



⑫ A **Terinzagelegging** ⑪ **8301824**

Nederland

⑲ NL

⑤4 **Optisch element bestaande uit een doorzichtig substraat en een antireflectieve bekleding voor het golflengtegebied in het nabije infrarood.**

⑤1 Int.Cl.³: G02B 1/10, G02B 13/14.

⑦1 Aanvrager: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.

⑦4 Gem.: Ir. R.A. Bijl c.s.
Internationaal Octrooibureau B.V.
Prof. Holstlaan 6
5656 AA Eindhoven.

②1 Aanvraag Nr. 8301824.

②2 Ingediend 24 mei 1983.

③2 --

③3 --

③1 --

⑥2 --

④3 Ter inzage gelegd 17 december 1984.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

"Optisch element bestaande uit een doorzichtig substraat en een anti-reflectieve bekleding voor het golflengtegebied in het nabije infrarood".

De uitvinding heeft betrekking op een optisch element bestaande uit een doorzichtig substraat en een daarop aangebrachte anti-reflectieve bekleding voor het golflengtegebied van ongeveer 700 nm. tot ongeveer 1700 nm., welke bekleding is samengesteld uit een topbekleding
5 bestaande uit een aantal uniforme lagen met naar buiten toe afnemende brekingsindex en een basisbekleding.

Het optische element kan een element van een fibertelecommunicatiesysteem zijn, zoals een lens of het eindvlak van een fiber. Fiber is daarbij bedoeld als korte aanduiding voor een lichtgeleidende
10 vezel met mantel. Het optische element kan ook een element van een infrarood aftaststelsel voor medische of militaire toepassingen zijn.

In het Britse octrooischrift no. 1.380.793 is een anti-reflectieve bekleding beschreven die geschikt is voor het zichtbare gebied van golflengten, dus voor het gebied van ongeveer 400 nm. tot
15 ongeveer 800 nm. Deze bekleding bestaat uit vijf gestapelde homogene lagen die verschillende brekingsindices hebben en elk een optische dikte gelijk aan $\lambda_0/4$, waarbij λ_0 een referentie-golflengte is. De eerste op het substraat aangebrachte laag heeft een brekingsindex die groter is dan die van het substraat. De op deze eerste laag aangebrachte
20 tweede laag heeft een brekingsindex die weer groter is dan die van de eerste laag. Deze twee lagen vormen de basisbekleding. De drie volgende lagen hebben een naar buiten toe afnemende brekingsindex en vormen de topbekleding.

Er leeft de behoefte, onder andere ten behoeve van telecommu-
25 nicatie-systemen met lichtgeleidende vezels, om optische componenten te kunnen ontspiegelen over een breed golflengtegebied van ongeveer 800 nm. tot ongeveer 1650 nm. Er worden namelijk in optische telecommunicatie-systemen twee grondtypen van lichtbronnen gebruikt: diodelasers van het type GaAs die een golflengte in het gebied van ongeveer 800 nm.
30 tot ongeveer 900 nm. uitzenden en diodelasers van het InP type waarvan de golflengte gelegen is tussen ongeveer 1100 nm. en ongeveer 1650 nm. De reflectie-coëfficiënt van de elementen in de optische telecommunicatie-systemen moet liefst 0,5 % of lager zijn.

De onderhavige uitvinding heeft ten doel een anti-reflectieve bekleding te verschaffen die geschikt is voor minstens het aangeduide gebied van golflengten en die de elementen de gewenste lage reflectie-coëfficiënt geeft. De anti-reflectieve bekleding is gebaseerd op het
5 idee dat een te ontspiegelen substraat, waarvan de brekingsindex een willekeurige waarde tussen bijvoorbeeld 1,45 en bijvoorbeeld 2,0 heeft, eerst bedekt kan worden met een basisbekleding zodanig dat de brekings-index van het geheel één van enkele geschikte waarden krijgt, voor welke waarden gemakkelijk een anti-reflectieve topbekleding samengesteld
10 kan worden of zelfs reeds beschikbaar is.

Het optische element volgens de uitvinding vertoont als kenmerk, dat de effectieve brekingsindex aan de top van de basis-bekleding minstens 2,5 is en dat deze basisbekleding een gegradeerde indexlaag bevat waarvan de brekingsindex ter plaatse van het substraat
15 gelijk is aan die van het substraat.

Onder de effectieve brekingsindex aan de top van de basis-bekleding wordt verstaan de brekingsindex die het samenstel van substraat en basisbekleding vertoont.

Onder een gegradeerde indexlaag wordt verstaan een laag van
20 inhomogeen materiaal waarvan de brekingsindex geleidelijk verloopt van een bepaalde waarde, in dit geval de waarde van de substraat-brekingsindex, naar een hogere of lagere waarde. Een dergelijke laag kan bijvoorbeeld worden verkregen door gelijktijdig opdampen van twee materialen, die een hogere respectievelijk lagere brekingsindex hebben,
25 waarbij de mengverhouding van de twee materialen continue wordt veranderd.

De uitvinding berust op het inzicht dat hoe hoger de effectieve brekingsindex aan de top van de basisbekleding is des te lager de reflectiecoëfficiënt van de gehele bekleding gemaakt kan worden
30 en des te breder het gebied van golflengten kan zijn waarvoor de reflectie-coëfficiënt laag is, en verder dat in het infrarood gebied van 700 nm. tot 1700 nm. opdampmaterialen beschikbaar zijn met een aanzienlijk hogere brekingsindex dan die van de materialen die beschikbaar zijn in het gebied van het zichtbare licht.

