; $\beta_{\perp}, 7.8 \times 10^{-6}/K$
Doppelbrechung	positiv einachsig

LINEARE OPTISCHE EIGENSCHAFTEN

Eigenschaft	Wert
Transparenzbe Reich	0.74 – 12 μm
Absorptions Koeffizient	$\alpha < 0.05 \text{ cm}^{-1}$ @2050-2100 nm
Brechungs Indizes	
@ 2.05 μm	$n_o = 3.1478, n_e = 3.1891$
@ 2.79 μm	$n_o = 3.1333, n_e = 3.1744$
@ 5.30 μm	$n_o = 3.1136, n_e = 3.1547$
@ 10.6 μm	$n_o = 3.0729, n_e = 3.1143$
Sellmeier-Gleichungen (λ in μm)	$n_o^2(\lambda) = 4.64467 + 5.10087/(\lambda^2 - 0.13656) + 4.27777\lambda^2/(\lambda^2 - 1653.89)$ $n_e^2(\lambda) = 4.71539 + 5.26358/(\lambda^2 - 0.14386) + 2.37310\lambda^2/(\lambda^2 - 1000.82)$



NICHTLINEARE OPTISCHE EIGENSCHAFTEN

Eigenschaft	Wert
SHG-Phase Nanpassungsbe Reich	3177 \times 0357nm (Typ I)
NLO-Koeffizienten	$d_{36}=75 \pm 8$ pm/V
	Typ I $d_{eoo}=d_{36}\sin 2\theta\cos 2\varphi$
	Typ II $d_{oeo}=d_{eoo}=d_{36}\sin\theta\sin 2\varphi$
Schadensschwelle	
Bei 2,79 μm	30 GW/cm ² (150 ps)
Bei 10,6 μm	1 GW/cm ² (2 ns)

LINEARER ABSORPTIONS KOEFFIZIENT

λ [μm]	α [cm ⁻¹]	Hinweis
1.064	1.52	
	1.06	beste Kristalle
1.9	0.8–0.95	
2	0.15	O-Welle, beste Kristalle
	0.16	
	0.35	
	0.26	O-Welle
2.05	0.23	
	0.2	O-Welle nach dem Tempern
	<0.1	beste Kristalle
	0.09	beste Kristalle
2.08	0.02–0.04	nach dem Tempern und der Strahlungsverarbeitung
	0.62	O-Welle, Mittelwert
	1.2	E-Welle, Mittelwert
2.15	0.6	
	0.09–0.25	typische Kristalle, O-Welle
	0.03	beste Kristalle, O-Welle
2.39	0.55	
2.5	0.11	O-Wellen-Kristalle im Wachstum
2.5–8	<0.1	
2.5–8.3	<0.2	



2.5–8.5	<0.1	
2.73	0.03	
2.75	0.3	
2.79	0.06	
2.8	0.01	beste Kristalle, O-Welle
2.8–8.3	<0.1	
	0.005–0.15	
3–8	<0.1	
	<0.01	
3.15	0.17	
3.5–3.9	0.41	O-Welle, SFG-Richtung
3.5	0.4	
3.8	0.1–0.18	
3.9–4.5	0.1	
4–8.5	<0.05	
4.5–8	0.03	beste Proben
	0.4	
4.65	0.1–0.2	
	0.01–0.05	SHG Richtung
4.78	<0.055	
	0.16	
5.3–6.1	0.32	E-Welle, SFG-Richtung
5.5–6.3	0.1	
7.8	0.15	
8.24	0.02	
8.3	0.45	
8.3–9.5	<0.3	
9	0.9	
9.2	0.51	
9.28	0.4	
	0.8	
9.3	0.7	SHG Richtung
	0.4–0.5	
	0.48	E-Welle
9.5	0.39	E-Welle
	0.26	SHG Richtung
9.55	0.56	



9.6	0.33	
9.7	0.33	E-Welle
10	0.45	
10.3	0.42	
10.4	0.6	
	0.9	
10.6	0.83	E-Welle, SFG-Richtung
	0.65	
10.7	0.88	E-Welle
11.1	1.2	

