



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 295 933 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) G 02 B 5/28

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD G 02 B / 320 370 2	(22)	03.10.88	(44)	14.11.91
(71)	siehe (73)				
(72)	Pfeifer, Peter, Dipl.-Phys.; Wurlitzer, Gottfried, Dipl.-Chem.; Schallenberg, Uwe, Dipl.-Phys.; Hübelt, Ingrid; Jacob, Gertraud, DE				
(73)	Carl Zeiss JENA GmbH, Carl-Zeiss-Straße 1, O - 6900 Jena, DE				

(54) Dielektrischer Langpaßfilter für den nahen ultravioletten und sichtbaren Spektralbereich

(55) Langpaßfilter; Kaltlichtspiegel, dielektrisch; Interferenzschichten; optische Dicke;

UV-VIS-Spektralbereich; Spektralkante; Sperrbereich; Reflexion; Durchlaßbereich; Transmission

(57) Die Erfindung findet Anwendung als Spektralteiler oder Kaltlichtspiegel in optischen Systemen. Bei einem Langpaßfilter mit auf transparentem Träger angeordnetem $\lambda_0/4$ -Wechselschichtsystem hoher Schichtenzahl ≥ 25 und optisch halb so dicker erster und letzter, hochbrechender Interferenzschicht weisen erfindungsgemäß die 13 oder 15 Interferenzschichten einer trägernahen ersten Wechselschichtgruppe eine um einen gleichen Faktor von 0,88 bis 0,94 geringere optische Dicke als die entsprechenden Interferenzschichten einer zweiten, dem Umgebungsmedium nahen Wechselschichtgruppe auf. Dadurch wird eine Erhöhung der Transmission auf $T \geq 95\%$ in Spektralkantennähe des Durchlaßbereiches bei gleichzeitiger Gewährleistung eines breiten Sperrbereiches hoher Reflexion erzielt. Fig. 1

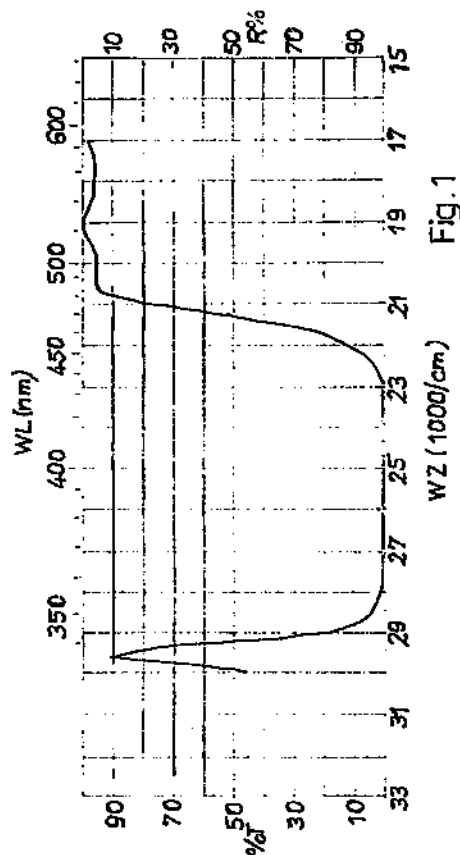


Fig. 1

Patentanspruch:

