

3. Antireflexionsbeschichtungen

Antireflexionsschichten verringern die Reflexionsverluste und erhöhen somit die Transmission optischer Komponenten, wie z.B. Linsen, Prismen und Fenster. Insbesondere bei Materialien mit einem großen Brechungsindex sind AR-Schichten erforderlich. Zu beachten ist, dass die Wirkung dieser abhängig ist von der Wellenlänge, dem Einfallswinkel und dem Polarisationszustand des einfallenden Lichtes.

Bei senkrechtem Lichteinfall gilt für die Reflexion R

$$R = \left(\frac{n_{\text{Glas}} - n_{\text{Luft}}}{n_{\text{Glas}} + n_{\text{Luft}}} \right)^2$$

Der Zusammenhang kann in Näherung auch für Einfallswinkel bis zu 50° angenommen werden. Aus dieser Formel resultieren die in der nebenstehenden Tabelle aufgeführten Reflexionsgrade für unbeschichtetes Material (senkrechter Einfall).

Antireflexionsschichten bestehen aus einer oder mehreren dielektrischen Schichten. Der konkrete Aufbau wird durch die Substratart, die Wellenlänge, den Einfallswinkel und den Polarisationszustand

des Lichtes sowie den kundenspezifischen Anforderungen bestimmt.

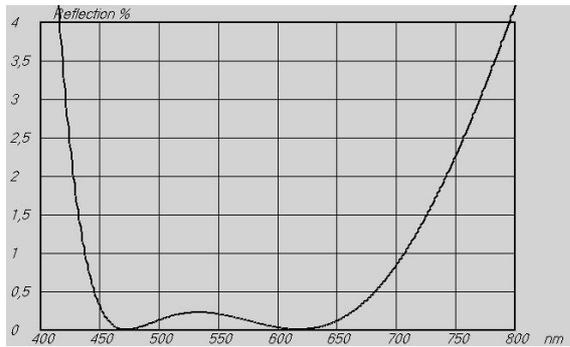
Material	n (589,3 nm)	Reflexion
N-BK7	1,517	4,2 %
N-BaK4	1,569	4,9 %
N-SF11	1,784	7,9 %
Quarzglas	1,459	3,5 %
	n (4200 nm)	
Si	3,424	29,9 %
Ge	4,022	36,2 %
ZnSe	2,195	14,0 %
CaF ₂	1,407	2,9 %

Prinzipiell werden Breitband-AR-Beschichtungen und Linien-AR-Beschichtungen (V-Typ) unterschieden. Letztere sind optimiert bezüglich einer einzelnen Wellenlänge, was insbesondere in der Lasertechnik zum Einsatz kommt. Einen Spezialfall stellt die Zweipunkt-AR-Beschichtung dar, die gleichzeitig für zwei Wellenlängen optimiert ist, z.B. für die 1. und 2. harmonische Wellenlänge des Nd:YAG-Lasers (532 nm und 1064 nm).

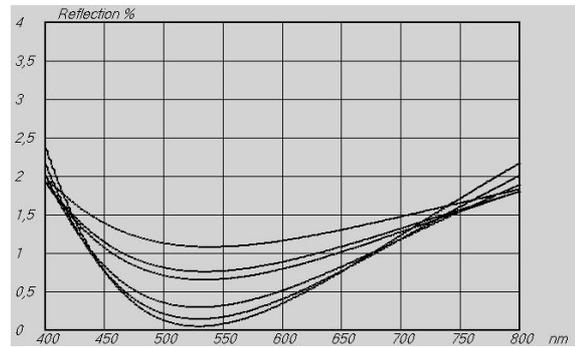
Technische Daten – Antireflexionsbeschichtungen (Auswahl)		
Bezeichnung der AR-Schicht	Wellenlänge / Substrat	Typische Restreflexion
Einfachschicht	MgF ₂ , optimiert für den UV, VIS oder NIR-Bereich	
V-Typ-AR-Schicht (Optimierung für eine Wellenlänge)	240 ÷ 450 nm auf Quarzglas	R < 0,25 %
	450 ÷ 1200 nm auf optischem Glas	R < 0,2 %
	900 ÷ 6000 nm auf Si und Ge	R < 0,3 %
	10,6 µm auf ZnSe	R < 0,2 %
Zweipunkt-AR-Schicht (Optimierung für zwei Wellenlängen)	400 & 800 nm	R < 0,25 %
	532 & 1064 nm	R < 0,25 %
	780 & 1064 nm	R < 0,25 %
Breitband-AR-Schicht – Basic	300 ÷ 1500 nm auf Quarzglas und optischem Glas mit Bandbreite λ ₁ - λ ₂ : λ ₂ = 1,5•λ ₁ (z.B. 440 – 660 nm)	R (D) < 0,4 %
Breitband-AR-Schicht – Wide	450 ÷ 1500 nm auf optischem Glas mit Bandbreite λ ₁ - λ ₂ : λ ₂ = 2•λ ₁ (z.B. 450 – 900 nm)	R (D) < 0,5 %
Breitband-AR-Schicht – Very Wide	500 ÷ 1100 nm auf optischem Glas mit Bandbreite 500 – 1100 nm	R (D) < 0,6 %
Breitband-AR-Schicht – Si	3,0 ÷ 5,5 µm auf Silizium	R (D) < 1,5 %

