

Optimale Materialauswahl

LASER COMPONENTS bietet eine Vielzahl von Laseroptik-Substraten an. Diese unterscheiden sich nicht nur in der Form sondern vor allem in der Materialart. Nicht jedes Material eignet sich für jede Anwendung. Es ist daher notwendig, die Eigenschaften der Materialien zu kennen, um eine passende Auswahl zu treffen.

Für die optimale Performance einer Laseroptik sollten zudem Beschichtung und Substrat aufeinander abgestimmt sein. Hier sind vor allem die optischen aber auch mechanischen Eigenschaften des Substrates zu berücksichtigen. Bei den optischen Eigenschaften liegt das Hauptaugenmerk auf dem Brechungsindex und darauf, in welchem Spektralbereich das Material transmittiert. Zusätzlich sind weitere Faktoren, wie Härte des Materials, thermische Ausdehnung, Temperaturbeständigkeit und Laserfestigkeit von Bedeutung.

Material-Übersicht*

Für Anwendungen im sichtbaren und nahen IR-Bereich hat sich BK7 als Standardglas etabliert. Beim Einsatz im UV-Bereich und bei sehr hohen Leistungsdichten hat sich synthetisches Quarzglas wie Suprasil[®], Lithosil[®] Q1, C7980 und JGS1 durchgesetzt.

Weitere gängige Materialien sind Infrasil[®] und Suprasil[®] 300 für den IR-Bereich bis ca. 3500 nm sowie Saphir, welches sich vor allem durch seine Härte und die weite Transparenz von 250 nm bis 5000 nm auszeichnet. Für Anwendungen, bei denen geringste thermische Ausdehnungen von hoher Bedeutung sind, können Glaskeramiken wie Zerodur[®] eingesetzt werden.

Für die Anwendung in der Laseroptik sind vor allem das Transmissionsverhalten und die Brechzahl des Substrates von Interesse. Die nachfolgende Übersicht zeigt die typischen Transmissionsbereiche für gängige Materialien.

*) Verweis auf Markeninhaberschaft siehe Anhang.

Selection of Optimal Material



LASER COMPONENTS has a variety of laser optic substrates available. These substrates differ not only in form but also in the type of material. Not all materials are suited for every application. It is therefore necessary to be familiar with the properties of each material in order to find a fitting selection.

For optimal performance of a laser optic, the coating and substrate should also fit together. Not only the optical but also mechanical features of these substrates should be taken into consideration. The main focus of optical features is on the refractive index and on the spectral range in which the material transmits. Additional factors such as the hardness of a material, the thermal expansion, temperature stability, and laser resistance are also of importance.