35 De uitvinding kan worden geconcretiseerd in twee hoofd-uitvoeringsvormen. De eerste hoofd-uitvoeringsvorm heeft als verder kenmerk, dat de basisbekleding bestaat uit één laag, welke laag een continue veranderende brekingsindex heeft die aan de top van de laag

minstens 2,5 is, en dat de topbekleding bestaat uit drie homogene lagen die elk een optische dikte gelijk aan $\lambda_0/4$ hebben, waarbij λ_0 een referentie-golflengte is.

De referentie-golflengte is een representatieve golflengte voor het beschouwde gebied. Voor de hier beschreven bekledingen is de referentie-golflengte 1000 nm.

Opgemerkt wordt dat in het Amerikaanse octrooischrift no. 3.804.491 een anti-reflectieve bekleding beschreven is die een op het substraat aangebrachte laag bevat waarvan de brekingsindex vanaf een waarde gelijk aan die van de substraat brekingsindex naar buiten toe geleidelijk groter wordt. Deze bekleding is echter bedoeld voor het zichtbare gebied van golflengten en niet voor het nabije infrarood gebied. In dit octrooischrift wordt bovendien gesteld dat de brekingsindex van de lagen liefst kleiner dan 2 moet zijn. Op de laag met oplopende brekingsindex zijn twee lagen aangebracht waarvan er een een optische dikte van $\lambda_0/4$ heeft en de andere een optische dikte van $\lambda_0/2$, terwijl in de eerde hoofd-uitvoeringsvorm van de anti-reflectieve bekleding volgens de uitvinding op de gegradeerde-indexlaag drie lagen met verschillende brekingsindices aangebracht zijn die elk een optische dikte gelijk aan $\lambda_0/4$ hebben.

Een voorkeursuitvoeringsvorm van de eerste hoofd-uitvoeringsvorm heeft als verder kenmerk, dat de effectieve brekingsindex aan de top van de gegradeerde indexlaag minstens 3,5 is, dat deze laag bestaat uit een van de volgende mengsels:

- Si en Si_3N_4
- Si, Si_3N_4 en SiO_2
- GaP en GaNi
- GaP, GaNi en Ga_2O_3
- PbS en ZnS
- PbS, ZnS en een B-Na-Al-K glas

De tweede hoofd-uitvoeringsvorm van de anti-reflectieve bekleding volgens de uitvinding vertoont als kenmerk, dat de basis-bekleding bestaat uit een eerste, inhomogene, laag waarvan de brekingsindex naar buiten toe afneemt tot een waarde lager dan die van de substraat-brekingsindex, en minstens twee homogene lagen met naar buiten toe groter wordende brekingsindex en dat de topbekleding bestaat uit drie lagen die elk een optische dikte gelijk aan $\lambda_0/4$ hebben, waarbij λ_0 de referentie-golflengte is.

8301824

De tweede en derde laag hebben tot effect dat de effectieve brekingsindex aan de top van de basisbekleding minstens 2,5 is.

Opgemerkt wordt dat in de ter inzage gelegde Duitse octrooi-aanvraag no. 2.341.359 een anti-reflectieve bekleding beschreven is die opgebouwd is uit drie groepen van lagen, waarvan, gerekend vanaf het substraat, de lagen van de eerste groep een afnemende brekingsindex hebben, de lagen van de tweede groep een toenemende brekingsindex en de lagen van de derde groep weer een afnemende brekingsindex. Deze anti-reflectieve bekleding is echter bedoeld voor het zichtbare gebied van golflengten, en van geen van de lagen is de brekingsindex hoger dan 2. Deze bekleding bevat bovendien geen gegradeerde indexlaag.

De uitvinding zal nu worden toegelicht aan de hand van de tekening. Daarin tonen:

- figuur 1 een substraat voor een optisch element met een bekleding uit drie lagen,
- figuur 2 het verloop van de reflectie-coëfficiënt als functie van de golflengte bij verschillende waarden van de substraat-brekingsindex n_s en een vaste waarde voor de brekingsindex n_1 van de toplaag,
- figuur 3 het verloop van de reflectie-coëfficiënt als functie van de golflengte bij verschillende waarden van de brekingsindex n_1 van de toplaag en een vaste waarde van de substraat-brekingsindex n_s ,
- figuur 4 de relatie tussen de brekingsindex n_s van het substraat en de brekingsindices n_2 en n_3 van de tussenlagen voor een optimale anti-reflectieve bekleding bij een vaste waarde $n_1 = 1,38$ van de toplaag,
- figuur 5 een eerste uitvoeringsvorm van een anti-reflectieve bekleding volgens de uitvinding, en
- figuur 6 een tweede uitvoeringsvorm van een anti-reflectieve laag volgens de uitvinding en de daarbij behorende reflectiecurve.

De uitvinding kan het best worden begrepen aan de hand van een aanduiding van de belangrijkste punten van een nieuw ontwikkelde theorie voor anti-reflectieve bekledingen. Deze theorie maakt gebruik van het inzicht dat de omvangrijke opgave om voor elk type glas een geschikte anti-reflectieve bekleding te vinden aanzienlijk vereenvoudigd kan worden door, uitgaande van een bepaald substraat, de brekingsindex te brengen op één van een aantal waarden voor welke al anti-reflectieve

bekledingen beschikbaar zijn.

