



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

204077
(11) (B1)

(22) Přihlášeno 23 09 78
(21) (PV 6164-78)

(40) Zveřejněno 30 06 80

(45) Vydáno 15 10 83

(51) Int. Cl.³
G 01 J 3/14,
G 01 N 21/00
G 02 B 5/30
G 02 F 1/03

(75)
Autor vynálezu

BARTA ČESTMÍR ing. CSc., BARTA ČESTMÍR, PRAHA (ČSSR),
BELJAJEV LEONID MICHAJLOVIČ DrSc., MOSKVA (SSSR) a
TRNKA JAROSLAV RNDr. CSc., PRAHA (ČSSR)

(54) Polarizátor

1

Předmětem vynálezu je polarizátor na bázi opticky anisotropního iontového monokrystalu. Přesněji řečeno, vynález se týká polarizátorů, jejichž účinnou složkou je dvojlomný monokrystal ze skupiny zahrnující například halogenidy rtuťné, islandský vápenec a dusičnan sodný. Rozsah použitelnosti a celková hodnota polarizátoru závisí na rozsahu optické propustnosti použitého monokrystalu, na charakteru a hodnotě optického dvojlomu a na hodnotě mezního úhlu a úhlu štěpení. Proto při výrobě polarizátorů je výhodné použití monokrystalů o co možná vysoké hodnotě optického dvojlomu, to jest rozdílu mezi indexem lomu paprsku řádného n_o a paprsku mimořádného n_e , přičemž dále jsou zvláště výhodné: pozitivní charakter dvojlomu, co nejmenší mezní úhel totální reflexe a co největší úhel štěpení paprsku řádného a paprsku mimořádného.

Při zkoumání, zda určité dvojlomné krystaly jsou vhodné pro výrobu polarizátorů, se z výše uvedených důvodů prověřuje zejména rozsah spektrální oblasti optické propustnosti, velikost a charakter optického dvojlomu, mezní úhel totálního odrazu a úhel štěpení řádného a mimořádného paprsku. Přitom oblast optické propustnosti má

2

být pokud možno široká a má zasahovat co nejdále do infračervené oblasti spektra.

Dosud užívané typy polarizátorů, jejichž účinnou součástí jsou dvojlomné monokrystaly, byly až do současné doby vytvářeny převážně ve formě volných nebo trvale spojených a nejméně dvoudílných optických soustav. Tak například je znám Nicolův hranol, sestávající z dvojlomného monokrystalu islandského vápence (uhličitanu vápenatého — kalcitu) nebo křemene, rozdělený uhlopříčným řezem a slepený kanadským balsámem; dále je znám Glan-Thompsonův hranol, vyrobený například z dusičnanu sodného. Je také znám dvojníkol, vytvořený z Nicolova hranolu svislým podélným řezem, šikmým zbrošením takto vzniklých ploch a spojením obou polovin. Konečně je znám Lippichův polarizátor, sestávající ze dvou částí z kalcitového hranolu a pomocného polohranolu a celá řada dalších konstrukcí, které se od sebe liší krystalografickou orientací. Index lomu mimořádného paprsku n_e je do značné míry závislý na krystalografické orientaci, kdežto index lomu řádného paprsku n_o je isotropní, z čehož vyplývá nevýhodná závislost polarizátorů konstruovaných z islandského vápence a dusičnanu sodného na dané struktuře použitého monokrystalu. V následující tabulce I jsou uvede-

ny hlavní fyzikální veličiny používaných monokrystalů islandského vápence (kalcitu) a dusičnanu sodného, z kterých je zřejmé, že

uvedené monokrystaly jsou velmi vhodné pro práce v ultrafialové oblasti spektra.