Dielektrischer Langpaßfilter für den nahen ultravioletten und sichtbaren Spektralbereich, bestehend aus einem transparenten Träger und einem darauf angeordneten System von mindestens 25 abwechselnd hoch- und niedrigbrechenden nichtmetallischen Interferenzschichten, bei dem die erste, an den Träger angrenzende und die letzte, das Wechselschichtsystem zum Umgebungsmedium hin abschließende Interferenzschicht jeweils eine hochbrechende Schicht ist, deren optische Dicke jeweils halb so groß ist wie die optischen Dicken der dazwischenliegenden Interferenzschichten, wobei die spektrale Lage des Wechselschichtsystems durch eine Schwerpunktwellenlänge λ_0 charakterisiert wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Wechselschichtsystem aus zwei Wechselschichtgruppen aufgebaut ist, von denen die trägernahere erste Wechselschichtgruppe 13 oder 15 Interferenzschichten umfaßt und daß ihre erste Interferenzschicht gegenüber der letzten Interferenzschicht der zweiten Wechselschichtgruppe sowie ihre weiteren 12 oder 14 Interferenzschichten gegenüber den verbleibenden, $\lambda_0/4$ dicken Interferenzschichten der zweiten Wechselschichtgruppe jeweils eine um einen gleichen Faktor α im Bereich von 0,88 bis 0,94 geringere optische Dicke aufweisen.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft einen dielektrischen Langpaßfilter für den nahen ultravioletten (UV-) und den sichtbaren (VIS-) Spektralbereich.
Derartige Langpaßfilter finden als Spektralleiter oder Kaltlichtspiegel in optischen Systemen wissenschaftlicher Geräte Anwendung.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Der Einsatz dielektrischer Wechselschichtsysteme als optische Filter wurde in der Fachliteratur sowohl allgemein als auch für spezielle Fälle beschrieben.

Für die Anwendung als Langpaßfilter, d.h. der kurzwellige Teil der elektromagnetischen Strahlung soll gesperrt und der langwellige Teil durchgelassen werden, sind für den sichtbaren und den nahen UV-Bereich $\lambda_0/4$ -Wechselschichtsysteme der Form $T / (0,5H N 0,5H)^x / L$ bekannt (McLeod, Thin Film Optical Filters; Adam Hilger Ltd: London 1969, S. 111 ff.). Dabei haben die verwendeten Symbole folgende Bedeutung:

T: transparenter Träger, i. allg. Glas;
L: Umgebungsmedium, i. allg. Luft;
0,5H: hochbrechende Schicht der optischen Dicke $\lambda_0/8$;
N: niedrigbrechende Schicht der optischen Dicke $\lambda_0/4$;
x: Periodenzahl, die angibt, wie oft die Periode (0,5H N 0,5H) im Schichtsystem wiederholt wird;
 λ_0 : Schwerpunktwellenlänge des Systems, welche die spektrale Lage des Wechselschichtsystems angibt.

Die Höhe und Breite des Sperrbereiches eines solchen Wechselschichtsystems wird vom Brechzahlverhältnis $n H/n N$ und von der Anzahl der Schichten $2 \times +1$ bestimmt. Um einen breiten Bereich hoher Sperrung, also geringer Transmission zu erzielen, muß das Brechzahlverhältnis und/oder die Schichtenzahl erhöht werden. Das hat aber den Nachteil, daß insbesondere in der Nähe der Spektralkante des Filters eine große Welligkeit im Transmissionsbereich auftritt, d.h. die Transmission in diesem Bereich stark wellenlängenabhängig ist und relativ niedrige Werte annehmen kann. Eine Möglichkeit, die Welligkeit im Durchlaßbereich zu verringern, welche insbesondere im IR-Spektralbereich angewandt wird, besteht darin, die Wechselschichtsysteme aus von der optischen Dicke $\lambda_0/4$ abweichenden Schichten aufzubauen (J.S. Seeley, S.D. Smith, Appl. Opt. 51 [1966] 81-85).

Derartige Schichtsysteme sind jedoch aufgrund der unterschiedlichen optischen Dicken der einzelnen Schichten nur schwierig herstellbar. Nachteilig macht sich außerdem bemerkbar, daß Wechselschichtsysteme mit von $\lambda_0/4$ abweichenden optischen Dicken keine maximale Breite des Sperrbereiches haben, wie es bei reinen $\lambda_0/4$ -Schichtsystemen der Fall ist (J.J. Vera, Optica Acta 11 [1964] 315).