Er kan worden uitgegaan van een drie-lagen anti-reflectieve bekleding, waarvan de lagen allen een optische dikte van een kwart van de referentiegolflengte hebben. Uit het artikel: "Infrared Filters of Antireflected Si, Ge, InAs and InSb" in "Journal of the Optical Society of America" 51, July 1961, pp 714-8, is bekend dat voor een dergelijke bekleding voor een bepaalde golflengte de reflectie nul wordt als

$$n_1 \times n_3 = n_2^2 \quad 1)$$

en

$$n_2^2 = n_o \times n_s \quad 2)$$

Daarin zijn, zoals in figuur 1 is aangegeven, n_1 , n_2 , n_3 , n_s en n_o de brekingsindices van respectievelijk de lagen 1, 2, 3, het substraat en het omgevende medium, dat meestal lucht zal zijn met $n_o = 1$.

Uit de vergelijkingen 1) en 2) volgt:

$$n_1 \times n_3 = n_2 \times \sqrt{n_o \times n_s} \quad 3)$$

Bij voorgeschreven waarden van n_s en n_1 kan n_3 stapsgewijs worden gevarieerd waarbij bij elke waarde van n_3 een bepaalde waarde van n_2 behoort.

Zoals bekend is wordt het reflectie-minimum geflankeerd door secundaire minima. Door variatie van de absolute waarde van n_3 en de overeenkomstige waarde van n_2 kunnen de secundaire minima naar het centrale nul-minimum worden verschoven en kunnen de waarden van deze minima worden verlaagd zodat een lage reflectie over een relatief groot golflengtegebied wordt verkregen. De daarbij behorende waarden van n_2 en n_3 kunnen worden aangegeven met $n_{2,m}$ en $n_{3,m}$, zodat geldt:

$$n_1 \times n_{3,m} = n_{2,m} \times \sqrt{n_o \times n_s} \quad 4)$$

De hierboven aangegeven randvoorwaarde is niet de enig mogelijke en voor het nagestreefde doel zelfs niet de beste. Immers, er is veelal meer behoefte aan een breedbandige anti-reflectieve bekleding die een zo laag mogelijke reflectie over het hele golflengtegebied heeft dan aan een anti-reflectieve bekleding met een reflectie nul bij één bepaalde golflengte. Om dit te bereiken moet afgeweken worden van de voorwaarde 4).

Om de reflectiecurve $R = f(\lambda)$, die het verloop van de reflectiecoëfficiënt R als functie van de golflengte geeft, zo vlak mogelijk te maken moet $n_{3,m}$ veranderd worden, terwijl n_s , $n_{2,m}$ en n_1 constant gehouden worden. Dat leidt tot een waarde $n_{3,f}$. Na deze aan-

passing zijn de voorwaarden 3) en 1) overgegaan in:

$$n_1 \times n_{3,f} = c. (n_{2,m} \times \sqrt{n_s}) \quad 5)$$

$$n_1 \times n_{3,f} = d. (n_{2,m})^2 \quad 6)$$

5 waarin c en d constanten zijn.

Tot nu toe is aangenomen dat n_s en n_1 constanten zijn, hetgeen echter niet betekent dat de feitelijke waarden van deze brekingsindices geen invloed zouden hebben op de uiteindelijke waarde van de reflectiecoëfficiënt R. Indien, bij toepassing van de hierboven
10 aangeduide methode voor het zo laag en vlak mogelijk maken van de reflectiecurve $R = f(\lambda)$, de brekingsindex n_s gevarieerd wordt terwijl n_1 constant gehouden wordt op bijvoorbeeld $n_1 = 1,38$, blijkt de breedte van het vlakke gedeelte van de reflectiecurve in sterke mate van n_s af te hangen. Figuur 2 toont een schaar van reflectiecurves voor n_s -
15 waarden van respectievelijk 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 en 3.5. Daaruit blijkt verrassenderwijs dat hoe hoger n_s is des te lager de reflectiecoëfficiënt R is en des te breder het golflengte-gebied is waarbinnen de reflectiecoëfficiënt laag blijft. Heel duidelijk komt uit figuur 2 naar voren dat voor $n_s = 3,5$ het beste resultaat verkregen wordt.

20 Figuur 3 toont een schaar van reflectiecurven voor een constante waarde van de substraatindex $n_3 = 3,5$ en voor verschillende waarden van de brekingsindex n_1 van de top laag. Voor de verschillende waarden van n_1 kunnen de brekingsindices n_2 en n_3 van de tussenlagen de volgende waarden hebben:

25	$n_1 = 1,32$	$n_2 = 2,12$	$n_3 = 3,10$
	$n_1 = 1,38$	$n_2 = 2,21$	$n_3 = 3,15$
	$n_1 = 1,42$	$n_2 = 2,27$	$n_3 = 3,17$
	$n_1 = 1,46$	$n_2 = 2,34$	$n_3 = 3,20$

Uit Fig. 3 blijkt verrassenderwijs dat de reflectiecurve lager en
30 breder wordt naarmate n_1 kleiner wordt.

