



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

224 117

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 24 12 81
(21) PV 9760 - 81

(51) Int. Cl.³ G 02 B 5/04,
G 02 B 27/26

(40) Zveřejněno 31 12 82
(45) Vydáno 01 11 84

(75)
Autor vynálezu

KNITTL ZDENĚK RNDr. CSc.,
DOUBEK JAN ing., PŘEROV

(54)

Interferenční polarizační hranol

227 117

Vynález se týká interferenčního polarizačního hranolu s větším stupněm volnosti konstrukčních parametrů, o bázi obecného čtyřúhelníka, jehož dělicí pracovní úhlopříčka je opatřena polarizujícími interferenčními vrstvami a u kterého je respektován požadavek vzájemné kolmosti svazku dopadajícího a odraženého světla.

Jedním ze způsobů, jak získat polarizované světlo pomocí interference světla na tenkých vrstvách je odraz v tzv. Mac Neilleově polarizačním hranolu, jak je znázorněno na obr. 1.

Jedná se o pravoúhlý hranol, jehož přepona byla před setměním opatřena soustavou střídavých $\lambda/4$ vrstev o jistém vyšším indexu lomu n_H a nižším indexu lomu n_L . Princip polarizátoru je založen na tom, že vrstvotvorné materiály o indexech lomu n_H , n_L jsou voleny tak, aby na jejich styčném rozhraní uvnitř interferenční soustavy docházelo k Brewsterovu odrazu, kdy p-složka polarizace se neodráží. Odrazivost systému se buduje pouze z nenulových doprovodných s-složek fresnelovského odrazu.

Podmínka pro Brewsterovský odraz na vnitřních rozhraních je

$$n_G^2 \sin^2 \theta_G = \frac{n_H^2 \cdot n_L^2}{n_H^2 + n_L^2},$$

kde n_G je index lomu hranolového skla a θ_G je úhel dopadu světelných paprsků na úhlopříčku u , n_H , n_L jsou indexy lomu vrstvotvorných materiálů.

Z experimentálních důvodů je žádoucí, aby intenzity odraženého paprsku J_S a průchozího paprsku J_P byly realizovány v paprscích vzájemně kolmých. Z tohoto důvodu je zvolen pravoúhlý hranol se čtvercovou základnou a úhel dopadu, na úhlopříčku je roven $\theta_G = 45^\circ$. Pro tento případ je možno vypočítat následující tabulku, která udává, jaké indexy skel n_G jsou zapotřebí pro různé technologicky výhodné dvojice vrstevových materiálů n_H , n_L :

n_H	1,7	1,7	2,35	2,22	2,48	2,22	2,35	2,48
n_L	1,38	1,49	1,38	1,49	1,49	1,7	1,7	1,7
n_G	1,515	1,585	1,683	1,750	1,806	1,910	1,948	1,960

Z uvedené tabulky vyplývá, že pro technologicky ověřené dvojice typu n_H/n_L , běžně používané v sériově výrobě vícenásobných interferenčních vrstev, tj. 2,22/1,49, metodou reaktivní lodičkové technologie použitím SiO_2/TiO_2 , nebo 2,48/1,49, v technologii s elektronovým dělem použitím TiO_2/SiO_2 , nebo 2,35/1,38, standardním ohmickým ohřevem použitím ZnS/MgF_2 , je pro hranoly zapotřebí vysokoindexových skel z oblasti indexů lomu 1,65 - 1,75. Tato tzv. těžká skla však mají řadu nevýhod, jsou například zatížena absorpcí, hůře se opracovávají a nemají dostatečnou odolnost proti atmosférickým vlivům.

Z těchto důvodů konstrukce optických přístrojů, v nichž se používá polarizačních filtrů, požaduje realizaci těchto hranolů na bázi lehkých skel s indexem lomu v oblasti 1,5 až 1,6. Podle výše uvedené tabulky lze určit, že taková skla by byla přístupná pro indexové dvojice 1,7/1,38 nebo 1,7/1,49 při použití MgO/MgF nebo MgO/SiO_2 . Takové řešení však není rovněž výhodné, pokud příslušné výrobní složky nemají technologii tzv. středního indexu lomu, vyvinutou do běžného sériového použití.

Z uvedených důvodů je třeba vyvinout takový druh polarizačního hranolu, jehož výroba by zaručovala maximální technologickou jednoduchost vrstvotvorného procesu stejně jako technologičnost hranolových skel při zachování funkčních vlastností dosud vyráběných polarizačních hranolů.

