



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 292 725 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 1/10~~
G 02 B 5/08

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD G 02 B / 304 501 3	(22)	02. 07. 87	(44)	08. 08. 91
------	-----------------------	------	------------	------	------------

(71)	siehe (73)
(72)	Pfeifer, Peter, Dipl.-Phys.; Dummernix, Erich; Schallenberg, Uwe, Dipl.-Phys.; Wurlitzer, Gottfried, Dipl.-Chem., DE
(73)	Carl Zeiss JENA GmbH, Carl-Zeiss-Straße 1, O - 6900 Jena, DE

(54)	Dielektrischer Spiegel
------	-------------------------------

(55)

Spiegel-Wechselschichten-Ultraviolett-Titandioxid-Siliziumdioxid-Tantaloxid-Reflexionsbandbreite-Beleuchtungssysteme

(57) Die Erfindung betrifft einen dielektrischen Spiegel für das nahe UV-Spektralgebiet. Das dielektrische Wechselschichtsystem besteht aus bis zu $19 \lambda/4$ -Wechselschichten aus $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ und 2 bis 6 zusätzlichen $\lambda/4$ -Schichten aus $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$. In einer Zeichnung sind unter 1 das Reflexionsspektrum des Systems aus 19 $\lambda/4$ -Wechselschichten $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$, unter 3 das Spektrum der erfindungsgemäßen Lösung und unter 2 das Spektrum des Systems aus 19 $\lambda/4$ -Schichten $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$ zum Vergleich dargestellt.

Erfindungsanspruch:

Dielektrischer Spiegel für das ultraviolette Spektralgebiet, bestehend aus einem lichtdurchlässigen Träger und einem System aus bis zu 19 dielektrischen Wechselschichten aus $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ - $\lambda/4$ -Schichten für den nahen UV-Bereich (300 bis 400 nm), dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich 2 bis 6 $\lambda/4$ -Wechselschichten aus $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$ oder $\text{ZrO}_2/\text{SiO}_2$ das System zur Lichtquelle hin abschließen.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung findet in Beleuchtungssystemen optischer Präzisionsgeräte Anwendung.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Dielektrische Wechselschichtsysteme sind aus hochbrechenden und niedrigbrechenden dielektrischen Schichten aufgebaut. Auf entsprechende Träger aufgebracht, dienen sie als Selektivspiegel, die bestimmte Wellenlängen der elektromagnetischen Strahlung reflektieren und andere hindurch lassen. Der Aufbau und die Herstellung solcher Wechselschichtsysteme wird in der Literatur sowohl allgemein beschrieben als auch eine Anzahl spezieller Lösungen vorgestellt. Zur Realisierung einer möglichst hohen Reflexion bei relativ einfacher und reproduzierbarer Fertigung werden in vielen Fällen $\lambda/4$ -Wechselschichtsysteme verwendet, d. h. die optische Dicke (Produkt aus Brechzahl und geometrischer Dicke) ist gleich $1/4$ der Wellenlänge, bei der die maximale Reflexion erreicht werden soll. Die Breite des Reflexionsbandes und die Höhe der Reflexion eines solchen $\lambda/4$ -Wechselschichtsystems wird durch die Brechzahlen der Schichtmaterialien und die Anzahl der Schichten bestimmt. Für den sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums werden wegen ihrer guten mechanischen Eigenschaften, wie Härte und Schichthaftung sowie ihrer guten chemischen Resistenz und Strahlungsbeständigkeit als hochbrechendes Material TiO_2 und als niedrigbrechendes Material SiO_2 breit angewandt. Wenn man diese Materialien auf Grund ihrer guten Eigenschaften für Spiegel im kurzwelligen Spektralbereich einsetzen will ($\lambda < 400$ nm), kommt es wegen der Eigenabsorption des TiO_2 zu Absorptionsverlusten, die in der Größenordnung von einigen Prozent liegen können. In der Literatur (Koppelman, Annalen der Physik 7 [5] [1960] S. 388–398) wird diese Begrenzung der Reflexion bei Wechselschichtsystemen an schwach absorbierenden Substanzen beschrieben.

Corniglia und Apfel (JOSA 70 [5] [1980] S. 523–534) schlagen ein Verfahren vor, mit dem man durch Modifikation der einzelnen Schichtdicken eines Wechselschichtsystems die Reflexion über das von Koppelman für $\lambda/4$ -Wechselschichtsysteme angegebene Maximum erhöhen kann. Da die optische Dicke einer Anzahl von Schichten bei diesen Systemen von $\lambda/4$ abweichen muß, sind sie sehr schwierig herstellbar. Weiterhin macht sich nachteilig bemerkbar, daß die Breite des Reflexionsbandes geringer ist, als bei einem reinen $\lambda/4$ -System.

Eine andere Möglichkeit der Reflexionserhöhung könnte darin bestehen, das TiO_2 durch ein anderes absorptionsfreies Metalloxid zu ersetzen. Da aber mit der Verschiebung der Adsorptionskante zu kürzeren Wellenlängen hin die Brechzahl der Materialien abnimmt, ist es notwendig, die Schichtenzahl im Wechselschichtsystem wesentlich zu erhöhen. Das kann zu Stabilitätsproblemen im Schichtsystem führen. Weiterhin nimmt durch die geringere Brechzahl des hochbrechenden Materials die Breite des Reflexionsbereiches ab. Eine Erhöhung der Bandbreite ist nur durch komplizierte Systeme möglich, in denen die optischen Dicken der einzelnen Schichten von $\lambda/4$ abweichen.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht in der Realisierung eines Spiegels für den ultravioletten Spektralbereich mit großer Breite des Reflexionsbandes, der relativ einfach und reproduzierbar herzustellen ist.

Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Reflexionsvermögen eines absorbierenden dielektrischen $\lambda/4$ -Wechselschichtsystems zu erhöhen und die Breite des Reflexionsbandes zu erweitern. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß auf Basis eines $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ -Wechselschichtsystems in 2 bis 6 zusätzlichen Schichten das im UV absorbierende TiO_2 durch ein absorptionsfreies, hochbrechendes Material aus Ta_2O_5 oder ZrO_2 ersetzt wird.

Bei Untersuchungen dieser Metalloxidschichten wurde überraschenderweise gefunden, daß bereits mit wenigen zusätzlichen Schichten aus $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$ oder $\text{ZrO}_2/\text{SiO}_2$ nicht nur eine wesentliche Reflexionserhöhung erreicht wird, ohne daß der spektrale Reflexionsbereich vermindert wird, sondern im Gegenteil, der Bereich höchster Reflexion noch verbreitert wird.

Ausführungsbeispiel

Ausgegangen wird von einem $\lambda/4$ -Wechselschichtsystem aus 15 Schichten $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ mit einer Schwerpunktwellenlänge von 390 nm. Auf diese werden nachfolgend 4 Ta_2O_5 - und SiO_2 -Schichten aufgebracht. In der Zeichnung ist das Reflexionsvermögen dieses Systems im Vergleich zu einem System aus 19 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ - und einem weiteren System aus 19 $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$ -Wechselschichten dargestellt, wobei unter 1 das Reflexionsspektrum des Systems $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$, unter 3 das Spektrum des erfindungsgemäßen Systems und unter 2 das Spektrum des Systems $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$ abgebildet ist.