

# SQ Quarzglas

## Qualitätsstufen

Die Herstellung von SQ ist das Ergebnis jahrelanger Erfahrung in der Entwicklung, Herstellung und Qualifizierung von synthetischem Quarzglas in Jena – unter Berücksichtigung von Kundenanforderungen und Materialeigenschaften.

Das hochreine synthetische Quarzglas wird Herstellern von optischen und photonischen Geräten in der Faseroptik-, Halbleiter-, Optik- und Laserindustrie angeboten.

Damit beliefert j-Plasma innovative Unternehmen mit einchluss- und blasenfreiem Material, welches optimale Laserfestigkeit, Brechzahlhomogenität sowie Temperaturbeständigkeit aufweist.

Auf Grund seiner sehr guten UV-Eigenschaften können zahlreiche optische Komponenten wie Prismen, Linsen, Wafer, Platten und Küvetten hergestellt werden.

### Bestellinformationen

Für eine Bestellung kontaktieren Sie uns per Telefon, per Fax oder per Mail und geben Sie folgende Daten an:

Qualität:	SQ0; SQ1; SQT
Excimer grade:	E193; E248
Durchmesser/Kantenlänge:	mm
Länge/Dicke:	mm
Menge:	kg/Stückzahl
Andere:	Gewünschter Versandtermin, Sonderwünsche

Alle j-plasma Produkte unterliegen dem j-plasma Herstellungsfortschritt und dem Qualitätsverbesserungsprogramm – gewährleistet durch ausgezeichnete Eigenschaften und hohe Beständigkeit.

Wir halten uns das Recht vor an der oben genannten Beschreibung Änderungen vorzunehmen.

DB-KAP-001D-00-0511

Erstellt: Mai 2011

Copyright 2011 © j-plasma GmbH gemäß DIN ISO 16016

Amtlich beurkundete Einrichtung laut EWG No. 1221/2009



Für weitere Informationen über unser SQ-Material und andere j-plasma Produkte und Dienstleistungen, kontaktieren sie uns bitte:

### j-plasma GmbH

Im Semmicht 1

D-07751 Jena, Germany

Tel.: +49-3641-352 100

Fax: +49-3641-352 101

Email: [info@j-plasma.com](mailto:info@j-plasma.com)

Internet: [www.j-plasma.com](http://www.j-plasma.com)

### Die Haupteigenschaften von SQ sind:

- Freiheit von Einschlüssen und Blasen (z.B. die Grades SQ0 + SQ1)
- Ausgezeichnete UV-Durchlässigkeit
- Sehr geringe Fluoreszenz
- Hohe Laserfestigkeit
- Geringe Restspannung
- Hohe Brechzahlhomogenität: Zusätzliche 3D-Option (SQ0)
- Hohe Temperaturbeständigkeit
- Sehr niedriger thermischer Ausdehnungskoeffizient

Das SQ wird in Bezug auf Homogenität und Schlierengrad in folgende 3 Hauptqualitäten unterteilt:

**SQ0** zeichnet sich durch eine hohe Homogenität aus, d.h. es ist frei von Schichten und Schlieren in allen Raumrichtungen (3D-Material). Bevorzugter Einsatz ist die abbildende Optik, z.B. Prismen und Linsen.

**SQ1** besitzt hohe Homogenität und ist in Funktionsrichtung schichten- und schlierenfrei. Typische Anwendungen sind optische Bauteile wie Linsen, Fenster, Wafer und optische Fasern.

**SQT** ist nicht spezifiziert hinsichtlich Homogenität, Schlieren und Schichtungen. Dieser Grad wird für technische Anwendungen empfohlen.