Er kan dus gesteld worden dat de reflectiecurven van de hier bedoelde anti-reflectieve bekledingen zo laag mogelijk zijn en deze lage waarden voor een zo breed mogelijk gebied van golflengten gelden als een zo hoog mogelijke n_s wordt gecombineerd met een zo laag mogelijke
35 n_1 .

In de praktijk is gebleken dat het beste kan worden uitgegaan van een vaste n_1 , dus van een vaste brekingsindex voor de bovenste laag. Deze laag bestaat bij voorkeur uit MgF_2 met een brekingsindex gelijk

aan 1,38. Daarvan uitgaande kunnen de optimale waarden van n_3 en n_2 als functie van n_s berekend worden. Het resultaat van deze berekeningen is weergegeven in figuur 4. Daaruit blijkt dat een substraat met een brekingsindex $n_s = 3,5$ optimaal en voor een breed golflengtegebied
 5 ontspiegeld kan worden indien op het substraat een bekleding van drie lagen wordt aangebracht waarvan de brekingsindices respectievelijk

$$\text{zijn: } n_3 = 3,1$$

$$n_2 = 2,2$$

$$n_1 = 1,38 \text{ en de optische dikten allen gelijk aan } \lambda_0/4.$$

10 De laag met een brekingsindex $n_3 = 3,1$ kan bestaan uit AlSb of amorf Sb_2S_3 of een mengsel van Si en Si_3N_4 . De laag met de brekingsindex $n_2 = 2,2$ kan een van de volgende samenstellingen hebben: Nb_2O_5 , TiN, Ta_2O_5 , Sb_2O_3 . De laag met de brekingsindex $n_1 = 1,38$ kan uit MgF_2 bestaan.

15 In het algemeen kan gesteld worden dat voor een toplaag met een brekingsindex $n_1 = 1,38$ er een lineair verband bestaat tussen de brekingsindices van de lagen 2 en 3 en de substraatindex n_s welk lineair verband in figuur 4 getoond wordt.

Nu hebben glazen bestemd voor zichtbaar licht optiek een
 20 brekingsindex die gelegen is in het gebied van ongeveer 1,45 tot ongeveer 2,0. Als de optische componenten een relatief grote numerieke apertuur moeten hebben, zoals de optische componenten in fiber-optische telecommunicatiesystemen, moeten de glazen die daarvoor gebruikt worden een relatief hoge brekingsindex hebben. Om nu de hierboven
 25 genoemde anti-reflectieve bekleding bestaande uit drie lagen te kunnen gebruiken bij optische elementen uit glas met een brekingsindex n_x die een waarde kan hebben tussen 1,45 en 2,0, wordt volgens de uitvinding op deze elementen een basisbekleding aangebracht, zodanig dat de brekingsindex wordt verhoogd tot de gewenste waarde n_s , bijvoorbeeld $n_s = 3,5$. Daarbij wordt gebruik gemaakt van het feit dat voor de
 30 basisbekleding een hele reeks opdampbare polykristallijne stoffen beschikbaar zijn met zeer uiteenlopende brekingsindices, vanaf bijvoorbeeld 1,30 tot 3,00 en voor infrarood-optiek zelfs tot 4,0.

In figuur 5 is een uitvoeringsvorm van een anti-reflectieve
 35 bekleding volgens de uitvinding weergegeven waarvan de basisbekleding wordt gevormd door één enkele laag v, en wel een niet-uniforme laag waarvan de brekingsindex n_v continue toeneemt van een waarde n_x aan de substraatzijde tot een waarde n_s aan de bovenzijde. De meest gebruikte

lijke waarde voor n_x is 1,85, terwijl n_1 in de meeste gevallen 1,38
 is. Zoals reeds is opgemerkt wil men n_s zo groot mogelijk maken,
 in ieder geval groter dan 2,5 en liefst ongeveer 3,5. De waarden van
 n_2 en n_3 kunnen dan uit figuur 4 worden afgeleid. In figuur 5 zijn
 5 tussen de haakjes de waarden die de brekingsindices in een voorbeeld
 van deze uitvoeringsvorm hebben aangegeven. De lagen 1, 2 en 3 hebben
 allen een optische dikte $n \cdot t = \lambda_0/4$, waarin t de geometrische dikte
 is. De dikte van de inhomogene laag speelt geen essentiële rol. De ver-
 lopende brekingsindex in deze laag kan gerealiseerd worden door vanuit
 10 twee afzonderlijke bronnen tegelijk op te dampen. De eerste bron
 moet dan een materiaal met een brekingsindex n_x leveren en de tweede
 bron een materiaal met een brekingsindex n_s .

Een enkele laag met een hoge brekingsindex zoals de inhomogene laag v in figuur 5 kan voor bepaalde toepassingen een te hoge
 15 dispersie vertonen. Een meer dispersie-vrije anti-reflectieve bekleding
 wordt volgens de uitvinding verkregen indien op het substraat eerst
 een inhomogene laag aangebracht wordt waarvan de brekingsindex afneemt
 van een waarde n_x tot een lage waarde n_1 . De effectieve brekingsindex
 van substraat plus inhomogene laag wordt vervolgens verhoogd door op
 20 de inhomogene laag bijvoorbeeld twee lagen 5 en 4 aan te brengen,
 zoals figuur 6 laat zien. De laag 4 heeft een hogere brekingsindex
 dan de laag 5. Op de laag 4 wordt weer een drie lagen topbekleding
 aangebracht. In plaats van twee homogene lagen kunnen ook drie of
 meer homogene lagen met oplopende brekingsindex op de inhomogene
 25 laag v aangebracht worden alvorens de drie lagen topbekleding aan te
 brengen.