TABULKA I:

Fyzikální vlastnosti některých dvojlomných monokrystalů

Vlastnost:	Druh monokrystalu:				
	islandský vápenec	dusičnan sodný	rtuťné sloučeniny chlorid	rtuťné sloučeniny bromid	rtuťné sloučeniny jodid
oblast optické propustnosti v mikrometrech	0,23—2,3	0,28—3,5	0,38—20	0,42—30	0,53—46
optický dvojlom pro 0,589 mikrometrů	0,172	0,251	0,681	0,894	1,640
charakter optického dvojlomu	negativní	negativní	pozitivní	pozitivní	pozitivní
mezný úhel totální reflexe pro 0,589 mikrometrů					
paprsek řádný	37,1°	39,1°	30,5°	27,9°	23,9°
paprsek mimořádný	42,3°	48,5°	22,1°	19,3°	14,1°
štěpný úhel pro 0,589 mikrometrů	6,26°	9,82°	16,75°	19,63°	28,04°

Ve světové technice se ukázalo jako potřebné, aby byl vyřešen nový druh polarizátorů, který se bude hodit také pro práce v infračervené oblasti, přičemž v podstatě bude mít vlastnosti podobné polarizátorům z monokrystalů islandského vápence (kalcitu) a dusičnanu sodného. V čs. pat. čís. 147 476 (1968) a v brit. pat. č. 1 310 432 (1970) je popsána výroba halogenidů rtuťných v uzavřené soustavě vyhovující podmínkám pro výrobu polarizátorů, kompensátorů a jiných optických zařízení založených

na využití dvojlomu, vysokého indexu lomu a vysoké optické disperse. Je také znám hranolový polarizátor z chloridu rtuťného, sestávající ze dvou dílů spojených přilnutím vyleštěných ploch anebo stmeleným vhodným pojivem.

Zmíněné monokrystaly halogenidů rtuťných mají výhodu v příznivě vysoké optické hustotě. Jejich mezní úhly vykazují mimořádně nízké hodnoty tak, že tloušťka polarizátorů běžně známých druhů může být neobvykle nízká, jak je zřejmé z tab. II.

TABULKA II:

Dvoudílný polarizační Thompsonův hranol z halogenidů rtuťných

Chemické složení monokrystalu:	Pracovní oblast v mikrometrech:	Poměr délky a šířky polarizátoru:		
		bez imerze	imerse $n=1,54$	imerse $n=1,487$
chlorid rtuťný	0,38 až 20	0,4888	0,933	0,839
bromid rtuťný	0,42 až 30	0,445	0,781	0,754
jodid rtuťný	0,53 až 45	0,384	0,649	0,625

Polarizátory na bázi monokrystalů halogenidů rtuťných mají proti dosud známým polarizátorům výhodu ve své menší tloušťce, avšak vzhledem k vysokým hodnotám indexu lomu nedostatkem je jejich menší zorný úhel a poměrně velké ztráty reflexí.

K zlepšení tohoto stavu může se sice použít imerze, čímž se sice zorný úhel zvětší a sníží ztráty reflexí, to si však vyžádá přibližně dvojnásobné prodloužení polarizátoru, přičemž ztráty reflexí zůstávají ještě poměrně vysoké, jak je zřejmé z tab. III.

TABULKA III:

Ztráta světla o vlnové délce 0,6328 mikrometrů při kolmém dopadu na polarizátor typu Glan-Thompsonova

Druh polarizátoru:	% světla proniklého monokrystalem		
	chlorid rtuťný	bromid rtuťný	jodid rtuťný
bez imerse	39,3	32,7	23,6
imerse $n = 1,487$	64,8	58,0	43,1

Poměrně vysoké ztráty způsobené reflexí jsou společným znakem všech dosud známých dvoudílných polarizátorů, tedy i na bázi kalcitu a dusičnanu sodného. Nevýhodou dvoudílných polarizátorů je také jejich technicky náročná a poměrně nákladná výroba. Výhodou polarizátorů z monokrystalů halogenidů rtuťných je kromě jejich propustnosti daleko do infračervené oblasti spektra i skutečnost, že jsou opticky pozitivní a tedy méně náročné na jakost použitých krystalů než například opticky negativní islandský vápenec (kalcit) a dusičnan sodný. (Viz tab. I.)