### Qualitätsstufen SQ

#### Grades:

- SQ0
- SQ1
- SQT

#### Subgrade:

- SQ-E (Excimergrade Quarzglas – verfügbar in SQ1 oder SQ0)
  - ausgezeichnete Transmission bei 193nm / 248nm
  - geringe laserinduzierte Fluoreszenz (LIF)
- SQ0 – E193 / SQ1 – E193 (ArF Excimergrade)
- SQ0 – E248 / SQ1 – E248 (KrF Excimergrade)

## Optische Eigenschaften

Blasen, Einschlüsse, Homogenität und Restspannung

Qualitätsstufen	Blasen und Einschlüsse <sup>4)</sup>		Homogenität		Restspannung
	gemäß ISO 10110-3	max. Durchmesser [mm]	Lokale Inhomogenität	Brechzahlen- änderung $\Delta n^{2) 3)}$ in Funktionsrichtung [ppm = $1 \cdot 10^{-6}$ ]	
			Schlierengrad <sup>1)</sup> nach ISO 10110-4		standard <sup>3)</sup> [nm/cm]
SQ0	1/1 x 0.063	0.07	2/- ; 5 alle Richtungen	standard: PV $\leq$ 40 ppm	$\leq$ 5
SQ1	1/1 x 0.063	0.07	2/- ; 5 Funktionsrichtung		$\leq$ 5
SQT	nicht definiert	0.5	Nicht spezifiziert	auf Anfrage	$\leq$ 10

<sup>1)</sup> Schlieren und Schichtungen können mit der Schattenmethode, dem Polariskop und interferometrisch nachgewiesen werden.

<sup>2)</sup> Homogenität  $\Delta n$  wurde interferometrisch geprüft (wobei ein Randgebiet von 10% des Durchmessers bzw. Kantenlänge unberücksichtigt bleibt).

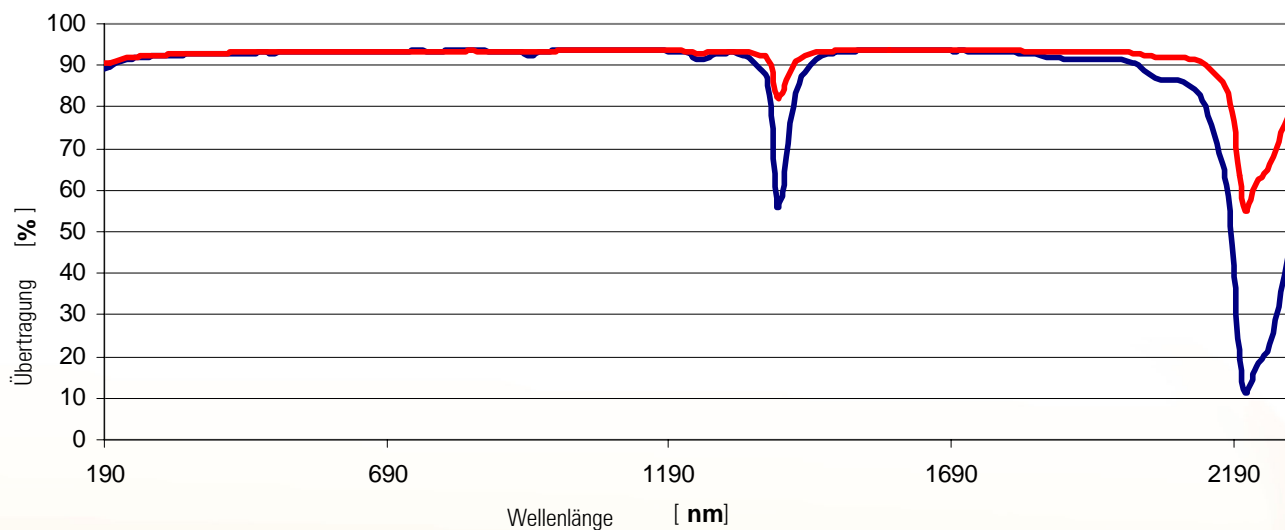
<sup>3)</sup> kleinere Werte sind auf Anfrage, in Abhängigkeit von der Teilegröße und Bearbeitung, möglich.