EXPERIMENTELLE WERTE VON BRECHUNGS INDIZES

λ [μm]	n_o	n_e	λ [μm]	n_o	n_e
0.64	3.5052	3.5802	3.4	3.1263	3.1647
0.66	3.4756	3.5467	3.6	3.1257	3.1632
0.68	3.4477	3.516	3.8	3.1237	3.1616
0.7	3.4233	3.4885	4	3.1223	3.1608
0.75	3.373	3.4324	4.2	3.1209	3.1595
0.8	0.8	3.3915	4.5	3.1186	3.1561
0.85	3.3063	3.3593	4.7	3.1174	3.1549
0.9	3.283	3.3336	5	3.1149	3.1533
0.95	3.2638	3.3124	5.5	3.1131	3.1518
1	3.2478	3.2954	6	3.1101	3.148
1.1	3.2232	3.2688	6.5	3.1057	3.1445
1.2	3.2054	3.2493	7	3.104	3.142
1.3	3.1924	3.2346	7.5	3.0994	3.1378
1.4	3.182	3.2244	8	3.0961	3.135
1.6	3.1666	3.2077	8.5	3.0919	3.1311
1.8	3.1562	3.1965	9	3.088	3.1272
2	3.149	3.1889	9.5	3.0836	3.1231
2.2	3.1433	3.1829	3.1829	3.0788	3.1183
2.4	3.1388	3.178	10.5	3.0738	3.1137
2.6	3.1357	3.1745	11	3.0689	3.1087
3	3.1304	3.1693	12	3.0552	3.0949
3.2	3.1284	3.1671			



EXPERIMENTELLE WERTE DES PHASENANPASSUNGS WINKELS (T = 293K)

Wechselwirkende Wellenlängen [μm]	θ_{exp} [deg]
SHG, e+e \Rightarrow o	
3.9278 \Rightarrow 1.9639	57.8 \pm 0.3
4.34 \Rightarrow 2.17	55.8 \pm 0.2
4.64 \Rightarrow 2.32	47.5
4.775 \Rightarrow 2.3875	49.2
5.2955 \Rightarrow 2.64775	46.8
9.2 \Rightarrow 4.6	63.8
9.3054 \Rightarrow 4.6527	61.3/63/64
9.5 \Rightarrow 4.75	62.1/66.8
9.5524 \Rightarrow 4.7762	65.3
9.6036 \Rightarrow 4.8018	64.9/65.8
10.2 \Rightarrow 5.1	72
10.3035 \Rightarrow 5.15175	74.3/74.5
10.5514 \Rightarrow 5.2757	79.2
10.5910 \Rightarrow 5.2955	80.1
SFG, e+e \Rightarrow o	
10.668+4.34 \Rightarrow 3.085	54.3 \pm 0.2
10.5910+5.2955 \Rightarrow 3.53033	52.1
10.5910+3.53033 \Rightarrow 2.64775	48.4
9.74+4.2039 \Rightarrow 2.9365	49.6
5.2955+3.53033 \Rightarrow 2.1182	51.7
SFG, o+e \Rightarrow o	
6.74+5.2036 \Rightarrow 2.9365	76
6.45+5.3908 \Rightarrow 2.9365	79.2
6.25+5.5389 \Rightarrow 2.9365	84
6.15+5.6199 \Rightarrow 2.9365	85.5
6.29+5.0173 \Rightarrow 2.791	76
6.19+5.0828 \Rightarrow 2.791	77.6
6.06+5.1739 \Rightarrow 2.791	80.5
6.015+5.207 \Rightarrow 2.791	84
5.95+5.2569 \Rightarrow 2.791	83.4
5.90+5.2965 \Rightarrow 2.791	87
10.5910+1.0642 \Rightarrow 0.96703	84