Uvedené nevýhody jsou úplně odstraněny anebo alespoň do značné míry zlepšeny až tímto vynálezem, jehož předmětem je polarizátor na bázi opticky anisotropního iontového krystalu, jako jsou halogenid rtuťný, například kalomel, dále islandský vápenec a dusičnan sodný. Podstatou vynálezu je provedení polarizátoru, jehož účinnou složkou je monolytický krystal o tvaru daném obecnými rovnicemi:

$$\overline{CE} = \overline{AB} + \overline{BC} \cdot \operatorname{tg} \varepsilon_2 \quad \begin{matrix} + 10 \% \\ - 5 \% \end{matrix} \quad (1)$$

$$\overline{BC} = \frac{\overline{AB}}{\operatorname{tg} \varepsilon_1} \quad \begin{matrix} + 10 \% \\ - 5 \% \end{matrix} \quad (2)$$

$$\rho = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{n_c}{n_o} \pm 30 \% \quad (3)$$

kde znamená:

$\overline{AB}$ — průmět vstupní plochy monokrystalu,

$\overline{CE}$ — průmět celkové výstupní plochy monokrystalu rovný součtu průmětu výstupní plochy $\overline{CD}$ řádného paprsku n_o a průmětu výstupní plochy $\overline{DE}$ mimořádného paprsku n_c ,

$\overline{BC}$ — délku monokrystalu,

ε_1 — úhel sevřený plochami o průmětu $\overline{BC}$ a $\overline{BD}$,

ε_2 — úhel sevřený plochami o průmětu $\overline{AE}$ a $\overline{AD}$,

ρ — úhel sevřený hlavní krystalografickou osou C a podélnou osou monokrystalu.

Při tom šikmé boční stěna monokrystalu znázorněná průmětem $\overline{AE}$ může být směrem ke spodní výstupní ploše znázorněná průmětem $\overline{DE}$ seříznuta rovinou s plochou boční stěny o úhel $90^\circ + 15^\circ$, nebo monokrystal

může být seříznut rovnoběžně s podélnou osou, přičemž celková šířka polarizátoru znázorněná průmětem výstupní plochy $\overline{CG}$ je dána obecnou rovnicí:

$$\overline{CG} = \overline{AB} + 0,5 \overline{BC} \cdot \operatorname{tg} \varepsilon_2 \pm 5 \% \quad (4)$$

Ke vstupní nebo výstupní ploše polarizátoru, popřípadě k oběma může být pomocí imerse připojena destička ze skla a/nebo monokrystalu, opatřená antireflexní vrstvou. Při tom zmíněná destička má být nepropustná pro elektromagnetické záření, a to v případě monokrystalu chloridu rtuťného ve spektrální oblasti pod 0,38 mikrometrů, v případě bromidu rtuťného ve spektrální oblasti pod 0,42 mikrometrů, v případě jodidu rtuťného na spektrální oblasti pod 0,53 mikrometrů a naopak má být propustná ve viditelné a infračervené oblasti spektra.

Vynález je založen na poznatku, že monolitické krystaly na bázi například halogenidů jednomocné rtuť, islandského vápence (kalcitu) a dusičnanu sodného jsou mnohem vhodnější nežli dvoudílné monokrystaly rozdělené úhlopříčným řezem a potom stmelelé nebo slepené, přičemž v celém rozmezí propustnosti mají výhodné parametry.

Při prozkoumání údajů z tab. I je zřejmé, že k pracím v ultrafialové oblasti spektra se nejlépe hodí polarizátory z monokrystalů islandského vápence (kalcitu) a dusičnanu sodného, avšak pro práce v infračervené oblasti jsou nejvhodnější polarizátory z monokrystalů halogenidů jednomocné rtuť. Převažující výhodou polarizátoru podle vynálezu je použití jeho účinné složky ve tvaru monolitického monokrystalu, neboť výroba je mnohem jednodušší, nežli je tomu u dosavadních polarizátorů na bázi monokrystalů dělených příčným řezem a potom spojených. Mimoto u monolitických polarizátorů ztráty způsobené reflexí jsou mnohem nižší, nežli jaké se projevují u známých dvoudílných polarizátorů. Za účelem dalšího snížení ztrát reflexí monolitický polarizátor se může na vstupní a/nebo výstupní ploše opatřit antireflexní vrstvou nanesenou buď přímo na plochu monolitického monokrystalu, nebo na destičku ze skla a/nebo z monokrystalu s vhodnou absorpční charakteristikou, která se k uvedeným plochám monolitického monokrystalu připojí. Výhody takového opatření pro případ, kdy monokrystaly jsou halogenidy rtuťné, jsou zřejmé z údajů uvedených v tab. IV.

