

## Polarisation

Mit polarisiertem Licht meinen wir optische Strahlung, deren elektrisches Feld in spezifisch regelmäßiger Weise oszilliert. Jedes gewöhnlich polarisierte elektrische Feld kann in zwei orthogonal polarisierte Komponenten zerlegt werden. Ist das Licht linear polarisiert, oszilliert das elektrische Feld in einer einzigen Ebene - der Ebene der Polarisation, und die zwei Komponenten sind in Phase zueinander. Ist das Licht elliptisch polarisiert, so haben die Komponenten eine konstante Phasendifferenz, und die Spitze des Elektrischen-Feld-Vektors folgt einer dreidimensionalen Ellipse, während sich der Strahl ausbreitet.

Zirkular polarisiertes Licht ist eine spezielle Variante elliptisch polarisierten Lichts, bei der die zwei Komponenten eine Phasendifferenz von  $90^\circ$  zueinander haben und der Vektor des elektrischen Feldes eine Spirale mit kreisförmigem Querschnitt beschreibt.

Betrachtet man einen rechts zirkular polarisierten Strahl in Richtung der Strahlquelle, so hat dieser einen Kreisvektor in Uhrzeigerichtung, während ein links zirkular polarisierter Strahl einen Kreis entgegen dem Uhrzeigersinn beschreibt.

## Lineare Doppelbrechung

Linear doppelbrechende uniaxiale kristalline Materialien lassen sich dadurch charakterisieren, dass sie eine einzige Symmetrieachse haben, genannt optische Achse, die die Ausbreitung des Lichtstrahls innerhalb des Kristalls vorgibt.

Dies ist auf zweierlei Arten möglich: entweder als ein ordentlicher Strahl, der in einer Ebene senkrecht zur optischen Achse polarisiert ist oder als ein außerordentlicher Strahl, dessen Polarisationsebene die optische Achse enthält. Jeder dieser beiden Strahlen hat einen unterschiedlichen Brechungsindex, sodass sich sowohl die Phasengeschwindigkeiten (Wellennormalen) als auch die Brechungswinkel beider Strahlen voneinander unterscheiden. Es ist diese letztere Eigenschaft, die es ermöglicht, Prismen aus doppelbrechendem Material so entsprechend zuzuschneiden und zueinander auszurichten, dass sie als Polarisatoren oder polarisierende Strahlteiler geeignet sind.

## Zirkulare Doppelbrechung

Breitet sich ein linear polarisierter Strahl entlang der optischen Achse eines Materials unter Aufweisung von zirkularer Doppelbrechung aus, so wird er in zwei kollineare zirkular polarisierte Strahlen aufgetrennt, deren

Ausbreitungsgeschwindigkeiten leicht voneinander unterscheiden. Beim Austritt dieser beiden Komponenten aus dem Material vereinen sie sich wieder zu einem linear polarisierten Strahl, dessen Polarisationssebene zu derjenigen des eintretenden Strahl rotiert ist.

Dieser Effekt der Erzeugung einer fortschreitenden Rotation der Polarisationssebene mit Phasenweglänge wird optische Aktivität genannt und zur Herstellung optischer Rotatoren genutzt.

## Doppelbrechende Materialien

Zur Produktion unserer Komponenten benutzen wir unterschiedliche Materialien aus einer recht weiten Spannbreite doppelbrechender Kristalle - Calcit (Kalkspat), Quarz, Magnesiumfluorid ( $MgF_2$ ),  $YVO_4$  und  $\alpha$ -BBO.

### Calcit ( $CaCO_3$ , Kalkspat)

Calcit ist häufig das bevorzugte Material aufgrund seiner sehr hohen Doppelbrechung, breiten spektralen Transmission und der Verfügbarkeit von Kristallen in geeigneter Größe. Leider läßt sich Calcit nicht künstlich herstellen. Es existieren ausschließlich natürliche Kristalle, was die maximale Größe von Kristallen mit guter optischer Qualität beschränkt. Es hat den Vorteil, nicht hygroskopisch zu sein, so dass Schutz vor der Atmosphäre nicht erforderlich ist, obwohl es ein recht weicher Kristall ist und leicht zerkratzt wird.

Durch Perfektionierung einiger proprietärer Prozesse für das Schneiden, Schleifen und Polieren erreichen wir Calcitprismen mit perfekten optischen Oberflächen, die üblicherweise eine Planität bis hinunter zu  $\lambda/8$  über mehrere cm mit 10/5 scratch dig. Dieses Können zeigt sich in der hohen Qualität der fertiggestellten Komponenten und erlauben die Verwendung unserer Polarisatoren mit Lasern mit hoher Spitzenleistung.