EXPERIMENTELLE WERTE DER INTERNEN WINKEL BANDBREITE

Wechselwirkende Wellenlängen [μm]	$\Delta\theta_{\text{int}}$ [deg]
SHG, e+e \Rightarrow o	
3.8 \Rightarrow 1.9	1.33
4.34 \Rightarrow 2.17	1.05
5.3 \Rightarrow 2.65	0.69
7.8 \Rightarrow 3.9	0.5
	0.74–0.80
9.3 \Rightarrow 4.65	0.83
	1.15
9.55 \Rightarrow 4.775	0.89
9.6 \Rightarrow 4.8	0.8
10.2 \Rightarrow 5.1	1.35
10.3 \Rightarrow 5.15	1.2
SFG, e+e \Rightarrow o	
10.668+4.34 \Rightarrow 3.085	1.23
SFG, o+e \Rightarrow o	
10.6+1.064 \Rightarrow 0.967	0.55

TEMPERATURÄNDERUNG DES PHASENANPASSUNGS WINKELS

Wechselwirkende Wellenlängen [μm]	$d\theta_{\text{pm}}/dT$ [deg/K]
SHG, e+e \Rightarrow o	
9.2 \Rightarrow 4.6	0.014
10.3 \Rightarrow 5.15	0.072
10.6 \Rightarrow 5.3	0.107
SFG, o+e \Rightarrow o	
10.6+1.0642 \Rightarrow 0.9671	0.007

LASER INDUZIERTE SCHWELLE FÜR OBERFLÄCHENSCHÄDEN

λ [μm]	τ_p [ns]	I_{thr} [GW/cm ²]	Hinweis
1.0642	30	>0.003	12.5Hz
	10	0.003	
1.3	0.00013	>150	1kHz
1.66	0.00013	>100	1kHz
2.05	30	0.013–0.016	5kHz
	10	>0.074	10kHz
2.79	50	>0.014	10Hz
		0.018	10Hz
	0.15	30	
	0.1	35	1Hz
2.8	70	0.056	1 Hz, unbeschichtete Probe
			1 Hz, beschichtete Probe
		0.08	
2.94	0.11	30	
5.3–6.1	CW	>0.00001	
		0.00025	
7.8	5000	10	
9.2–10.8	CW	>0.00008	
9.28	2	1.25	
9.3	100	0.012	100Hz
	50	>0.06	1Hz
9.3–10.6		125	20Hz
		0.03–0.04	2Hz
9.55	220	0.078	
	30	0.14	SHG Richtung
10.2–10.8	CW	>0.000001	
	100,000–10,000,000	0.06	1500Hz
10.6	CW	>0.00000001	
		0.0002	

EXPERIMENTELLE WERTE DER SPEKTRALEN BANDBREITE UND DER TEMPERATUR BANDBREITE

Experimentelle Werte der spektralen Bandbreite

Wechselwirkende Wellenlängen [μm] $\Delta\nu[\text{cm}^{-1}]$

SHG, e+e \Rightarrow o

4.34 \Rightarrow 2.17 7.9

10.2 \Rightarrow 5.1 4.9

ANDERE PARAMETER

Experimentelle Werte der Temperatur Bandbreite

Wechselwirkende Wellenlängen [μm] $\theta_{\text{exp}}[\text{deg}]$ $\Delta T[^\circ\text{C}]$

SHG, e+e \Rightarrow o

10.5910 \Rightarrow 5.2955 80.1 44

10.3035 \Rightarrow 5.15175 74.5 45

10.2 \Rightarrow 5.1 72 50

9.6036 \Rightarrow 4.8018 65.8 48

SFG, o+e \Rightarrow o

10.5910+1.0642 \Rightarrow 0.96703 84 81.9

Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient

ΔT [K] $\alpha_{\parallel} \times 10^6 [K^{-1}]$, $\parallel c$ $\alpha_{\perp} \times 10^6 [K^{-1}]$, $\perp c$

293–573 15.9 17.5

573–873 8.08 9.1

Wärmeleitfähigkeitskoeffizient κ :