TABULKA IV

Ztráta světla reflexí u monolitického monokrystalu na bázi halogenidu rtuťného

Druh polarizátoru:	% propuštěného světla o vlnové délce 0,6328 mikrometrů		
	chlorid rtuťný	bromid rtuťný	jodid rtuťný
monolitický polarizátor bez antireflexní úpravy	80,1	75,9	64,8
monolitický polarizátor opatřený na vstupní i výstupní ploše skleněnou destičkou s antireflexní vrstvou	96,1	93,6	88,9

Zkoumají-li se procentuální ztráty svazku paprsku, které dopadají na vstupní plochu polarizátoru na bázi Glan-Thompsonova hranolu z halogenidu rtuťného, zjistí se tyto skutečnosti:

a — dvoudílný polarizátor z monokrystalu halogenidu rtuťného se vzduchovou mezerou: ztráty reflexí jsou u monokrystalu chloridu rtuťného 61 %, u bromidu rtuťného 67 procent a u jodidu rtuťného 76 %, počítáno na celkové množství dopadajícího světla;

b — dvoudílný polarizátor z monokrystalu halogenidu rtuťného s imerzí o $n = 1,487$; ztráty reflexí jsou u monokrystalu chloridu rtuťného 35 %, u bromidu rtuťného 42 % a u jodidu rtuťného 57 %, počítáno na celkové množství dopadajícího světla;

c — monolitický polarizátor z monokrystalu halogenidu rtuťného podle tohoto vynálezu bez antireflexní vrstvy: ztráty reflexí jsou u monokrystalu chloridu rtuťného 20 %, u bromidu rtuťného 24 % a u jodidu rtuťného 35 %, počítáno na celkové množství dopadajícího světla;

d — monolitický polarizátor z monokrystalu halogenidu rtuťného podle tohoto vynálezu, kde ke vstupní a výstupní ploše pomocí imerze o $n = 1,487$ jsou připojeny skleněné destičky opatřené antireflexní vrstvou: ztráty reflexí jsou u monokrystalu chloridu rtuťného 4 %, u bromidu rtuťného 6 % a u jodidu rtuťného 11 %, počítáno na celkové množství dopadajícího světla.

Na připojeném výkrese jsou znázorněny dva příklady provedení polarizátoru na bázi opticky anisotropního monolitického monokrystalu chloridu rtuťného (kalomelu), kde na obr. 1 je znázorněn průřez monolitickým polarizátorem, kde úsečka $\overline{AB}$ označuje průmět vstupní plochy světelného svazku, úsečka $\overline{CD}$ představuje průmět výstupní plochy řádného paprsku n_o , úsečka $\overline{DE}$ značí průmět výstupní plochy mimořádného paprsku n_e a úsečka $\overline{FG}$ znamená průmět zúžení polarizátoru pro práci s jedním paprskem. Plocha znázorněná v průmětu úsečkou $\overline{DG}$ může být popřípadě opatřena černým povlakem a stejným způsobem mohou být upraveny i plochy znázorněné v průmětu úsečkami $\overline{GF}$, $\overline{AF}$ a $\overline{BC}$. Úsečka $\overline{DH}$ znázorňuje průmět možného seřízení polarizátoru na plochu, na níž kolmo dopadá mimořádný paprsek n_e

a kterou je monokrystal chloridu rtuťného seřiznut v případě, že je třeba, aby eventuální vnitřní depolarizace odraženého mimořádného paprsku s indexem lomu n_e byla snížena.

Úsečka $\overline{DJ}$ znázorňuje průmět seřiznutí polarizátoru na plochu, z níž mimořádný paprsek n_e vystupuje bez ztrát pod tak zvaným Brewsterovým úhlem. ε_1 představuje úhel sevřený plochami o průmětu $\overline{BC}$ a $\overline{BD}$, ε_2 je úhel sevřený plochami o průmětu $\overline{AE}$ a $\overline{AD}$. Úhel ρ znamená úhel krystalografické orientace polarizačního hranolu, to jest úhel sevřený podélnou osou hranolu či normálou na jeho vstupní plochu a směrem krystalografické osy C monolitického monokrystalu, z kterého je polarizační hranol vyroben. Výhody tohoto řešení jsou zřejmé z následujících příkladů provedení, které objasňují podstatu vynálezu, aniž by ho jakýmkoliv způsobem omezovaly.

