

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(11)

(13) B1

(51) Int. Cl.⁴

H 01 J 37/28

(21) PV 6856-87.U
(22) Přihlášeno 24 09 87

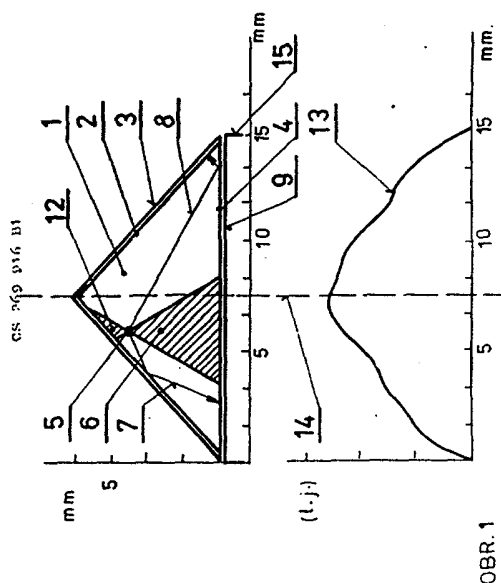
(40)	Zveřejněno	13 10 89
(45)	Vydáno	12 02 91

AUTRATA RUDOLF ing. CSo.,
MEJZLÍK JIŘÍ ing., BRNO,
KVAPIL JOSEF ing. CSo.,
KVAPIL JIŘÍ ing. DrSo., TURNOV

(54)

Monokrystalický scintilátor pro detekci sekundárních elektronů

(57) Podstatou scintilátoru je, že má tvar kužele nebo komolého kužele (1) se spodní podstavou (4) o průměru 5 až 25 mm, výšce 2 až 8 mm, s úhlem, který svírá rameno spodní podstavu (4) a rameno stěny (2) 20 až 45°.



Vynález se týká monokrystalického scintilátoru pro detekci sekundárních elektronů v rastrovacím elektronovém mikroskopu nebo v rastrovacím transmisním mikroskopu.

Pro detekci sekundárních elektronů v rastrovacím elektronovém mikroskopu nebo v rastrovacím transmisním mikroskopu se nejčastěji používá scintilačně fotonásobičový systém. Je založen na zdvojené transformaci energie typu elektron-foton-elektron pomocí scintilátoru a fotoelektrického násobiče. Primární elektrony o energii 2 keV až 1 MeV fokusované do malé stopy rastrují povrch sledovaného vzorku a výsledkem této interakce je vznik elektronů o různé energii. Elektrony o nízké energii do 50 eV se nazývají sekundární elektrony a musejí být pro detekci z povrchu vzorku odsávány přiloženým elektrostatickým polem. Pole je vytvořeno tak, že na mřížku před scintilátorem je přivedeno kladné napětí několika stovek voltů a odtud jsou sekundární elektrony urychleny ke scintilátoru pomocí kladného urychlovacího napětí kolem 10 keV. S touto energií dopadají elektrony na scintilátor, v němž generují světelné záblesky, jež jsou pomocí světlovodu převáděny ke katodě fotoelektrického násobiče, v němž je jejich energie transformována na fotoelektrony a jejich počet znásoben. Podmínkou dobré funkce scintilačního detektoru sekundárních elektronů je nejen vysoká luminiscenční účinnost, dlouhá životnost scintilačního materiálu, velká šířka pásma a velký dynamický rozsah, ale i dokonalý optický výstup fotonů z něho, dokonalé optické spojení jeho jednotlivých částí - scintilátoru, světlovodu a fotoelektrického násobiče. Fotony emitované luminiscenčními centry scintilátoru je nutné přivést k fotokatodě fotoelektrického násobiče s minimálními ztrátami. Je známa celá řada scintilačních průhledných blokových hmot, například plasty, skla, monokrystaly, které jsou v detektoru sekundárních elektronů používány ve tvaru planoparalelní kruhové desky buď na všech stranách vyleštěné, nebo na některých stranách matované hrubované. Planoparalelní kruhová deska scintilátoru je jednou podstavou přitisknuta ke světlovodu. Tato podstava tvoří výstupní rozhraní a účinnost detektoru závisí na tom, kolik světla projde výstupním rozhraním do světlovodu. Světlo generované po dopadu sekundárních elektronů na scintilátor se šíří scintilátorem všemi směry pod úhlem 4π sr. U dosud známého nejlepšího scintilačního materiálu - monokrystalu yttritohlinitého granátu aktivovaného trojmocným cerem, s indexem lomu 1,84 projde výstupním rozhraním tvořeným vyleštěnou podstavou scintilátoru a vzduchem jen ta část světla, která dopadá na rozhraní pod menším úhlem než je úhel mezní 32° , což tvoří jen 8 % celkového množství generovaného světla. Pokud je horní podstava planoparalelní kruhové desky scintilátoru obrácená směrem k dopadu sekundárních elektronů opatřena reflexní, například hliníkovou vrstvou, může projít výstupním rozhraním dalších 8 % světla, jež je v případě teoretické stoprocentní odrazivosti odraženo od reflexní vrstvy. Tak vysoká odrazivost však je nepravděpodobná, takže množství odraženého světla, účinného pro průchod výstupním rozhraním, je v daném uzpůsobení podstatně nižší, zpravidla 4 až 6 %. Celkově nízké množství světla procházejícího výstupním rozhraním 12 až 14 % bylo zvýšeno matovou úpravou hrubováním spodní podstavy planoparalelní kruhové desky scintilátoru. Výstupním rozhraním tak prochází 18 až 20 % celkově generovaného světla, což představuje stále značně vysoké ztráty světla $\sim 80\%$ ve scintilátoru. Přitom je známo, že vlastní absorpce vlastní vlnové délky emitovaného světla ve scintilátoru yttritohlinitého granátu činí jen několik jednotek %.