T [K] κ [W/mK], $\parallel c$ κ [W/mK], $\perp c$

293 36 35

Zwei-Photonen-Absorptionskoeffizient β

λ [μm] τ_p [ns] $\beta \times 10^{11}$

1.3 0.00013 25

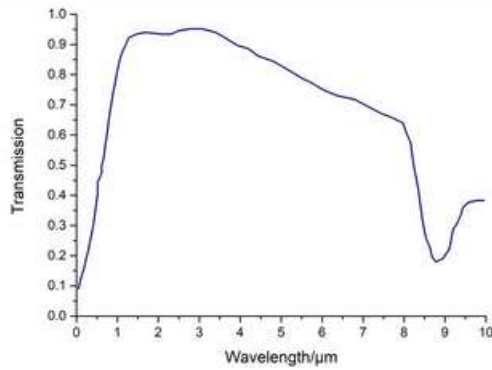
LINEARE ELEKTROOPTISCHE KOEFFIZIENTEN, GEMESSEN BEI HOHEN FREQUENZEN (WEIT ÜBER DEN AKUSTISCHEN RESONANZEN DES ZNGEP₂-KRISTALLS, D. H. FÜR DEN "GEKLEMMTEN" KRISTALL) BEI RAUMTEMPERATUR:

λ [μm] r_{41}^S [pm/V] r_{63}^S [pm/V]

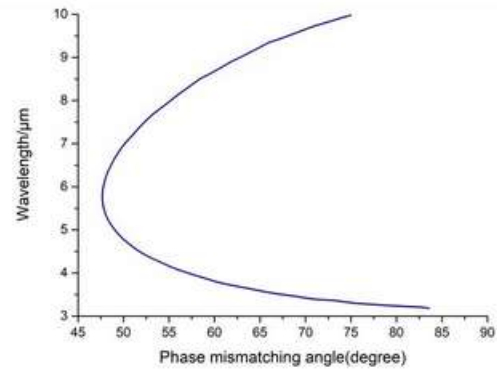
3.3913 1.6 -0.8



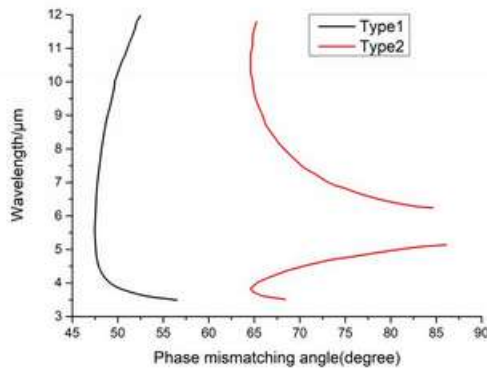
SPECTRUMS



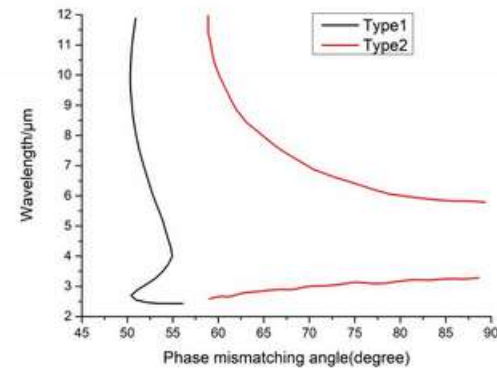
ZGP-Übertragungsspektrum



SHG-Kurven von ZGP (Typ I (eeo))



OPO-Abstimmkurven von ZGP mit Pumplicht von 2800 nm



OPO-Abstimmkurven von ZGP mit Pumplicht von 2090 nm

FEATURES

- Der nichtlineare Koeffizient ist groß
- Der Übertragungsbereich reicht von 0,74 µm bis 12 µm
- Hohe relative Schadensschwelle
- Hohe Wärmeleitfähigkeit
- Der Bereich der Transparenz ist breit
- Phasen Anpassung über einen breiten Spektralbereich

ANWENDUNG

- Erzeugung kohärenter Strahlung im Submillimeterbereich von 70,0 µm bis 1000 µm – Terahertz-Bereich
- Kombinieren der Frequenzen von CO₂- und CO-Laserstrahlung oder anderen Lasern, die im Transparenzbereich von ZGP arbeiten
- SHG von CO-Laser
- Erzeugung der zweiten, dritten und vierten Harmonischen des CO₂-Lasers
- OPO (Optical Parametric Generation) mit Pumpen bei Wellenlängen von 2,05-2,94 µm und der Möglichkeit, effektiv 3-10 µm Bereiche zu erzeugen