Material Overview*

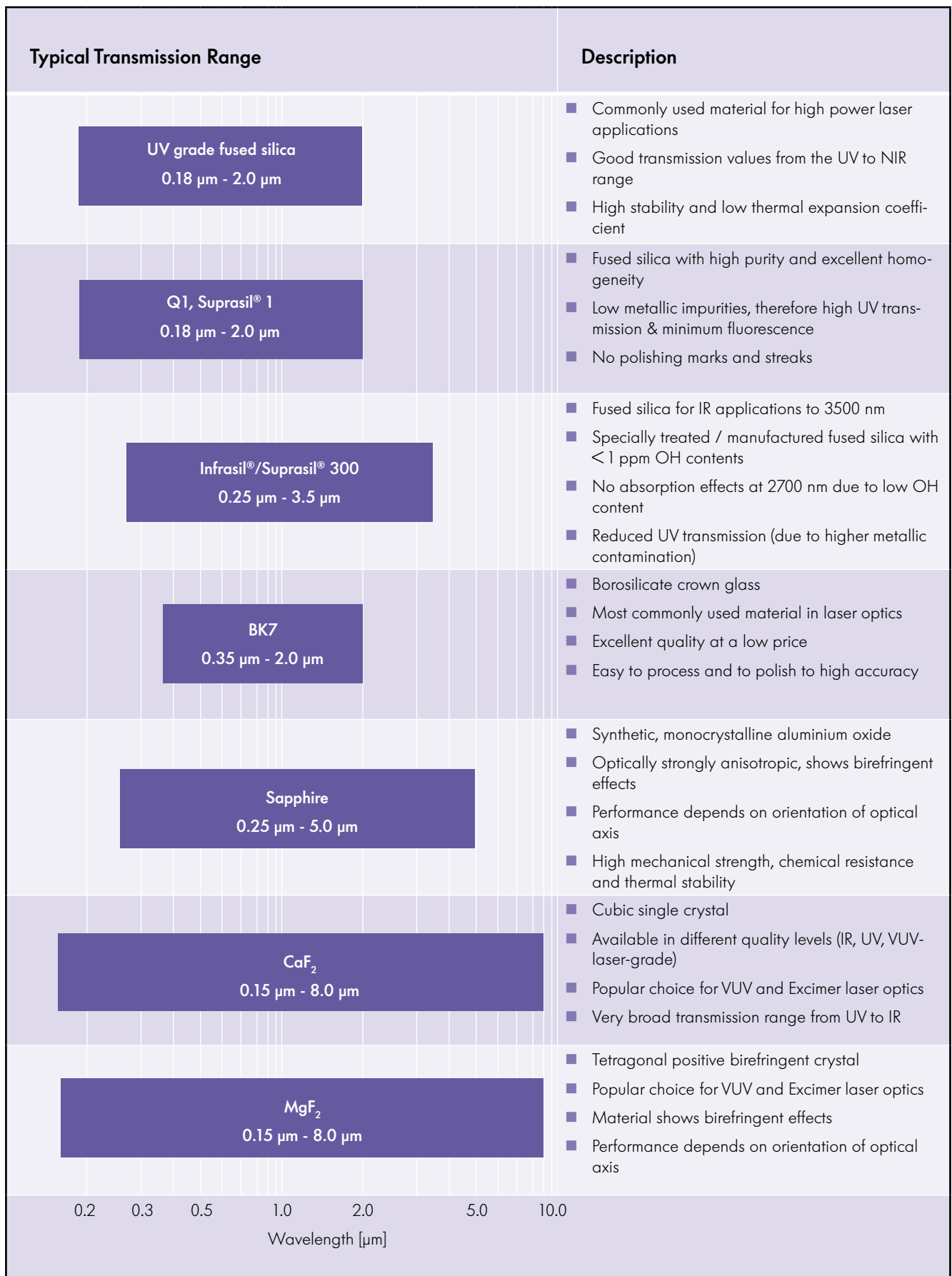
For applications in the visible and near IR ranges, BK7 have established themselves as standard glass. When used in the UV range and for very high power densities, synthetic quartz glass such as Suprasil[®], Q1, C7980, and JGS1 have become standard.

Other common materials include Infrasil[®] and Suprasil[®] 300 for the IR range to approximately 3500 nm as well as sapphire, which excels in particular because of its hardness and a wide transparency from 250 nm to 5000 nm. For applications in which the lowest thermal expansion is of great importance, glass ceramics such as Zerodur[®] can be used.

The transmission ratio and refractive index of substrates are of particular interest in laser optics. The following overview lists the transmission range of common materials.

*) For a reference to the trademark ownership see appendix.





Transmissionskurven

Nachfolgend stellen wir Ihnen die Transmissionskurven für die gebräuchlichsten Materialien vor. Für die Anwendung in der Laseroptik ist neben dem Transmissionsverhalten die erreichbare Politurgüte von Interesse.

Selbstverständlich können Sie auch weitere Transmissionskurven der verschiedenen Glashersteller erhalten.

Sprachgebrauch

Bei der Nennung von BK7 handelt es sich immer um N-BK7 oder H-K9L. Falls von Quarzglas gesprochen wird, kann es sich um Materialien wie Lithosil® Q0/Q1/Q2, Suprasil®, C7980 oder JGS1 handeln.

Sofern Sie für Ihre Anwendung ausschließlich ein bestimmtes Material zulassen, so bitten wir um einen entsprechenden Hinweis.

Transmission Curves

In the following, we will introduce the transmission curves of the most commonly used materials. Not only is the transmission ratio of particular interest in laser optics, but the achievable polishing quality as well.

We can certainly request additional transmission curves from various glass manufacturers for you.