Zur Verringerung der Welligkeit der Transmission im Durchlaßbereich ist es weiterhin möglich, das Schichtsystem aufzuteilen und je ein $\lambda_0/4$ -System geringer Schichtenzahl entweder auf 2 Träger aufzubringen und diese dann miteinander zu verkleben oder einen Träger beidseitig zu beschichten (McLeod, Thin Film Optical Filters, Adam Hilger Ltd: London 1969, S. 111 ff.). Bei genügend dicken Trägern beeinflussen sich die beiden Schichtsysteme nicht und man erhält durch die geringe Schichtenzahl jedes Schichtsystems eine relativ hohe Transmission bei guter Sperrung, wobei für verlustfreie Schichtsysteme die Beziehung

$$T = \frac{T_1 \cdot T_2}{1 - R_1 \cdot R_2}$$

gilt. Dabei bedeuten T_1 und T_2 die Transmissionswerte und R_1 und R_2 die Reflexionswerte der beiden Schichtsysteme.

Auf dem Glasträger T mit der Brechzahl $n_T = 1,52$ ist ein Wechselschichtsystem aus insgesamt $m + n = 35$ Interferenzschichten angeordnet, wobei die hochbrechenden Schichten (z. B. aus Ta_2O_5) eine Brechzahl von $n_H = 2,2$ und die niedrigbrechenden Schichten (z. B. aus SiO_2) eine Brechzahl von $n_N = 1,45$ haben. Die ersten, an den Träger angrenzenden $m = 13$ Interferenzschichten weisen erfindungsgemäß alle eine um den Faktor

$$\alpha = \frac{N_1}{N_2} = \frac{H_1}{H_2} = 0,88$$

geringere optische Dicke (Produkt aus Brechzahl und geometrischer Schichtdicke) als die restlichen $n = 22$ Interferenzschichten auf, welche, bezogen auf die Schwerpunktwellenlänge λ_0 , mit Ausnahme der letzten hochbrechenden Schicht mit einer optischen Dicke $\lambda_0/8$ alle eine optische Dicke von $\lambda_0/4$ besitzen.

Ein Vergleich der Spektralkurve des erfindungsgemäßen dielektrischen Langpaßfilter nach dem Stand der Technik macht den durch die Erfindung erzielten Effekt deutlich.

Gegenüber dem Langpaßfilter mit nur 17 Interferenzschichten (vgl. Fig. 1) zeigt der erfindungsgemäße dielektrische Langpaßfilter einen um 37% breiteren Sperrbereich und eine größere Kantensteilheit bei gleichguten Transmissionswerten $\geq 95\%$ im Durchlaßbereich in Nähe der Spektralkante.

Um eine 10% höhere Transmission im Durchlaßbereich in Nähe der Spektralkante bei gleichguter Steilheit der Spektralkante und gleicher maximaler Breite des Sperrbereiches zeichnet sich das erfindungsgemäße dielektrische Langpaßfilter gegenüber dem aus 25 Interferenzschichten aufgebauten Langpaßfilter (vgl. Fig. 2) aus.