Příklad 1

Monolitický polarizátor se vyrobí z monokrystalu chloridu rtuťného podle obr. 1 ve tvaru, jehož průmět je vymezen značkami $\overline{ABCE}$, přičemž úhel ε_1 je roven 14° , úhel ε_2 je 21° , vzdálenost $\overline{AB}$ je rovna 10 mm, vzdálenost $\overline{BC}$ je 39 mm a úhel ρ se rovná 54° .

Příklad 2

Monolitický polarizátor se vyrobí z monokrystalu bromidu rtuťného podle obr. 1 ve tvaru, jehož průmět je vymezen značkami $\overline{ABCDH}$, přičemž úhel ε_1 je 16° , úhel ε_2 je rovný 22° , vzdálenost bodů $\overline{AB}$ je 15 mm, $\overline{BC}$ je 52,5 mm a úhel ρ se rovná 55° .

Příklad 3

Monolitický polarizátor se vyrobí z monolitického monokrystalu jodidu rtuťného podle obr. 1 ve tvaru, jehož průmět je vymezen značkami $\overline{ABCDJ}$, přičemž úhel ε_1 je 20° , úhel ε_2 se rovná 27° , vzdálenost $\overline{AB}$ je rovna 10 mm, vzdálenost $\overline{BC}$ činí 28 mm a úhel ρ se rovná 58° .

Příklad 4

Monolitický polarizátor se vyrobí z monokrystalu chloridu rtuťného podle obr. 1 o tvaru, jehož průmět je vymezen značkami $\overline{ABCE}$ a který se seřízne rovnoběžně s podélnou osou řezem $\overline{FG}$ při celkové šířce polarizátoru 17,5 mm.

Příklad 5

Monolitický polarizátor se vyrobí z monokrystalu uhličitanu vápenatého (kalcitu) podle obr. 1 o tvaru, jehož průmět je vymezen značkami $\overline{ABCDH}$ a který má úhel ε_1 rovný $5,5^\circ$, úhel ε_2 rovný $10,7^\circ$, vzdálenost $\overline{AB}$ rovnou 10 mm, vzdálenost $\overline{BC}$ rovnou 98,8 mm a úhel ρ rovný -41° .

Příklad 6

Monolitický polarizátor se vyrobí z mono-

krystalu dusičnanu sodného podle obr. 1 o tvaru, jehož průmět je vymezen značkami $\overline{ABCE}$ a který má úhel ε_1 rovný $9,6^\circ$, úhel ε_2 rovný $10,9^\circ$, vzdálenost $\overline{AB}$ rovnou 10 mm, vzdálenost $\overline{BC}$ rovnou 59,1 mm a úhel ρ rovný -40° .

Příklad 7

Monolitický polarizátor podle obr. 2 se vyrobí z monokrystalu chloridu rtuťného shodným způsobem jako je uvedeno v příkladu 1, avšak s tím rozdílem, že se ke vstupní ploše o průmětu $\overline{AB}$ monokrystalu 1 na bázi imerze připojí skleněná destička 2 opatřená antireflexní vrstvou 5 a k výstupní ploše o průmětu $\overline{CE}$ monokrystalu 1 se pomocí imerze připojí skleněná destička 3 opatřená antireflexní vrstvou 4.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Polarizátor na bázi opticky anisotropního iontového krystalu, jako jsou halogenid rtuťný, například kalomel, islandský vápenec a dusičnan sodný, vyznačený tím, že účinnou složkou polarizátoru je monolitický krystal charakterizovaný obecnými rovnicemi:

$$\overline{CE} = \overline{AB} + \overline{BC} \cdot \operatorname{tg} \varepsilon_2 \quad \begin{matrix} + 10 \% \\ - 5 \% \end{matrix} \quad (1)$$

$$\overline{BC} = \frac{\overline{AB}}{\operatorname{tg} \varepsilon_1} \quad \begin{matrix} + 10 \% \\ - 5 \% \end{matrix} \quad (2)$$

$$\rho = \arctg \frac{n_e}{n_o} \quad \pm 30 \% \quad (3)$$

kde znamená:

