

Bandpassfilter

Allgemeine Spezifikationen

Ein Bandpassfilter wird spektral durch ein definiertes Passband charakterisiert, an das beidseitig Sperrbereiche anschließen. Die Angabe von Pass- und Sperrband ist gleichzeitig heutzutage die sinnvollste Art, einen Filter zu spezifizieren. Traditionell werden CWL und FWHM zur Spezifikation verwendet, aber durch Fortschritte bei der Kantensteilheit ist insbesondere die FWHM eine in der Praxis schwer handhabbare Größe.



- **CWL** (central wavelength) des Bandpasses
Sie definiert die Mittenwellenlänge des Bandpasses

- **Maximaltransmission T [%]**
T gibt die prozentuale Transmission der Filter im Peak an.

- **Blocking** (optische Dichte) im Sperrbereich
Mit Blocking bezeichnet man die Fähigkeit eines Filters, unerwünschte Spektralbereiche zu sperren.
Beispiel:
OD 4 bedeutet eine Transmission von 10^{-4} bzw. 0.01 %.

- **Cut-on-Wellenlänge**
Die Wellenlänge, bei der ein Langpassfilter 50% transmittiert.

- **Cut-off-Wellenlänge**
Die Wellenlänge, bei der ein Kurzpassfilter 50% transmittiert.

- **FWHM** die Halbwertsbreite des Bandpasses
Sie gibt die Spektralbreite an, bei der das Signal auf 50% des Maximalwertes abgefallen ist.

- **Arbeitstemperatur**
Bandpassfilter sind bei Raumtemperatur spezifiziert. Sie besitzen aber einen positiven Temperaturkoeffizienten; d. h. mit steigender Temperatur verschiebt sich die CWL zu längeren Wellenlängen.
Beispiel:
CWL = $\lambda_0 = 500 \text{ nm}$
Temperaturkoeffizient $[\Delta\lambda_0/^\circ\text{C}] = 0,01 \text{ nm}/^\circ\text{C}$
Bei einer Temperaturänderung von 22° auf 50°C ergibt sich eine Wellenlängenänderung von $+0.28 \text{ nm}$

- **Einfallswinkel: Formel**
Folgende Formel zeigt den Zusammenhang zwischen Einfallswinkel und Wellenlängendrift, sie ist jedoch nur bis 15° Einfallswinkel anwendbar.
Es gilt:

$$\frac{\lambda_\Phi}{\lambda_0} = \frac{\sqrt{N^2 - \sin^2 \Phi}}{N}$$

mit $\lambda_0 = \text{CWL @ AOI} = 0^\circ$

$\lambda_\Phi = \text{CWL @ AOI} = \theta^\circ$

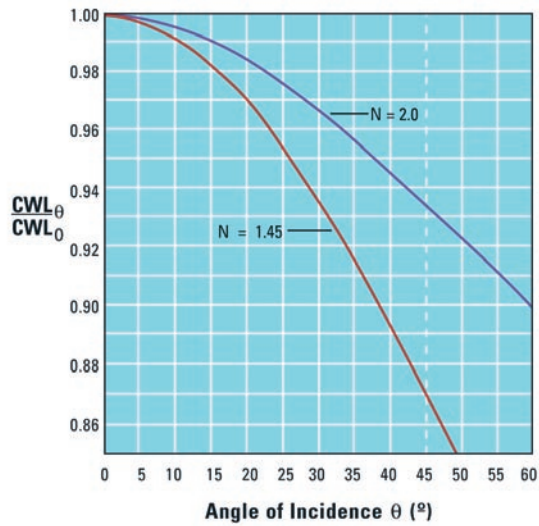
$N =$ effektiver Brechungsindex abgeleitet von den Indizes der Dünnschichten und des Substratmaterials

- **Einfallswinkel: Spektrale Effekte**
Bei einem Filter, der entweder mit gebündeltem Licht senkrecht oder aber mit parallelem Licht schräg beleuchtet wird, verschiebt sich das Passband ins Blaue und wird breiter. Die Blauverschiebung wird durch die Verringerung des Weglängenunterschiedes zwischen transmittiertem und reflektiertem Strahl verursacht. Bei der Ausbreitung in der Schicht wirken unterschiedliche Brechungsindizes je nach Polarisationsrichtung. Dies bewirkt eine Verbreiterung in der P-Ebene und eine Verengung in der S-Ebene. Schiefe Inzidenz verursacht immer eine Blauverschiebung und bei unpolarisiertem Licht eine spektrale Verbreiterung. Der Effekt ist bis 20° Verkippung moderat, und die CWL wird gut transmittiert. Bei stärkerer Verkippung oder größerem Öffnungswinkel des Strahles kann der Effekt sehr starke Auswirkungen haben, bis zum Fall, dass stark verkippete Anteile nicht mehr transmittiert werden.

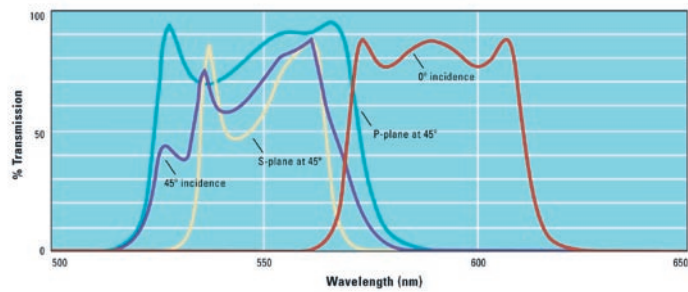
- **Einfallswinkel: Feinabstimmung**
Es gibt Fälle, wo die in der Applikation benötigte Genauigkeit die Fertigungstoleranzen übersteigt. Beispiel: Ein 2 nm breiter Bandpass hat fertigungsbedingt eine CWL-Toleranz von $\pm 0.4 \text{ nm}$, gebraucht werden aber $-0/+0.4 \text{ nm}$. In einem solchen Fall empfiehlt sich eine Rotverschiebung der CWL Spezifikation um 0.4 nm. Auf diese Weise kann der Filter durch leichte Verkippung (und der damit verbundenen Blauverschiebung) immer exakt auf die gewünschte spektrale Position justiert werden.



Blauverschiebung in Abhängigkeit vom Einfallswinkel für zwei verschiedene Designs:
 N = 2.0 Zinksulfid-Spacer
 N = 1.45 Kryolith-Spacer



Einfallswinkel:
 Polarisationseffekte



Temperatureffekte
 typische thermische Koeffizienten
 für die CWL Verschiebung

Wavelength range (nm)	Thermal coefficient (nm of shift per 1 °C change)
300 - 400	0.016
400 - 500	0.017
500 - 600	0.018
600 - 700	0.019
700 - 800	0.020
800 - 900	0.023
900 - 1000	0.026

11/06 / V1 / HW / lcf/ bandpassfilter-allgemein-d.pdf