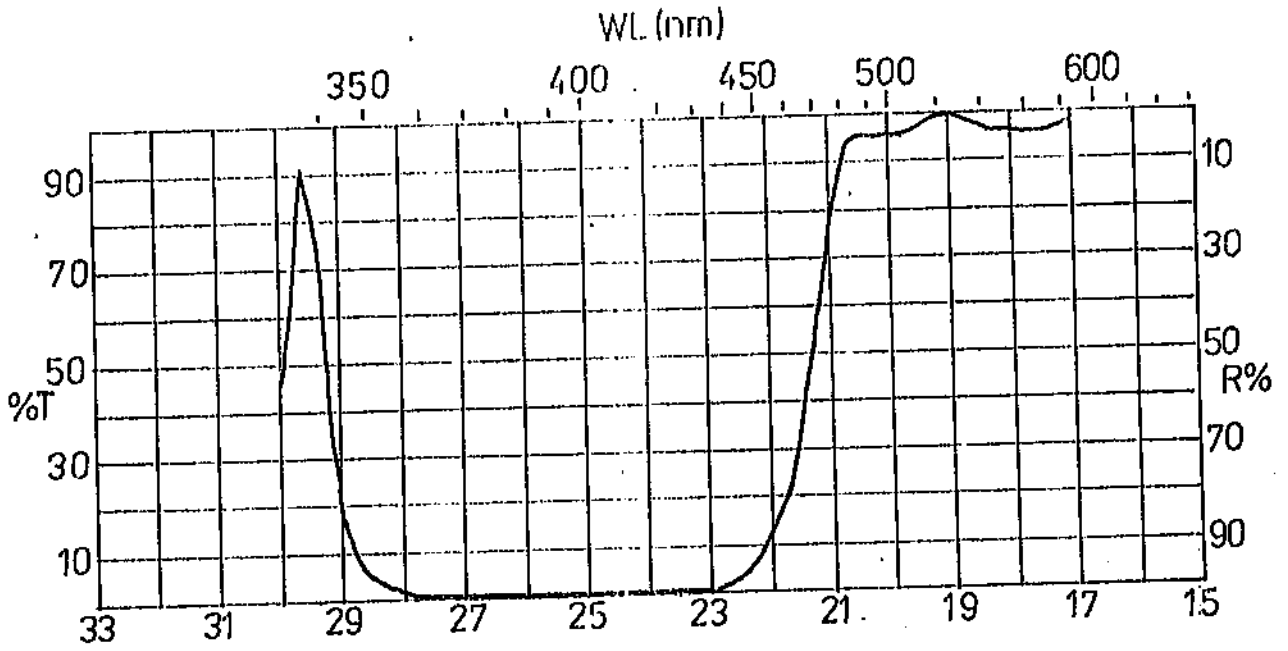


Fig. 1

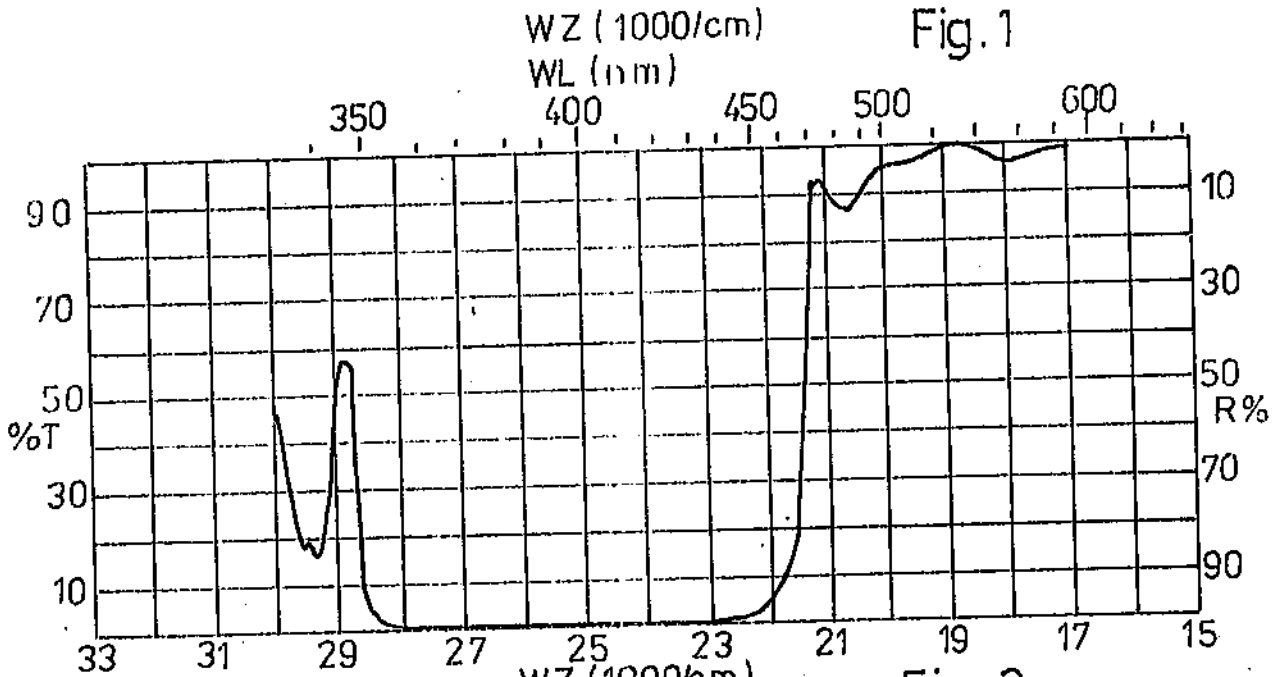