Tento úkol řeší předmět vynálezu, kterým je interferenční polarizační hranol o bázi obecného čtyřúhelníka, jehož dělicí

pracovní úhlopříčka je opatřena polarizujícími interferenčními vrstvami a u kterého je respektován požadavek vzájemné kolmosti svazku dopadajícího a odraženého světla.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že polarizující hranol je tvořen dvojicí hranolů z nízkoindexového optického skla, jejichž celkový půdorys má tvar obecného čtyřúhelníka, přičemž úhel dopadu paprsku na dělicí pracovní úhlopříčku je volným konstrukčním parametrem hranolu volitelným podle použité technologie vrstev podle vztahu:

$$n_G^2 \cdot \sin^2 \theta_G = \frac{n_H^2 \cdot n_L^2}{n_H^2 + n_L^2}$$

a jehož výstupní stěna svírá se vstupní stěnou úhel β , daný vztahem:

$$\beta = 90^\circ - 2\varepsilon - i,$$

$$\text{kde } \varepsilon = \theta_G - 45^\circ,$$

přičemž veličina i je implicitně dána vztahem:

$$\sin i (n_G \cos i - \sqrt{1 - n_G^2 \sin^2 i}) = \sin 2\varepsilon$$

Polarizační hranol může být rovněž tvořen dvěma identickými hranoly o průřezu ve tvaru pravidelných lichoběžníků, u něhož na vstupní stěnu dopadá svazek vstupních paprsků pod úhlem $\frac{r}{2}$, a pro úhel μ mezi úhlopříčkou a vstupní stěnou platí vztah:

$$\mu = 45^\circ + \varepsilon + \frac{i}{2},$$

$$\text{kde opět } \varepsilon + \theta_G = 45^\circ,$$

a pro úhel w bočních stěn platí vztah:

$$w = 180^\circ - \mu.$$

Hlavní výhoda polarizačního hranolu podle vynálezu spočívá především v tom, že je možno použít k jeho výrobě nízkoindexových skel a při využití výhodných polarizujících interferenčních vrstev je dosaženo při obecném tvaru půdorysu

hranolu kolmosti odraženého a propouštěného svazku paprsků.

Na výskresu je schematicky znázorněn polarizující hranol, kde představuje:

obr. 1 známé provedení polarizujícího hranolu,

obr. 2 teoretický příklad nové úpravy polarizujícího hranolu,

obr. 3 praktický příklad pro $n_G = 1,52$, $n_L = 1,39$,
 $n_H = 2,22$ a

obr. 4 příklad symetrické stavby polarizujícího hranolu
pro $n_G = 1,58$, $n_L = 1,39$, $n_H = 2,22$.

Na obr. 2 je uveden příklad polarizujícího hranolu, podle kterého lze demonstrovat příslušné vztahy, potřebné k vytvoření praktického provedení. Je tvořen dvěma hranoly 1 a 2 vyrobený ze dvou vhodně volených optických skel. Jejich styčná plocha, tvořící vlastní úhlopříčku u celkovému hranolu, svírá se stěnou S₂ úhel $\alpha = 45^\circ - \epsilon$, v uvedeném případě je $\epsilon > 0$. Pak nutný úhel dopadu svazku na úhlopříčku u je $\theta_G = 45^\circ + \epsilon$, pokud dopad paprsku J v bodě A na vstupní stěnu S₁ je nadále kolmý. Pootočení úhlopříčky u vůči dopadajícímu paprsku AB o úhel ϵ má za následek, že odražený paprsek BC se oproti směru, který by měl při úhlu dopadu 45° odchýlil ve směru hodinových ručiček o úhel 2ϵ .

Výstupní stěna S₄ je nově orientována tak, aby úhel dopadu i paprsku BC byl orientován jak je znázorněno na obr.2, a to pro $\epsilon > 0$, případně obráceně, kdy pro $\epsilon < 0$ by kolmice dopadu K byla

vpravo od paprsku BC. Pro výstupní lom světla tedy platí:

$$n_G \sin i = \sin r,$$

přičemž tento lom způsobí deviaci $|r - i|$ směrem k vertikálnímu odrazu. Má-li výstupní paprsek J_s opět mířit vertikálním směrem, musí platit

$$r - i = 2 \epsilon,$$

$$\text{tedy} \quad \sin(r - i) = \sin 2 \epsilon.$$

Pokud se rozepíše levá strana uvedené rovnice podle součtové věty a vyloučí-li se úhel r pomocí zákona lomu, obdrží se implicitní rovnice pro úhel i.

$$\sin i (n_G \cos i - \sqrt{1 - n_G^2 \sin^2 i}) = \sin 2 \epsilon$$

a tuto rovnici je možno numericky řešit s libovolnou přesností.