<sup>4)</sup> Blasen und Einschlüsse  $< 0,05$  nm im Durchmesser werden nicht berücksichtigt

## Transmissionseigenschaft

**Gesamttransmission (TG) einschließlich Fresnel'scher Reflexion**

—  $T_G$  von 10 mm optischer Weglänge  
—  $T_G$  von 40 mm optischer Weglänge



Qualitätsstufen	Innere Transmission [%] für 10 mm optische Weglänge			OH-Gehalt [ppm]	Spurenelemente [ppm]
	$\lambda = 193$ nm	$\lambda = 248$ nm	$\lambda = 300$ nm		
SQ0	$\geq 98.0$	$\geq 99.5$	$\geq 99.9$	ca. 1200	$\leq 0.05$
SQ1	$\geq 98.0$	$\geq 99.5$	$\geq 99.9$	ca. 1200	$\leq 0.05$
SQT	-	$\geq 95.0$	$\geq 99.9$	800-1400	$\leq 0.6$
SQ-E193	$\geq 99.3$	$\geq 99.8$	$\geq 99.9$	ca. 1200	$\leq 0.05$
SQ-E248	$\geq 99.0$	$\geq 99.8$	$\geq 99.9$	ca. 1200	$\leq 0.05$

- Alle Qualitätsstufen zeigen eine innere Transmission  $\geq 99.9$  % in einem Wellenlängenbereich von 300...900 nm.
- Alle Qualitätsstufen haben einen Wasserstoffgehalt von ca.:  $1 \cdot 10^{18}$  Mol. /  $\text{cm}^3$

## Brechungsindex von SQ

Brechungsindex n (bei 20 °C, Stickstoffatmosphäre, 1013 hPa)			Temperaturabweichung
	$\lambda_{vac}$ [nm]	n	$\Delta n/\Delta T$ [ $10^{-6}/K$ ]
$n_{2325}$	2325.59	1.43290	-
$n_{1970}$	1970.56	1.43849	-
$n_{1530}$	1530	1.44424	-
$n_{1060}$	1060	1.44965	-
$n_t$	1014.25	1.45021	9.6
$n_s$	852.35	1.45243	9.7
$n_r$	706.71	1.45511	9.8
$n_c$	656.45	1.45633	9.9
$n_{c'}$	644.03	1.45667	9.9
$n_{He-Ne}$	632.98	1.45698	9.9
$n_D$	589.46	1.45837	10.0
$n_d$	587.73	1.45843	10.0
$n_e$	546.23	1.46004	10.1
$n_F$	486.27	1.46309	10.3
$n_{F'}$	480.13	1.46347	10.3
$n_g$	435.96	1.46666	10.5
$n_h$	404.77	1.46958	10.8
$n_i$	365.12	1.47450	11.2
$n_{334}$	334.24	1.47973	11.6
$n_{312}$	312.66	1.48446	12.1
$n_{296}$	296.82	1.48870	12.5
$n_{280}$	280.43	1.49401	13.0
$n_{248}$	248.35	1.50837	14.5
$n_{194}$	194.23	1.55887	20.1
$n_{193}$	193.37	1.56022	20.3

Alle Brechzahlen sind unter trockenem Stickstoff und  $\lambda_{vac}$  = Vakuumwellenlänge berechnet. Genauigkeit:  $\pm 2.0 \cdot 10^{-5}$

Abbe Zahlen		
$n_d = 1.45843$	$v_d = 67.83$	$n_F - n_c = 0.00676$
$n_e = 1.46004$	$v_d = 67.68$	$n_{F'} - n_{c'} = 0.00680$

Relative Teildispersion		Abweichung der rel. Teildispersion von der Normalgeraden	
$P_{s,t}$	0.3287		
$P_{c,s}$	0.5770	$\Delta P_{c,t}$	0.0390
$P_{d,c}$	0.3102	$\Delta P_{c,s}$	0.0159
$P_{e,d}$	0.2388	$\Delta P_{F,e}$	-0.0017
$P_{g,f}$	0.5277	$\Delta P_{g,f}$	-0.0020
$P_{i,h}$	0.7283	$\Delta P_{i,g}$	0.0054

Sellmeierformel			
$n^2 - 1 = B_1 \lambda^2 / (\lambda^2 - C_1) + B_2 \lambda^2 / (\lambda^2 - C_2) + B_3 \lambda^2 / (\lambda^2 - C_3)$ und $\lambda$ in $\mu m$			
Konstanten der Sellmeierformel für $\lambda_{vac}$ und n			
$B_1$	$6.694226 \cdot 10^{-1}$	$C_1$	$4.480112 \cdot 10^{-3}$
$B_2$	$4.345839 \cdot 10^{-1}$	$C_2$	$1.328470 \cdot 10^{-2}$
$B_3$	$8.716947 \cdot 10^{-1}$	$C_3$	$9.534148 \cdot 10^{-1}$