Uvedené nedostatky odstraňuje monokrystalický scintilátor pro detekci sekundárních elektronů na bázi yttritohlinitého granátu aktivovaného trojmocným cerem, nebo yttritohlinitého perovskitu aktivovaného trojmocným cerem, uzpůsobený k přenosu elektrického náboje při dopadu elektronů z jeho povrchu a k přenosu světelné energie z jeho objemu do objemu světlovodu směrem k fotokatodě fotoelektrického násobiče, jehož podstatou je, že scintilátor má tvar kužele se spodní podstavou o průměru 5 až 25 mm, výšce 2 až 8 mm, s úhlem svírajícím ramena spodní podstavy a stěny 20 až 45° .

Konstrukční úpravou vrchol kužele může být odříznut pro vytvoření horní podstavy o průměru 1 až 6 mm při vytvoření komolého kužele.

Vyleštěný povrch kužele je výhodné pokrýt ze strany dopadu sekundárních elektronů

reflexní vrstvou hliníku tlustou 20 až 60 nm, nebo je pokryt vrstvou kysličníku cínitého a inditého tlustou 5 až 30 nm, nebo horní podstava komolého kužele je pokryta kysličníkem cínitým a inditým uvedeně tloušťky a zkosené stěny komolého kužele jsou pokryty hliníkem uvedeně tloušťky či naopak.

Monokrystalický scintilátor ve tvaru kužele, případně ve tvaru komolého kužele dosahuje 3 až 5ti násobně vyšší světelný výtěžek v požadovaném směru vůči dosavadní planoparalelní kruhové scintilační desce. Zvýšenou odrazivostí světla od zkosených stěn kužele směrem k výstupnímu rozhraní tvořenému jeho spodní podstavou pod úhlem menším, než je úhel mezní se docílí vyššího průchodu světla výstupním rozhraním směrem do světlovodu, a tím i vyššího účinku scintilačního detektoru. Vyšší světelný výtěžek scintilátoru v požadovaném směru má za následek zvýšení poměru signálu k šumu scintilačně fotonásobičového detektoru, což příznivě ovlivňuje činnost celého elektronového mikroskopu a umožňuje dosažení vyšší kvality obrazové informace.

Na obr. 1, 2 jsou znázorněny dva příklady provedení monokrystalického scintilátoru podle vynálezu, kde na obr. 1 je znázorněn scintilátor ve tvaru kužele a průběh jeho signálu - světelného výtěžku, dopadají-li elektrony na jeho povrch v podobě čárové stopy procházející středem scintilátoru, a na obr. 2 je znázorněn scintilátor ve tvaru komolého kužele a průběh jeho signálu, dopadají-li elektrony na jeho povrch stejným způsobem jako u obr. 1.