In figuur 6 zijn de waarden die de brekingsindices in een
 voorbeeld van deze uitvoeringsvorm hebben tussen haakjes aangegeven.
 De top van de inhomogene laag kan een brekingsindex $n_1 = 1,47$ hebben,
 30 welke brekingsindex gelijk is aan die van kwartsglas, of een brekings-
 index van 1,52, die overeenkomt met die van het opdampglas "Schott nr.
 8329". De inhomogene laag wordt weer aangebracht door gelijktijdig
 opdampen vanuit twee bronnen. Wanneer uitgegaan wordt van een koud
 substraat kan bron 1 Yb_2O_3 met $n_x = 1,83$ bevatten en bron 2 CeF_3 , met
 35 $n_1 = 1,52$, of SiO_2 met $n_1 = 1,47$. Indien op een warm substraat opgedampt
 wordt bevat bijvoorbeeld bron 1 Dy_2O_3 , met $n_x = 1,83$ en bron 2 of een
 BNaAlK opdampglas zoals "Schott nr. 8329", met $n_1 = 1,52$ of kwartsglas,
 met $n_1 = 1,47$. De lagen 1 tot en met 5 van de bekleding kunnen bestaan

uit respectievelijk MgF_2 , Nb_2O_5 , CdS , Nb_2O_5 , en Al_2O_3 of MgTiO_3 . Een warm substraat is een substraat dat op een temperatuur van bijvoorbeeld 300°C is gebracht.

Door het aanbrengen van de lagen 5 en 4 met brekingsindices 1,65 en 2,08 wordt een "opspiegeling" tot 2,5 bereikt, dat wil zeggen dat het samenstel van substraat, inhomogene laag en lagen 5 en 4 zich gedraagt als een glassoort met een effectieve brekingsindex $n_s = 2,5$, welke glassoort een reflectiecoëfficiënt van ongeveer 18% heeft. Dit samenstel wordt ontspiegeld door de topbekleding bestaande uit drie
10 homogene lagen.

In figuur 6 is tevens het verloop van de reflectiecoëfficiënt als functie van de golflengte voor het getoonde uitvoeringsvoorbeeld weergegeven. Daaruit blijkt dat in het golflengtegebied van 800 nm. tot 900 nm., waarin diodelasers van het type GaAs emitteren, en in het
15 golflengtegebied van 1100 nm. tot 1650 nm., waarin diodelasers van het type InP emitteren, de reflectiecoëfficiënt ruimschoots onder de waarde 0,5% blijft.

Opgemerkt wordt dat de laag 3 een optische dikte van $0,31\lambda_0$ heeft, terwijl de lagen 1, 2, 4 en 5 optische dikten gelijk aan $\lambda_0/4$
20 hebben. De dikte van de inhomogene laag speelt geen essentiële rol. Het is niet noodzakelijk dat de optische dikte van de lagen precies $\lambda_0/4$ is. Door af te wijken van deze dikte kan de reflectiecurve iets verschoven worden. Dit biedt de mogelijkheid van optimalisatie in het geval een speciaal reflectiegedrag gevraagd wordt voor specifieke
25 golflengten.

De uitvinding kan toegepast worden voor het ontspiegelen van optische elementen in fiber-optische telecommunicatiesystemen, zoals lenzen maar ook fiber-eindvlakken, is daar echter niet toe beperkt. De hier beschreven anti-reflectieve bekledingen kunnen bijvoor-
30 beeld ook toegepast worden op elementen van infrarood-aftastsystemen.

Conclusies:

1. Optisch element bestaande uit een doorzichtig substraat en een daarop aangebrachte anti-reflectieve bekleding voor het golflengte-gebied van ongeveer 700 nm. tot ongeveer 1700 nm., welke bekleding is samengesteld uit een topbekleding bestaande uit een aantal uniforme
5 lagen met naar buiten toe afnemende brekingsindex en een basisbekleding, met het kenmerk, dat de effectieve brekingsindex aan de top van de basisbekleding minstens 2,5 is en dat deze basisbekleding een gegra-deerde indexlaag bevat waarvan de brekingsindex ter plaatse van het substraat gelijk is aan die van het substraat.
- 10 2. Optisch element volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de basisbekleding bestaat uit één laag, welke laag een continue veranderende brekingsindex heeft die aan de top van de laag minstens 2,5 is, en dat de topbekleding bestaat uit drie homogene lagen die elk een optische dikte gelijk aan $\lambda_0/4$ hebben, waarbij λ_0 een referentie-
15 golflengte is.
3. Optisch element volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat de effectieve brekingsindex aan de top van de gegra-deerde indexlaag ongeveer 3,5 is, en dat deze laag bestaat uit een van de volgende mengsels:
20 Si en Si_3N_4
Si, Si_3N_4 en SiO_2
GaP en GaNi
GaP, GaNi en Ga_2O_3
PbS en ZnS
25 PbS, ZnS en een B-Na-Al-K glas.
4. Optisch element volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat de drie lagen van de topbekleding de volgende brekingsindices hebben en uit van de daaronder vermelde materialen bestaan:

$n_1 = 1,38$	$n_2 = 2,2$	$n_3 = 3,1$
MgF_2	Nb_2O_5	AlSb
	TiN	amorf Sb_2S_3
	Ta_2O_5	mengsel van Si en
	Sb_2O_3	Si_3N_4

30
5. Optisch element volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat
35 de basisbekleding bestaat uit een eerste, inhomogene, laag waarvan de brekingsindex naar buiten toe afneemt tot een waarde lager dan die van de substraatbrekingsindex, en minstens twee homogene lagen met naar buiten toe groter wordende brekingsindex, en dat de topbekleding bestaat

uit drie lagen die elk een optische dikte gelijk aan $\lambda_0/4$ hebben, waarbij λ_0 de referentie-golflengte is.