$\overline{AB}$ — průmět vstupní plochy monokrystalu,

$\overline{CE}$ — průmět celkové výstupní plochy monokrystalu rovný součtu průmětu výstupní plochy $\overline{CD}$ řádného paprsku n_o a průmětu výstupní polohy $\overline{DE}$ mimořádného paprsku n_e ,

$\overline{BC}$ — délku monokrystalu,

ε_1 — úhel sevřený plochami

$\overline{BC}$ a $\overline{BD}$,

ε_2 — úhel sevřený plochami o průmětu $\overline{AE}$ a $\overline{AD}$,

ρ — úhel sevřený hlavní krystalografickou osou C a podélnou osou monokrystalu.

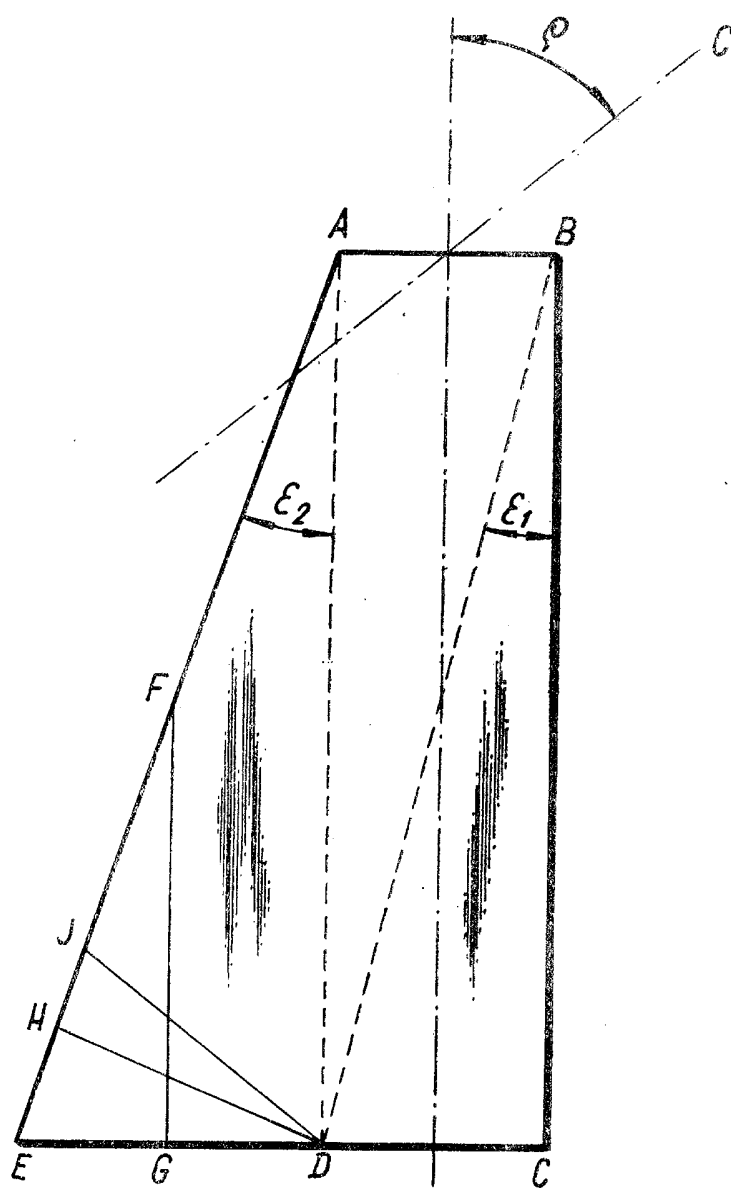
2. Polarizátor podle bodu 1, vyznačený tím, že šikmá bočná stěna monokrystalu znázorněná průmětem $\overline{AE}$ je směrem ke spodní výstupní ploše znázorněná průmětem $\overline{DE}$ seříznuta rovinou svírající s plochou bočné stěny úhel $90 \pm 15^\circ$.