Nomenclature

The mentioning of BK7 always refers to N-BK7 or H-K9L. Fused silica generally refers to materials like Lithosil® Q0/Q1/Q2, Suprasil®, C7980, or JGS1.

Simply let us know if you only allow certain materials to be used in your application.

Synthetischer Quarz – UV bis NIR

Lithosil® Q0/Q1/Q2; Suprasil® 1, 2, 311, 312; HPFS® C7980; JGS1

Als synthetischer Quarz werden jegliche synthetische, amorphe Formen von Siliziumoxid bezeichnet, welche auf Basis von Siliziumtetrachlorid durch Flammenhydrolyse hergestellt werden. Quarzglas wird häufig eingesetzt und zeichnet sich durch gute Transmissionswerte vom UV- bis in den NIR-Bereich aus.

Bei den Quarzgläsern werden viele Arten von unterschiedlichen Herstellern angeboten, die sich geringfügig in den Transmissionseigenschaften und in weiteren Parametern unterscheiden. Im Folgenden eine beispielhafte Auswahl.

Für Laseranwendungen sind die Quarzsorten Lithosil® Q0/Q1, Suprasil® 1 und 2, HPFS® Corning Code 7980 und JGS1 (China) vergleichbar. Bei LASER COMPONENTS werden als Standardmaterialien hauptsächlich Lithosil® Q1, C7980 und JGS1 verwendet.

Die Typen Spectrosil® A und B und die Glassorten 1100 und 4100 von Dynasil kommen den oben genannten Quarzsorten sehr nahe.

Synthetic Quartz – UV to NIR

Lithosil® Q0/Q1/Q2; Suprasil® 1, 2, 311, 312; HPFS® C7980; JGS1

Any synthetic, amorphous form of silicon oxide that is manufactured from a silicon tetrachloride base via flame hydrolysis is called synthetic quartz. Quartz glass is commonly used and exhibits good transmission values from the UV to NIR range.

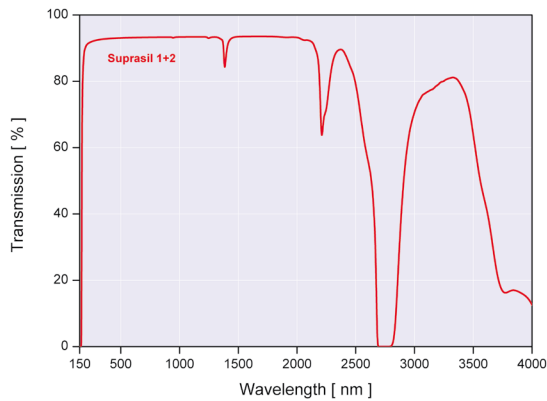
Many kinds of quartz glass that narrowly differ in transmission values and other parameters are available from various manufacturers. Examples include:

For applications in the UV range, the quartz brands Lithosil® Q0/Q1, Suprasil® 1 and 2, HPFS® Corning Code 7980 and JGS1 are comparable. LASER COMPONENTS primarily uses Lithosil® Q1, C7980, and JGS1 as standard material.

The brands Spectrosil® A and B and the glass types 1100 and 4100 from Dynasil come very close to the aforementioned quartz brands.

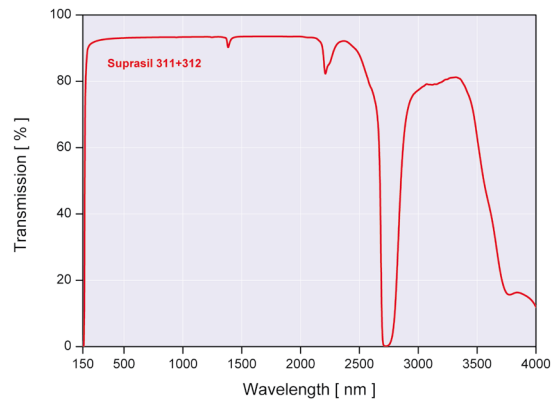


Suprasil® 1 + 2



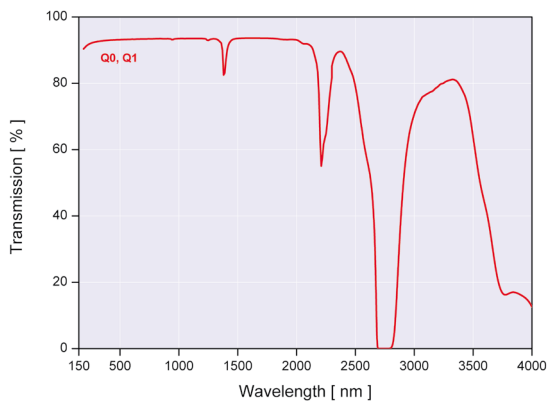
Typical transmission of Suprasil® 1 and 2 including Fresnel reflection losses for 10 mm pass length.