Gültig für  $0.184 \mu m < \lambda < 2.326 \mu m$  (20 °C; 1013 hPa);  
 $n = n(N_2)$ ;  $\lambda = \lambda_{vac}$

Formel für  $\Delta n/\Delta T$  :  
 $\Delta n/\Delta T (18 - 28 \text{ °C}) = t_0 + t_1 \cdot \lambda^{-2} + t_2 \cdot \lambda^{-4} + t_3 \cdot \lambda^{-6}$

Formel für  $dn_{abs}/dT$  :  

$$\frac{dn_{abs}(\lambda, T)}{dT} = \frac{n^2(\lambda, T_0) - 1}{2 \cdot n(\lambda, T_0)} \cdot \left( D_0 + 2 \cdot D_1 \cdot \Delta T + 3 \cdot D_2 \cdot \Delta T^2 + \frac{E_0 + 2 \cdot E_1 \cdot \Delta T}{\lambda^2 - \lambda_{TK}^2} \right)$$
 mit  $T_0 = 20 \text{ °C}$

Konstanten der Formel für $\Delta n/\Delta T$ in Stickstoff <sup>1</sup>		Konstanten der Formel für $dn_{abs}/dT$ in Vakuum <sup>2</sup>	
$t_0$	$9.4 \cdot 10^{-0}$	$D_0$	$2.06 \cdot 10^{-5}$
$t_1$	$1.7 \cdot 10^{-1}$	$D_1$	$2.51 \cdot 10^{-8}$
$t_2$	$8.7 \cdot 10^{-2}$	$D_2$	$-2.47 \cdot 10^{-11}$
$t_3$	$3.1 \cdot 10^{-4}$	$E_0$	$3.12 \cdot 10^{-7}$
-	-	$E_1$	$4.22 \cdot 10^{-10}$
-	-	$\lambda_{TK} [\mu m]$	0.16

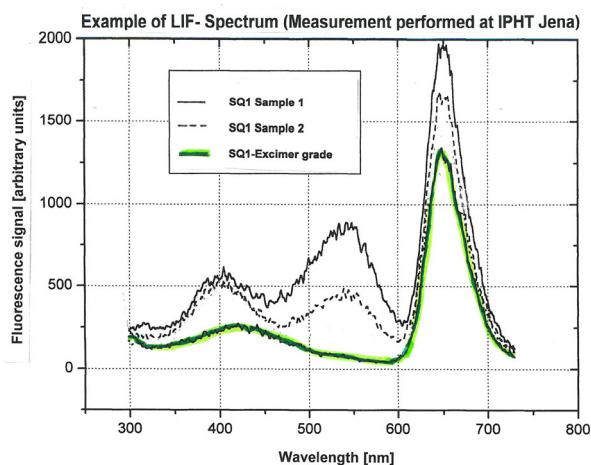
<sup>1</sup>gültig für  $0.184 \mu m < \lambda < 1.014 \mu m$  und für  $+18 \text{ °C} \leq T \leq +28 \text{ °C}$   
<sup>2</sup>gültig für  $0.365 \mu m < \lambda < 1.060 \mu m$  und für  $-100 \text{ °C} \leq T \leq +140 \text{ °C}$

	Temperaturkoeffizienten des Brechungsindex <sup>1</sup>					
	$\Delta n_{rel}/\Delta T$ [ $10^{-6}/K$ ] <sup>2</sup>			$\Delta n_{abs}/\Delta T$ [ $10^{-6}/K$ ] <sup>3</sup>		
$\lambda_{vac}$ [nm]	1060.0	546.23	365.12	1060.0	546.23	365.12
-40/-20 [°C]	8.9	9.4	10.2	6.9	7.3	8.1
+20/+40 [°C]	9.4	9.9	10.9	8.1	8.6	9.6
+60/+80 [°C]	9.8	10.4	11.5	8.8	9.4	10.4