3. Polarizátor podle bodu 1, vyznačený tím, že monokrystal je seříznut rovnoběžně s podélnou osou, přičemž celková šířka polarizátoru znázorněná průmětem výstupní plochy $\overline{CG}$ je dána obecnou rovnicí:

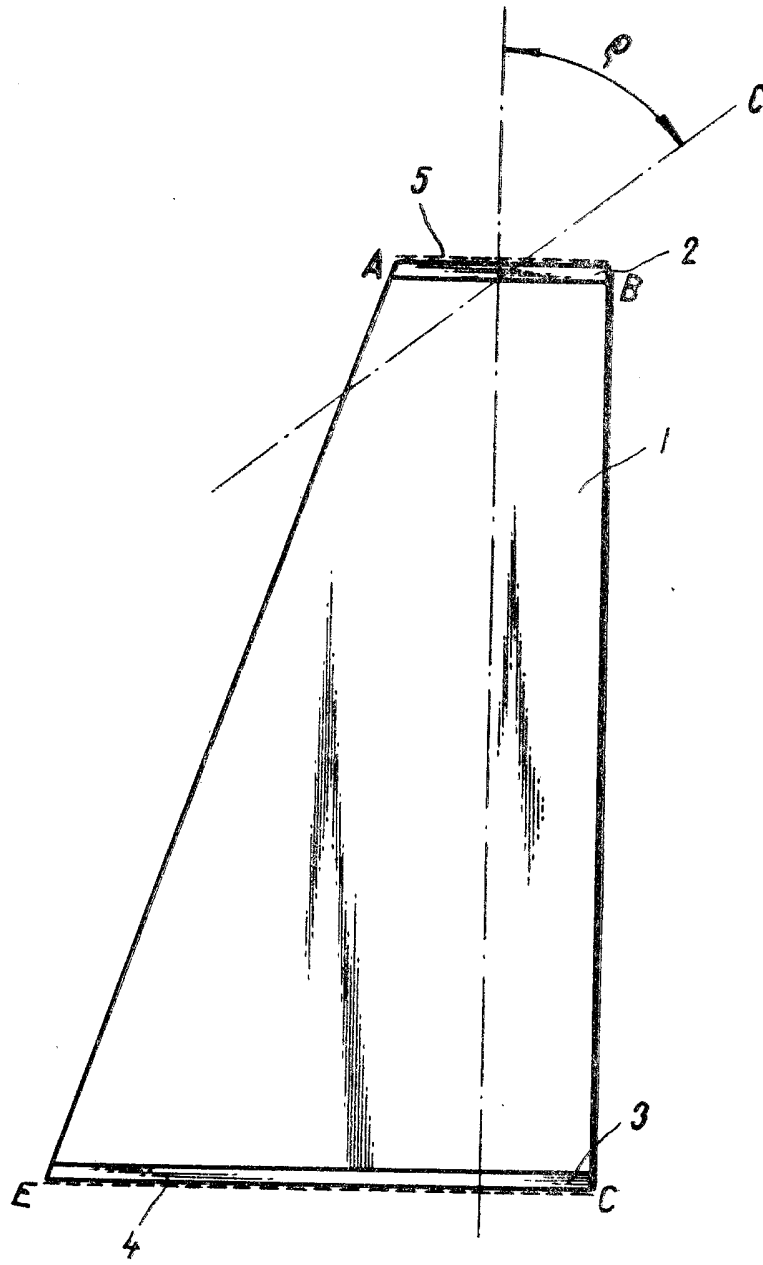
$$\overline{CG} = \overline{AB} + 0,5 \overline{BC} \cdot \operatorname{tg} \varepsilon_2 \pm 5 \% .$$

4. Polarizátor podle bodu 1, vyznačený tím, že ke vstupní ploše o průmětu $\overline{AB}$ a/nebo k výstupní ploše o průmětu $\overline{CG}$ nebo $\overline{CE}$ monokrystalu (1) je pomocí imerze připojena destička (2, 3) ze skla a/nebo monokrystalu, opatřená antireflexní vrstvou (4, 5).

2 listy výkresů



Obr. 1



Obr. 2