Suprasil® 311 + 312



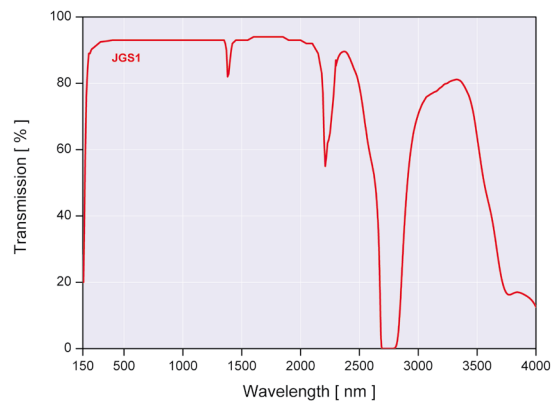
Typical transmission of Suprasil® 311 and 312 including Fresnel reflection losses for 10 mm pass length.

Schott Lithosil® Q0/Q1



Typical transmission of Lithosil® Q0/Q1 including Fresnel reflection losses for 10 mm pass length.

Fused Silica JGS1



Typical transmission of JGS1 including Fresnel reflection losses for 10 mm pass length.

Eigenschaften

Einige Gläser, wie bspw. Lithosil® Q0 und Suprasil® 1, sind homogen, schichtfrei und weisen in alle drei Raumrichtungen die gleiche Brechzahl auf (optische isotrope Medien). Diese Typen eignen sich besonders für Anwendungen in mehrdimensionalen Optiken.

Alle genannten Gläser eignen sich für herkömmliche Laseranwendungen. Selbstverständlich können Sie bestimmte Materialien bei der Bestellung vorgeben, sollten diese Einfluss auf Ihre Anwendung haben. Beachten Sie jedoch, dass sich die Lieferzeit hierdurch verlängern kann.

Features

Some glasses, for example Lithosil® Q0, are homogenous and display the same refractive index in all three spatial directions. This model is particularly well suited for applications in multi-dimensional optics.

All aforementioned glasses are suited for conventional laser applications. When placing an order, you can, of course, request certain materials if they will influence your application. However, please be aware that this may increase the delivery time.



Synthetischer Quarz – IR

Infrasil®, Suprasil® 300

Für Anwendungen im IR-Bereich bis etwa 3000 nm und zur Vermeidung von Absorptionseffekten durch das OH-Wasserband bei 2700 nm werden Quarze wie Infrasil® oder Suprasil® 300 verwendet.

Bei Infrasil® handelt es sich um einen synthetischen Quarz, der durch elektrisches Verschmelzen von Quarzkristallen hoher Qualität hergestellt wird.

Die metallischen Verunreinigungen im Infrasil® sind im Vergleich zu Suprasil® etwas höher. Hieraus ergibt sich eine reduzierte UV-Transmission. Der OH-Gehalt ist hingegen niedriger, wodurch eine höhere Transmission im IR-Bereich erreicht wird.

Suprasil® 300 ist ein hochreines, synthetisches Quarzglas, das durch Flammenhydrolyse von SiCl_4 hergestellt wird. Durch einen zwischengeschalteten Trocknungsschritt wird der OH-Gehalt des Quarzglases auf unter 1 ppm reduziert.

Suprasil® 300 zeigt daher keine Absorptionsbanden im sichtbaren und infraroten Spektralbereich. Aufgrund des Trocknungsschritts besitzt das Material einen Chlor-Gehalt von 1000 - 3000 ppm und eine zu längeren Wellenlängen verschobene UV-Absorptionskante.