R (D) – durchschnittliche Restreflexion innerhalb der spektralen Bandbreite

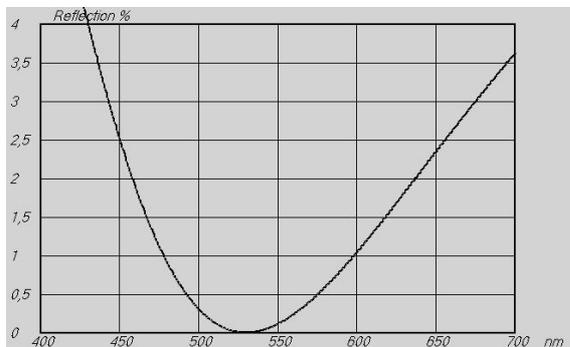
Reflexionskurven für Beispielanwendungen



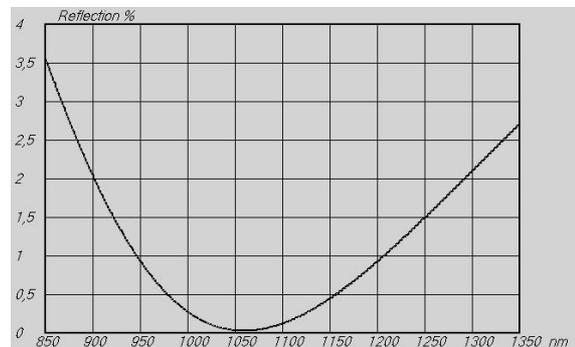
3-Layer AR-Beschichtung auf N-BK7



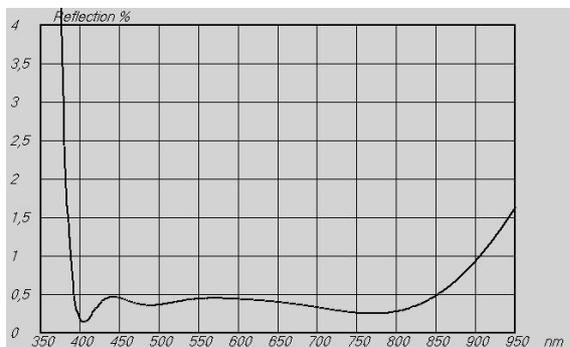
MgF₂ Einzelschicht auf unterschiedlichen Gläsern



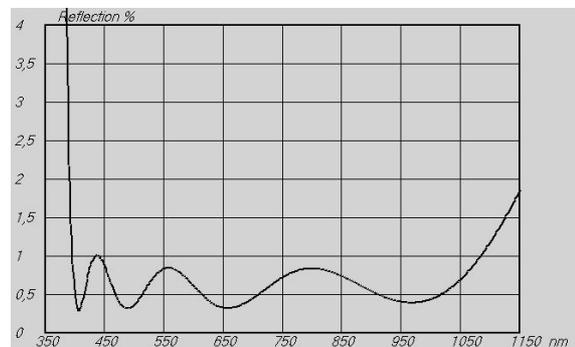
V-Typ AR-Beschichtung für 532nm



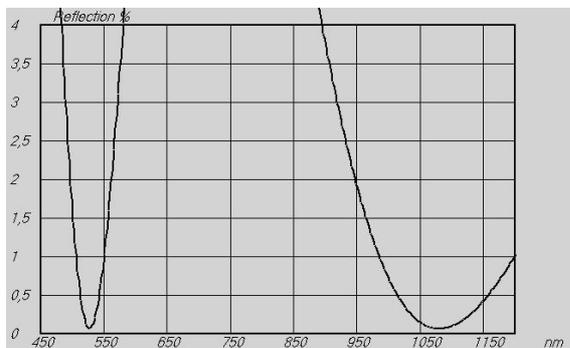
V-Typ AR-Beschichtung für 1064nm



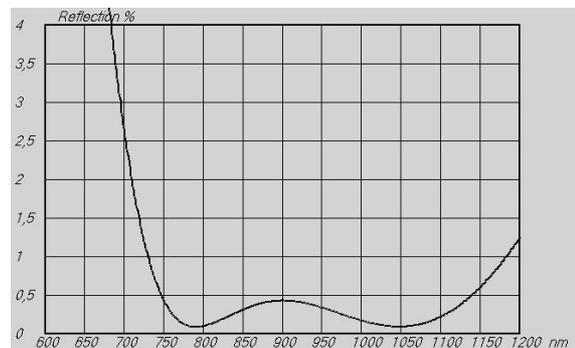
Breitband AR-Beschichtung für den VIS-Bereich



Breitband AR-Beschichtung für VIS- und NIR



2-Punkt AR für 532 & 1064nm



2-Punkt AR für 780 & 1064nm