### Quarz ( $SiO_2$ )

Quarz ist ein extrem nutzbares doppelbrechendes Material und ist sowohl in Form natürlicher Kristalle als auch als synthetische Einkristallkörper erhältlich. Natürliche Kristalle treten als raue Klumpen auf, die eine Orientierung erfordern, um die optische Achse vor dem Bearbeitungsprozess zu bestimmen, während synthetische Kristalle Referenz-Oberflächen haben, die zur kristallografischen Achse ausgerichtet sind. Bei der Entscheidung, welche Art Quarz für eine Komponente benutzt werden sollte, sollten zwei Parameter beachtet werden, bei denen sich beide Arten signifikant voneinander unterscheiden: Größe und spektrale Transmission.

Generell sind Komponenten aus synthetischem Quarz limitiert auf eine maximale Größe in Richtung der optischen Achse von etwa 70mm, während natürliche Quarz-Einkristalle groß genug erhältlich sind, um einen nutzbaren Durchmesser von 100mm zu erreichen. Das andere signifikante Unterscheidungsmerkmal zwischen natürlichem und synthetischem Quarz ist der Cut-Off bei geringer Wellenlänge. Natürliche Quarz hat eine nutzbare Transmission (etwa 80%) ab 220 nm, während synthetisches Quarz auf ähnliche Weise ab 190nm transmittiert. Beide transmittieren bis hin zu 2,6µm.

Quarz ist sehr hart (Mohs-Skala 7) und sehr stabil. Es eignet sich daher zur Herstellung von sehr dünnen Low-Order Verzögerungsplatten. Im Gegensatz zu Calcit oder Magnesiumfluorid zeigt Quarz zirkulare Doppelbrechung und es existiert keine gleichförmige Richtung (optische Achse), an der entlang sich ordentliche und außerordentliche Strahlen mit dem gleichen Brechungsindex und der gleichen Geschwindigkeit ausbreiten. Stattdessen ist die optische Achse diejenige Richtung, bei der die beiden Brechungsindices am nächsten sind: ein Strahl breitet sich an dieser Achse entlang aus als zwei polarisierte Strahlen mit entgegengesetzter Händigkeit (Chiralität). Dies produziert eine fortschreitende optische Rotation des planar polarisierten Eintrittsstrahls. Dieser Effekt ist bei der Herstellung von Rotatoren von hohem Nutzen.

## Magnesiumfluorid (MgF<sub>2</sub>)

Einkristallines Magnesiumfluorid ist ein weiteres sehr nützliches Material zur Herstellung von Polarisatoren aufgrund seiner sehr breiten spektralen Transmission, das sich von 120nm im Vakuum-UV bis jenseits von 7,0µm im IR-Bereich erstreckt. Weil geeignete brechungsindex-anpassende Kitte unterhalb von 220nm nicht transmittieren, werden Polarisatoren aus Magnesiumfluorid durch optische Kontaktierung der zwei Prismen hergestellt.

Aus diesem Material können auch dünne Platten zur Verwendung in achromatischen Verzögerungsplatten gefertigt werden. In diesen Komponenten wird die spektrale Dispersion des Magnesiumfluorids genutzt, um die des Quarzes zu kompensieren, so dass eine nahezu gleichbleibende Verzögerung über einen definierten spektralen Bereich erreicht wird.

## Yttrium-Orthovanadat (YVO<sub>4</sub>)

Yttrium-Orthovanadat ist aufgrund seines ausgedehnten Wellenlängenbereichs sehr nützlich. Wir haben Polarisatoren im Angebot, die bis zu einer Wellenlänge von 4000nm (4µm) funktionsfähig sind. Magnesiumfluorid ist auch ein sehr guter Kandidat, aber der

Separationswinkel bei der Verwendung von  $\text{YVO}_4$  für Wollaston- und Rochonpolarisatoren ist sehr viel größer.

## $\alpha$ -Barium Borate ( $\alpha$ -BBO)

Die Form von BBO ( $\alpha$ - $\text{BaB}_2\text{O}_4$ ) bei hohen Temperaturen ist ein negativer, einachsiger Kristall. Es hat eine hohe Doppelbrechung über den breiten Transparenzbereich von 190nm bis 3500nm. Aufgrund seiner besonderen Transparenz im UV, seiner guten mechanischen Eigenschaften und hohen Zerstörschwelle ist  $\alpha$ -BBO ein excellenter Kristall, um Calcit,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{LiNbO}_3$  etc. in Glan-Taylor und Glan-Thompsonpolarisatoren ebenso zu ersetzen wie in Beam-Displacer-Prismen, insbesondere für hohe Leistung und UV-Polarisatoren. Da der Kristall zentrosymmetrisch ist, kann er nicht für nicht-lineare optische Anwendungen verwendet werden.

Wir hoffen, dass Ihnen dieses kurze Tutorial von Nutzen war. [Kontaktieren Sie uns bitte](#), sollten Sie weitere Informationen zu den erhältlichen doppelbrechenden Materialien oder möglichen Komponenten benötigen.