Fig. 2

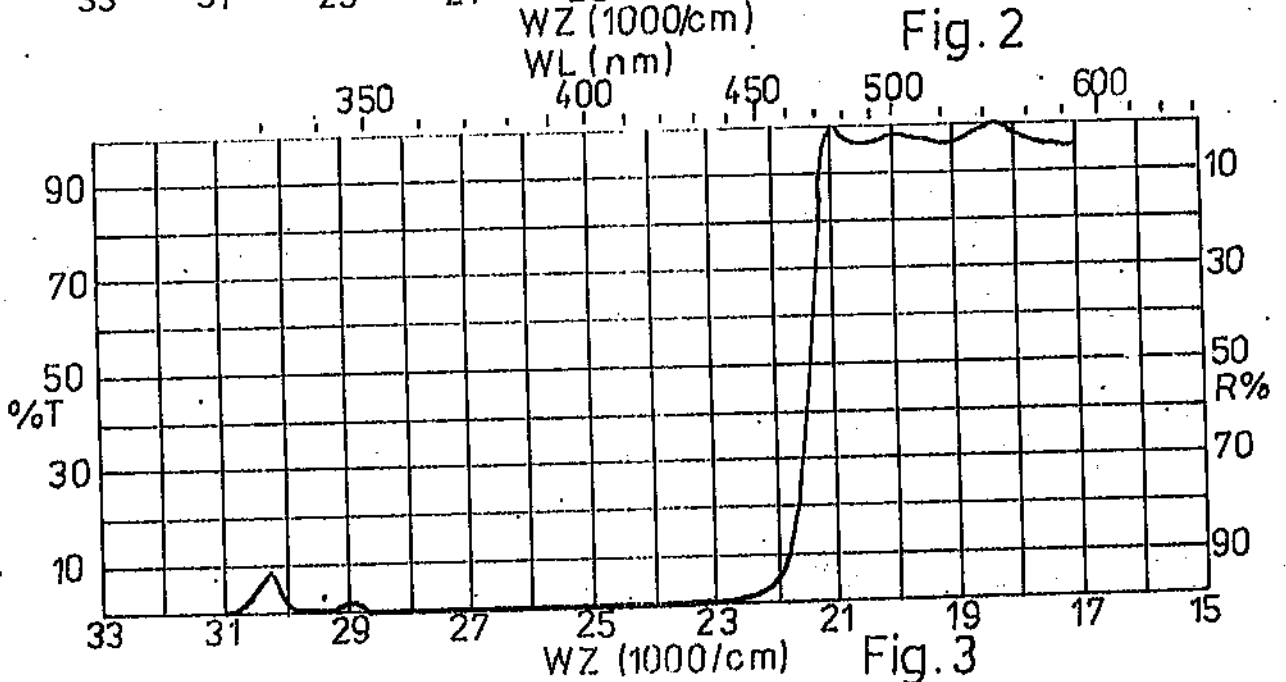


Fig. 3