Synthetic Quartz – IR

Infrasil®, Suprasil® 300

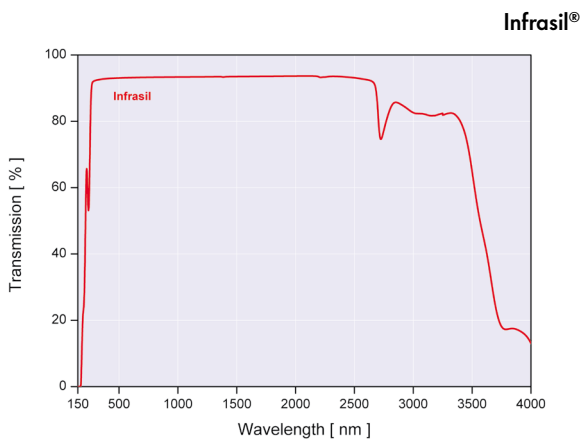
Quartzes such as Infrasil® or Suprasil® 300 are used for applications in the IR range to about 3000 nm and to prevent absorption effects due to the OH water band at 2700 nm.

Infrasil® is a synthetic quartz that is manufactured by electrically melting high quality quartz crystals.

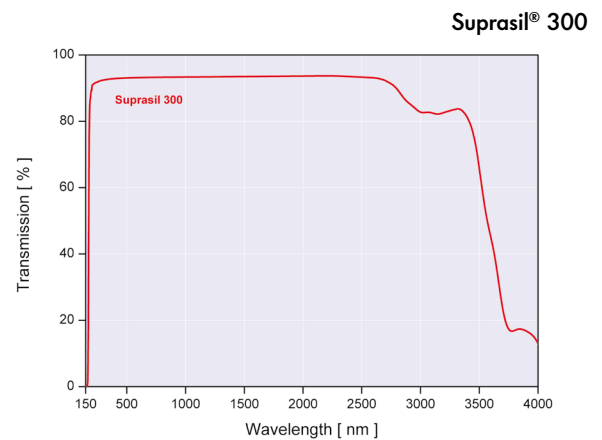
The metallic contamination in Infrasil® is a little bit higher than in Suprasil®. This results in a reduced UV transmission. On the other hand, the OH content is lower, which leads to a higher transmission in the IR range.

Suprasil® 300 is a highly pure synthetic quartz glass that is manufactured from SiCl_4 via flame hydrolysis. On account of an additional drying step, the OH content of the quartz glass is reduced to less than 1 ppm.

Therefore, Suprasil® 300 does not exhibit any absorption bands in the visible and infrared spectral ranges. As a result of the drying step, this material has a chlorine content of 1000 - 3000 ppm and a UV absorption slope shifted to longer wavelengths.



Typical transmission of Infrasil® including Fresnel reflection losses for 10 mm pass length.



Typical transmission of Suprasil® 300 including Fresnel reflection losses for 10 mm pass length.



BK7

BK7 sind Borosilikat-Krongläser mit herausragender optischer Homogenität. LASER COMPONENTS setzt dieses Glas ein, wenn sowohl in Transmission als auch in Reflexion besonders hohe Anforderungen an die Güte des Glases gestellt werden.

BK7 ist das am häufigsten verwendete Material bei Laseroptiken. Es zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- Hervorragende Qualität bei niedrigem Preis.
- Sehr gute Verarbeitungs-Eigenschaften; einfach zu polieren. Die erreichbare Politurgüte ist für Hochleistungslaser-Anwendungen geeignet.
- Material ist in Transmission im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 2000 nm uneingeschränkt einsetzbar.
- Bei Anwendung als HR-Spiegel kann das Material auch außerhalb dieses Wellenlängenbereichs eingesetzt werden, da die Strahlung hier nicht ins Material vordringt.