6. Optisch element volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat de op de inhomogene laag aangebrachte vijf lagen, van buiten naar
 5 binnen gezien, de volgende brekingsindices, samenstelling en optische diktes hebben:

	$n_1 = 1,39$	MgF_2	$0,25 \lambda_0$
	$n_2 = 2,08$	Nb_2O_5	$0,25 \lambda_0$
	$n_3 = 2,52$	CdS	$0,31 \lambda_0$
10	$n_4 = 2,08$	Nb_2O_5	$0,25 \lambda_0$
	$n_5 = 1,65$	Al_2O_3	$0,25 \lambda_0$

15

20

25

30

35

8301824

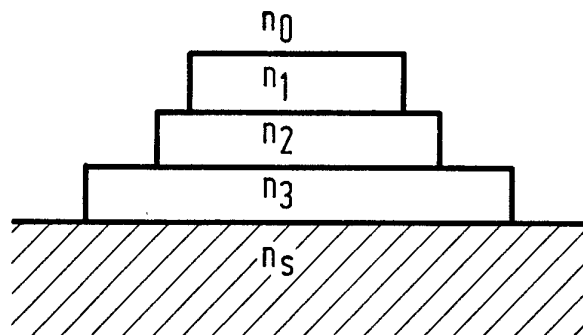


FIG.1