Jakmile je k danému n_G a ε určen úhel i, lze určit úhel β výstupní stěny S₄ vůči vstupní stěně S₁ podle vztahu

$$\beta = 90^\circ - 2 \epsilon - i$$

a tedy pro $\epsilon \leq 0$ je $\beta \geq 90^\circ$.

Následující tabulka shrnuje příklad výpočtu pro tři typická lehkoindexová skla o indexu lomu kolem 1,52 a 1,58 a křemene o indexu lomu kolem 1,46 v konfiguraci s technologicky výhodnými kombinacemi indexů lomu n_G, n_H, n_L vrstvtvorných materiálů. Pro každou tuto trojici byl podle vztahu

$$n_G^2 \sin^2 \beta = \frac{n_H^2 - n_L^2}{n_H^2 + n_L^2}$$

vypočítán potřebný depolarizační pracovní úhel θ_G, resp. odpovídající hodnoty $\epsilon = \theta_G - 45^\circ$. K těmto hodnotám ε pak byly určeny úhly zkosení hranolu β.

sklo technologie	BAK			n _G = 1,58			BK7			n _G = 1,52			Křemen			n _G = 1,46		
	θ _G [°]	ε [°]	i [°]	β [°]	θ _G [°]	ε [°]	i [°]	β [°]	θ _G [°]	ε [°]	i [°]	β [°]	θ _G [°]	ε [°]	i [°]	β [°]		
2,22/1,38	47,9	2,9	8,62	75,58	50,5	5,5	19,51	59,49	53,4	8,4	29,89	43,31						
2,35/1,38	48,9	3,9	11,84	70,36	51,6	6,6	22,68	54,12	54,6	9,6	32,52	38,28						
2,48/1,38	49,8	4,8	15,68	64,72	52,5	7,5	25,03	49,97	55,8	10,8	34,77	33,63						
2,22/1,49	51,6	6,6	20,63	56,17	54,3	9,3	29,14	42,27	57,9	12,9	37,87	26,33						
2,35/1,49	52,8	7,8	23,55	50,85	55,9	10,9	32,12	36,08	59,6	14,6	39,72	21,07						
2,48/1,49	54,0	9,0	26,17	45,83	57,2	12,2	34,14	31,47	61,6	16,6	41,30	15,5						

Na obr. 3 je znázorněn příklad konkrétního provedení polarizačních hranolů u nízkoindexového skla 1,52 v úpravě pro technologii 2,22/1,49. Výstupní stěna S_4 je navíc zkosena o nevyužitou plochu u vrcholu β .

Na obr. 4 je znázorněna varianta polarizujícího hranolu symetrické stavby, složeného ze dvou stejných částí 1 , 2 o průřezu pravidelných lichoběžníků. U takto vytvořeného polarizujícího hranolu lze vnější úhly refrakce $\frac{r}{2}$ výstupního paprsku J_S a vnitřní úhel $\frac{i}{2}$ paprsku B_C vypočítat dle vztahu uvedeného předcházejícího příkladu nebo podle uvedené tabulky, s tím, že získané výsledky i se dělí dvěma.

Pro úhel μ zrcadlicí úhlopříčky u a vstupní stěny S_1 platí:

$$\mu = 45^\circ + \epsilon + \frac{i}{2}$$

a pro úhel ω stěny S_2 a S_3 platí:

$$\omega = 180^\circ - \mu$$

Při využití této varianty dochází k mírnému rovnoběžnému posunutí procházejícího paprsku J_P vůči vstupnímu paprsku J o hodnotu Δ , která je závislá na velikosti úhlu r a na délce dráhy L v hranolu. Pro velikost posuvu Δ pak platí:

$$\Delta = L \cdot \sin \epsilon.$$

Výhodou tohoto řešení je, že obě části hranolu 1 a 2 jsou totožné, není tedy potřebné vyrábět dva různé typy hranolů.

Nově vyřešený polarizační hranol plně nahrazuje hranoly s obdobným účinkem a lze jej využít u všech přístrojů, vyžadujících takové prvky, zvláště u laserinterferometrů.