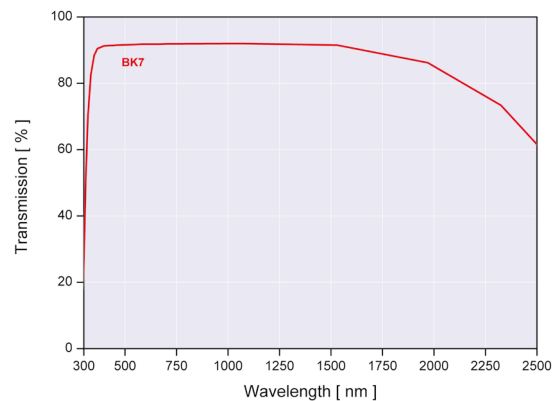
BK7

BK7 are borosilicate crown glasses with exceptional optical homogeneity. LASER COMPONENTS uses this glass when especially high demands of quality are put on the glass in both transmission and reflection.

BK7 is the most commonly used materials in laser optics. They feature the following:

- Excellent quality at a low price.
- Very good to process; easy to polish. The achievable polishing quality is suited for high power laser applications.
- Material can be used without exception in transmission in the wavelength range from 400 nm to 2000 nm.
- When used as HR mirror, this material can also be used outside of this wavelength range because the beam does not penetrate the material.

BK7



Typical transmission of BK7 including Fresnel reflection losses for 10 mm pass length.

Saphir

Saphir ist ein synthetisches, monokristallines Aluminiumoxid. Aufgrund seiner Struktur ist es optisch stark anisotrop. Die exakten optischen Eigenschaften sind abhängig von der Orientierung der kristallographischen Achse relativ zur optischen Achse. LASER COMPONENTS verwendet standardmäßig eine „random“-Orientierung bei Saphir. Sollten Sie eine bestimmte Orientierung wünschen, so teilen Sie diese mit.

Gegenüber dem synthetischen Quarz hat Saphir eine fünfmal höhere Bruchfestigkeit und ausgezeichnete Transmissionseigenschaften vom UV- bis in den IR-Bereich bei 5 μm .

Aufgrund seiner Härte ist die Bearbeitung und Politur jedoch viel aufwändiger als beispielsweise bei Quarz oder BK7.

Sapphire

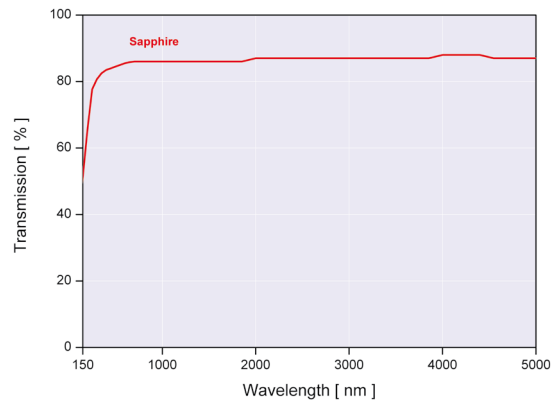
Sapphire is a synthetic, monocrystalline aluminum oxide. Because of its structure, it is optically strongly anisotropic. The exact optical features depend on the orientation of the crystallographic axis relative to the optical axis. LASER COMPONENTS uses a “random” orientation on a standard basis in sapphire. If you require a specific orientation, simply let us know when placing your order.

Sapphire has a breaking strength five times that of synthetic quartz and excellent transmission properties from the UV to the IR range at 5 μm .

Due to its hardness, however, the processing and polishing is much more extensive than for fused silica or BK7.



Sapphire



Typical transmission of Sapphire including Fresnel reflection losses for 10 mm pass length.

CaF₂

CaF₂ sind synthetisch hergestellte Kristalle, die sich durch einen sehr breiten spektralen Transmissionsbereich von etwa 150 nm bis über 5 µm auszeichnen.

Kalziumfluorid-Einkristalle kommen in der Mikrolithografie für Belichtungs- und Projektionsoptiken bei 248 nm und 193 nm zum Einsatz. Die sehr hohe Widerstandsfähigkeit bei Excimer Laseranwendungen macht CaF₂ zum bevorzugten Material. Kalziumfluorid ist weitestgehend resistent gegen aggressive Excimer-Lasergase und kann daher in der Kavität genutzt werden.

Ferner ist CaF₂ aufgrund der breitbandigen Transmission ein häufig verwendetes Material im IR-Bereich.