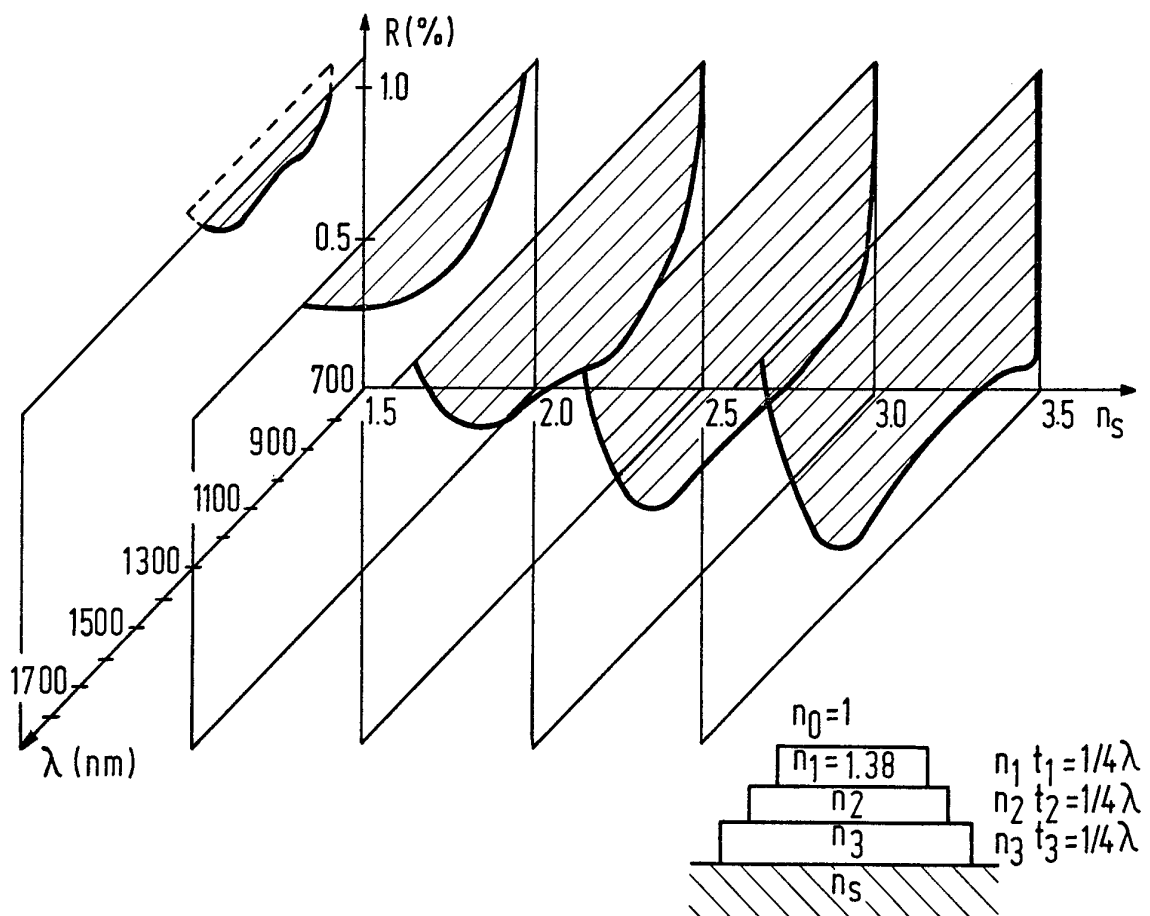


FIG.2

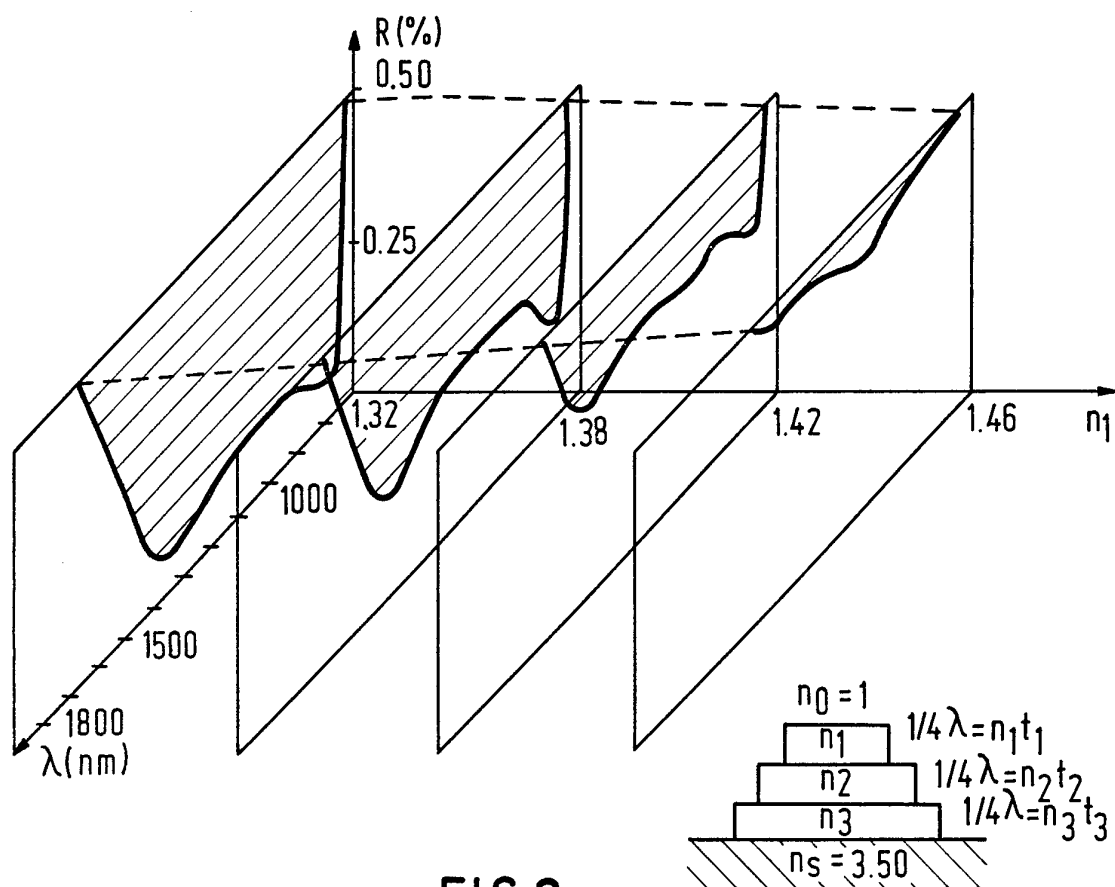


FIG.3

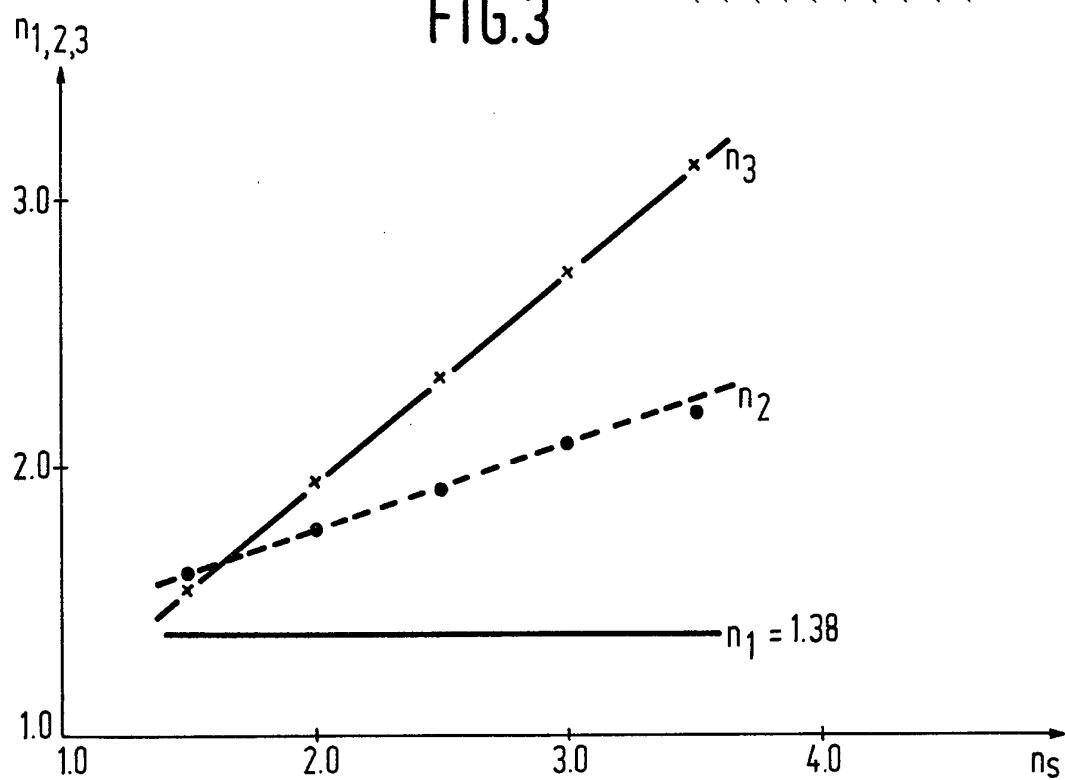


FIG.4

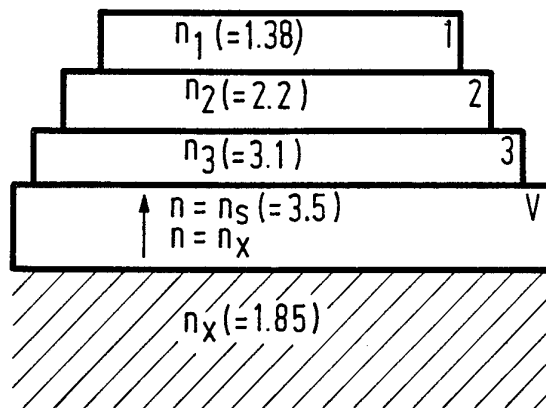


FIG.5

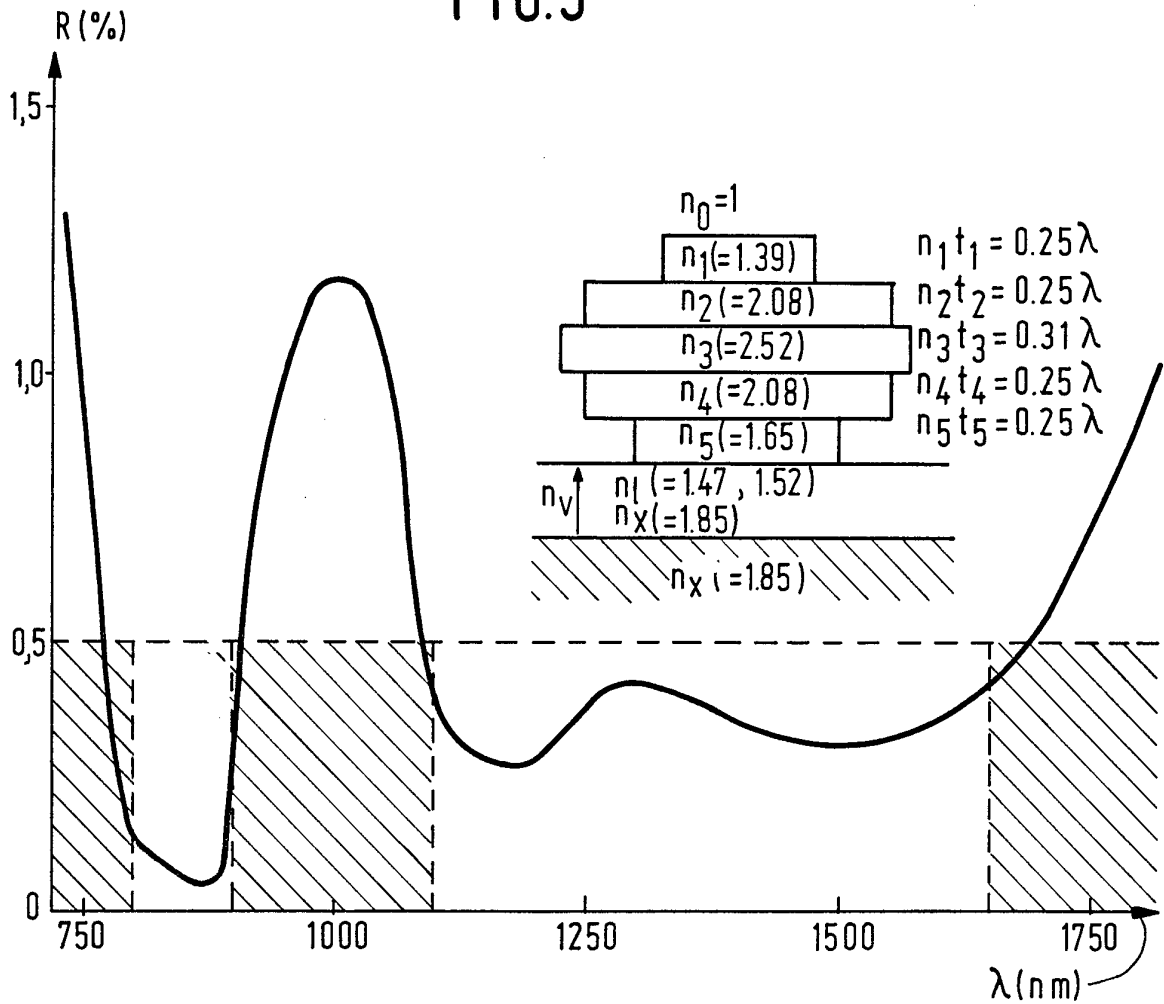


FIG.6