<sup>1</sup>gültig für  $365 \text{ nm} < \lambda < 1060 \text{ nm}$  und für  $-100 \text{ °C} \leq T \leq +140 \text{ °C}$   
<sup>2</sup>bezüglich Stickstoff  
<sup>3</sup>bezüglich Vakuum

## Fluoreszenz

- Die Qualitätsstufen für die Excimerlaserwellenlängen (ArF, KrF) werden durch Messungen des LIF Faktors (Laser induced fluorescence) selektiert.
- Dieses standardisierte Messverfahren mit Referenzproben ist seit über 10 Jahren am IPHT Jena etabliert.
- Konstante Bestrahlungsbedingungen sind:
  - Laserwellenlänge 193 nm
  - Energiedichte 210 mJ / cm<sup>2</sup>
  - Laserpulsfrequenz 10 Hz



**Rote Fluoreszenz:** sensitives Kriterium für NBOHC ( Non Bridging Oxygen Hole Center). Sehr geringes Niveau ist Folge des hohen Wasserstoffgehaltes.

**Blaue Fluoreszenz:** sensitives Kriterium für ODC (Oxygen Deficiency Centers)

Thermische Eigenschaften		Einheit
untere Entspannungstemperatur $T_{10}^{14.5}$	980	°C
obere Entspannungs- temperatur $T_{10}^{13.0}$	1080	°C
Erweichungstemperatur $T_{10}^{7.6}$	1600	°C
max. Arbeitstemperaturen		
dauerhaft	930	°C
kurzfristig	1180	°C
mittlere spezifische Wärme $C_p$ (20°C-100°C)	0.79	J/g·K
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ (32°C)	1.31	W/(m·K)
Mittlerer thermischer Ausdehnungskoeffizient		
$\alpha$ (25°C-100°C)	0.5	10 <sup>-6</sup> /K
$\alpha$ (25°C-200°C)	0.52	10 <sup>-6</sup> /K
$\alpha$ (25°C-300°C)	0.55	10 <sup>-6</sup> /K
$\alpha$ (25°C-600°C)	0.51	10 <sup>-6</sup> /K

Elektrische Eigenschaften	
Dielektrizitätskonstante $\epsilon_r$	3.8 ± 0.2
Dielektrischer Verlustwinkel $\varphi$ (25°C/1MHz)	89.92° ± 0.03°
$\tan \delta$ ( $\delta=90^\circ - \varphi$ ) (25°C/1MHz)	(14 ± 5) · 10 <sup>-4</sup>
Elektrische Widerstandsfähigkeit (25°C) [ $\Omega \cdot \text{cm}$ ]	1.15 · 10 <sup>18</sup>

Klassen der chemischen Beständigkeit		
Klimaresistenz (ISO/WD 13384)	CR	1
Säure (ISO 8424)	SR	1.0
Alkali (ISO 10629)	AR	1.0
Phosphat (ISO 9689)	PR	1.0
Fleckenresistenz (Betriebsnorm Schott)	FR	0

Typische Spurenelemente [ppm]	
	SQ0/ SQ1
Al	≤ 0.05
Na	≤ 0.02
Ca	≤ 0.02
K	≤ 0.01
Fe	≤ 0.005
Ti	≤ 0.01
Cu	≤ 0.005
Cr	≤ 0.005
Mn	≤ 0.005

Mechanische Eigenschaften		Einheit
Elastizitätsmodul (25°C)	72	GPa
Schubmodul	31	GPa
Druckfestigkeit	1250	N/mm <sup>2</sup>
Biegefestigkeit	80-100	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Zahl $\mu$	0.17	
Knoop-Härte	580	
Mohs-Härte	5-6	
Dichte $\rho$	2.2	g/cm <sup>3</sup>
Spannungsoptischer Koeffizient	3.4 · 10 <sup>-12</sup>	1/Pa
Ultraschall - Longitudinalwellen	5940	m/s
Ultraschall - Transversalwellen	3770	m/s
innere Dämpfung (25°C-500°C)	2.0 · 10 <sup>-5</sup>	