P ř e d m ě t v y n á l e z u

227 117

1. Interferenční polarizační hranol o bázi obecného čtyřúhelníka, jehož dělicí pracovní úhlopříčka je opatřena polarizujícími interferenčními vrstvami a u kterého je respektován požadavek vzájemné kolmosti svazku dopadajícího a dosaženého světla, vyznačující se tím, že je tvořen dvojicí hranolů (1,2), vyrobených z libovolného, zejména nízkoindexového optického skla, jejichž celkový půdorys má tvar obecného čtyřúhelníka, přičemž úhel dopadu (θ_G) paprsku (J) na dělicí pracovní úhlopříčku (u) je volným konstrukčním parametrem hranolu volitelným podle použité technologie vrstev podle vztahu:

$$n_G^2 \cdot \sin^2 \theta_G = \frac{n_H^2 \cdot n_L^2}{n_H^2 + n_L^2}$$

a jehož výstupní stěna (S_4) svírá se vstupní stěnou (S_1) úhel (β), daný vztahem:

$$\beta = 90^\circ - 2\varepsilon - i,$$

$$\text{kde } \varepsilon = \theta_G - 45^\circ,$$

přičemž veličina i je implicitně dána vztahem:

$$\sin i (n_G \cos i - \sqrt{1 - n_G^2 \sin^2 i}) = \sin 2\varepsilon$$

2. Interferenční polarizační hranol podle bodu, vyznačující se tím, že je tvořen dvěma identickými hranoly (1, 2) o průřezu ve tvaru pravidelných lichoběžníků, u něhož na vstupní stěnu (S_1) dopadá svazek vstupních paprsků (J) pod úhlem $\frac{\pi}{2}$ a pro úhel μ mezi úhlopříčkou (u) a vstupní stěnou (S_1) platí vztah:

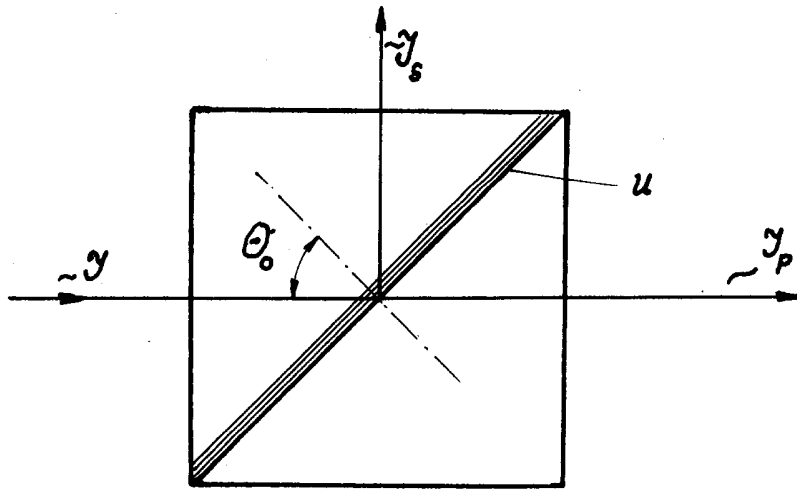
$$\mu = 45^\circ + \varepsilon + \frac{i}{2}$$

a pro úhel ω bočních stěn (S_2, S_3) platí vztah:

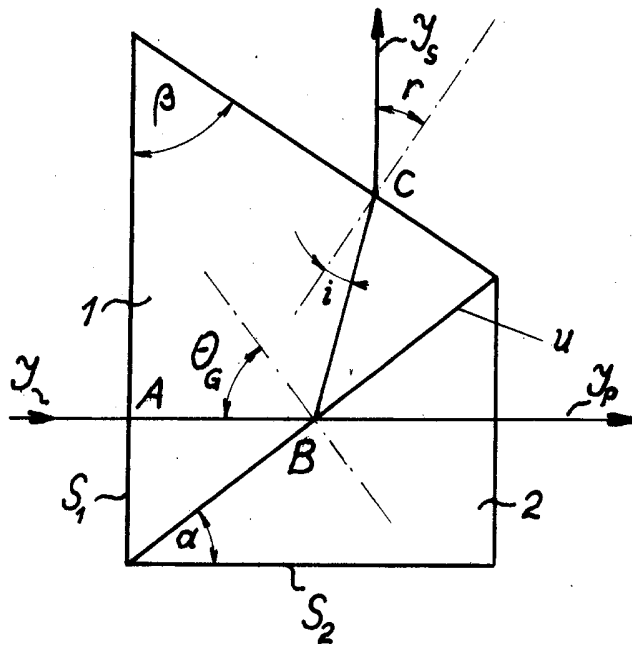
$$\omega = 180^\circ - \mu .$$

3. Interferenční polarizační hranol podle bodů 1 a 2, vyznačující se tím, že referenční plochy jsou u vrcholu (β) seříznuty.

2 výkresy



Obr. 1



Obr. 2

O P R A V E N K A

V popisech vynálezů k autorským osvědčením č. 224 101-224 150 je tisková chyba v označení čísla autorského osvědčení na stránkách popisu vynálezu.

Místo: 227 101 - 227 150

správně má být: 224 101 - 224 150

Na titulních stranách jsou čísla uvedena správně.

Tiskárna se omlouvá