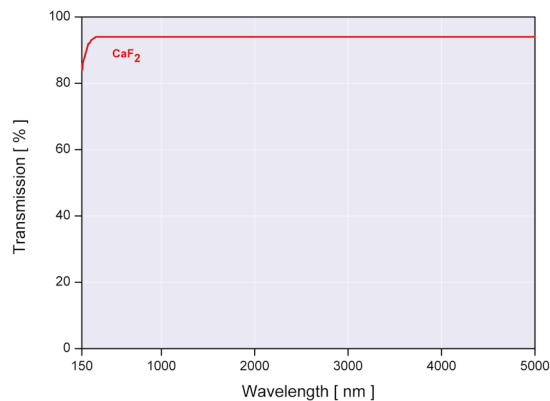
CaF₂

Synthetic calcium fluoride crystals CaF₂ offer a very broad spectral transmission range from approx. 150 nm to above 5 µm.

Calcium fluoride single crystals are required in microlithography for illumination and projection optics at 248 nm and 193 nm. The very high laser durability of CaF₂ makes it the first choice material for excimer laser optics. Calcium fluoride is, for the most part, resistant against aggressive excimer laser gases and can be used inside the cavity.

The material is also very common in the IR range due to the broad transmission range.

CaF₂



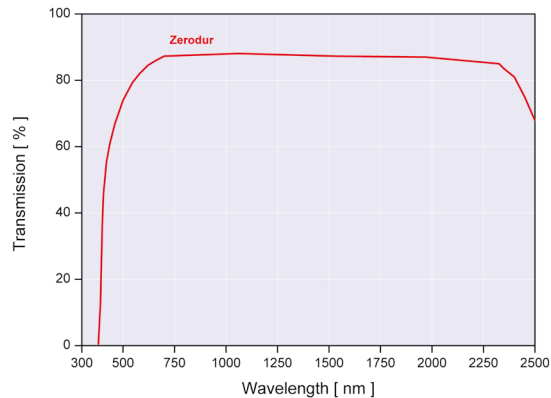
Typical transmission of CaF₂ including Fresnel reflection losses for 10 mm pass length.



Zerodur®

Zerodur® ist eine Glaskeramik mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten von annähernd Null. Die Substrate werden eingesetzt, wenn eine maximale Unempfindlichkeit gegenüber Temperaturschwankungen erforderlich ist. Empfohlen wird Zerodur® bspw. für den Einsatz als Interferometer-Spiegel.

Zerodur®



Typical transmission of Zerodur® including Fresnel reflection losses for 10 mm pass length.

Zerodur® is a glass ceramic with a thermal expansion coefficient of almost zero. These substrates are used when a maximum insensitivity to temperature fluctuations is required. Zerodur® is recommended, for example, for use in interferometer mirrors.

Brechungsindex

Vor allem bei der Verwendung als Linse ist der Brechungsindex des Materials relevant. Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Brechungsindizes für verschiedene gängige Materialien bei unterschiedlichen Laser-Wellenlängen.

Bei doppelbrechenden Materialien, wie bei Saphir oder MgF_2 , ist der Wert sowohl für die ordentliche n_o als auch für die außerordentliche Brechzahl n_e angegeben.

Refractive Index

The refractive index of the material is primarily relevant when used as a lens. The following tables show the refractive indices of different common materials at various laser wavelengths.

For birefringent materials such as sapphire or MgF_2 , the values of both the ordinary n_o and the extraordinary refractive index n_e are given.



Brechungsindex ausgewählter Materialien für UV-Wellenlängen
Refractive Index of Some Materials for UV Wavelengths

Wavelength [nm]	Fused Silica n	Sapphire n _o	Sapphire n _e	CaF ₂ n	MgF ₂ n _o	MgF ₂ n _e
193	1.561	1.929	1.917	1.502	1.428	1.441
213	1.535	1.889	1.878	1.485	1.416	1.429
222	1.527	1.875	1.865	1.480	1.412	1.425
226	1.523	1.870	1.860	1.478	1.410	1.424
244	1.511	1.851	1.841	1.470	1.404	1.417
248	1.509	1.847	1.837	1.468	1.403	1.416
257	1.504	1.840	1.830	1.465	1.401	1.414
266	1.500	1.833	1.824	1.462	1.399	1.412
280	1.494	1.824	1.815	1.458	1.396	1.409
308	1.486	1.811	1.802	1.453	1.392	1.404
325	1.482	1.805	1.796	1.450	1.390	1.402
337	1.479	1.801	1.792	1.448	1.389	1.401
351	1.477	1.797	1.788	1.446	1.387	1.400
355	1.476	1.796	1.787	1.446	1.387	1.399

Brechungsindex ausgewählter Materialien für VIS und IR-Wellenlängen
Refractive Index of Some Materials for Vis and IR Wavelengths

Wave-length [nm]	Fused Silica n	Sapphire n _o	Sapphire n _e	CaF ₂ n	BK7 n	SF6 n	SF10 n	SF11 n	SF14 n
400	1.470	1.787	1.778	1.442	1.531	1.867	1.778	1.845	1.819
442	1.466	1.780	1.772	1.439	1.526	1.844	1.760	1.822	1.797
458	1.465	1.778	1.770	1.438	1.525	1.838	1.754	1.816	1.791
488	1.463	1.775	1.767	1.437	1.522	1.827	1.746	1.806	1.782
515	1.462	1.773	1.765	1.436	1.520	1.820	1.740	1.799	1.775
532	1.461	1.772	1.764	1.435	1.519	1.816	1.737	1.795	1.771
633	1.457	1.766	1.758	1.433	1.515	1.799	1.723	1.779	1.756
670	1.456	1.764	1.756	1.432	1.514	1.795	1.720	1.775	1.752
694	1.455	1.763	1.755	1.432	1.513	1.792	1.718	1.772	1.750
755	1.454	1.761	1.753	1.431	1.512	1.787	1.714	1.768	1.746



Brechungsindex ausgewählter Materialien für VIS und IR-Wellenlängen

Refractive Index of Some Materials for Vis and IR Wavelengths

Wave-length [nm]	Fused Silica n	Sapphire n _o	Sapphire n _e	CaF ₂ n	BK7 n	SF6 n	SF10 n	SF11 n	SF14 n
780	1.454	1.761	1.753	1.431	1.511	1.786	1.712	1.766	1.744
800	1.453	1.760	1.752	1.431	1.511	1.784	1.711	1.765	1.743
820	1.453	1.760	1.752	1.430	1.510	1.783	1.710	1.764	1.742
860	1.452	1.759	1.751	1.430	1.510	1.781	1.709	1.762	1.740
980	1.451	1.756	1.748	1.429	1.508	1.776	1.704	1.757	1.735
1047	1.450	1.755	1.747	1.429	1.507	1.774	1.703	1.755	1.733
1064	1.450	1.754	1.747	1.428	1.507	1.774	1.702	1.754	1.733
1320	1.447	1.750	1.742	1.427	1.503	1.768	1.697	1.749	1.728
1550	1.444	1.746	1.738	1.426	1.501	1.764	1.693	1.745	1.724
2010	1.438	1.737	1.730	1.424	1.494	1.758	1.687	1.738	1.717
2100	–	1.736	1.728	1.423	–	1.756	1.686	1.736	1.716
2300	–	1.731	1.723	1.422	–	1.753	1.682	1.733	1.712
2500	–	1.726	1.719	1.421	–	1.750	–	–	–
2700	–	1.721	1.713	1.420	–	–	–	–	–
2940	–	1.714	1.706	1.418	–	–	–	–	–
4000	–	1.675	1.668	1.410	–	–	–	–	–
5000	–	1.624	1.618	1.399	–	–	–	–	–

Hinweis zur Marken-Inhaberschaft

HPFS® ist eingetragenes Markenzeichen der Corning Inc.

Infrasil® und Suprasil® sind eingetragene Markenzeichen der Heraeus Quarzglas GmbH & Co. KG.

Spectrosil® ist eingetragenes Markenzeichen der Compagnie de Saint-Gobain.

Zerodur® und Lithosil® sind eingetragene Markenzeichen der SCHOTT AG.

Notes on the trademark ownership

HPFS® is a registered trademark of Corning Inc.

Infrasil® and Suprasil® are registered trademarks of Heraeus Quarzglas GmbH & Co. KG.

Spectrosil® is a registered trademark of Compagnie de Saint-Gobain.

Zerodur® and Lithosil® are registered trademarks of SCHOTT AG.