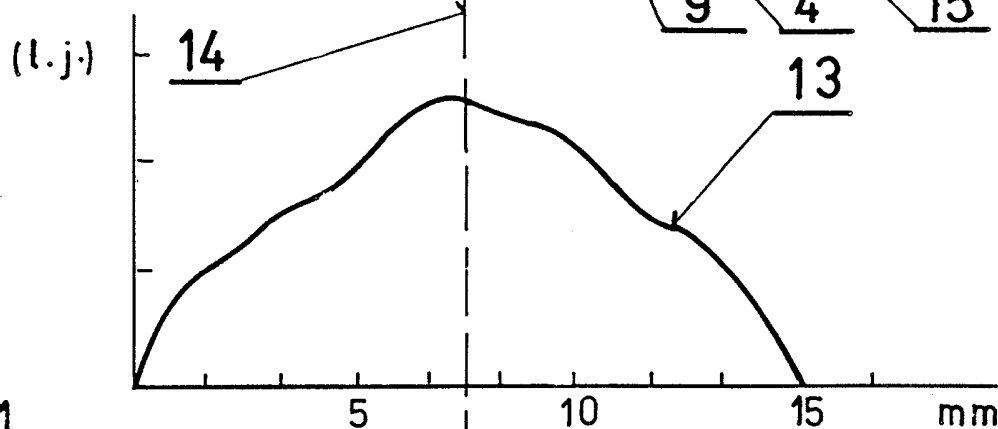
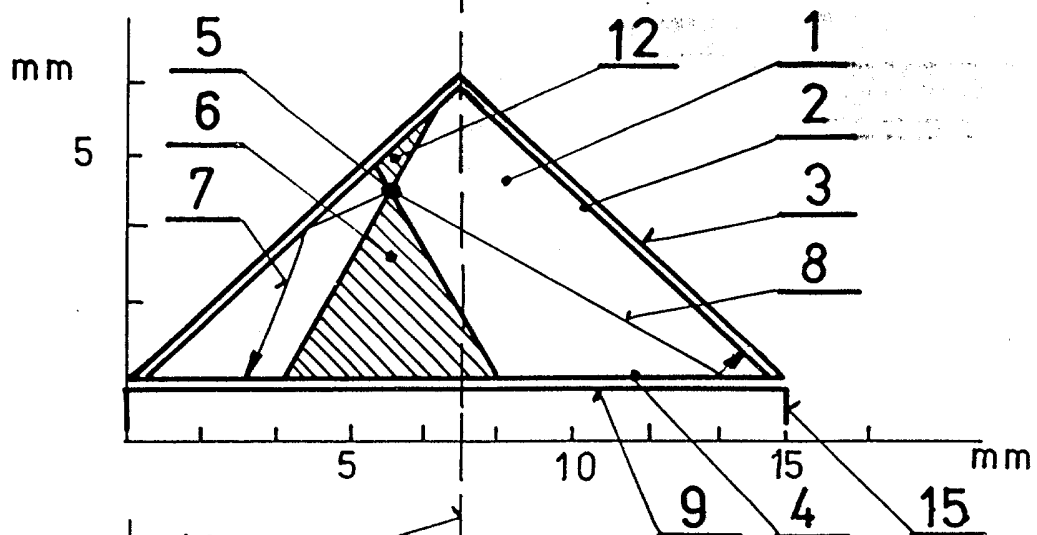
Scintilátor na obr. 1, 2 se skládá z kužele 1 nebo komolého kužele 1 ytritohlinitého monokrystalu se spodní podstavou 4 o průměru 5 až 25 mm, výšce 2 až 8 mm a s úhlem, který svírá rameno podstavy 4 a rameno stěny 2 20 až 45°. Jeho stěny 2 jsou vyleštěny do vysokého lesku a opatřeny tenkou reflexní vrstvou hliníku 3 o tloušťce 20 až 60 nm. Spodní podstava 4 tvořící výstupní rozhraní je rovněž vyleštěna do vysokého lesku. Uvnitř kužele 1 je vyznačeno luminiscenční centrum 5, luminiscenční světelný tok 6 vyhovující meznímu úhlu 32° a luminiscenční paprsky 7 odrážející se od zkosených stěn 2 a směřující v požadovaném směru k výstupnímu rozhraní tvořenému spodní podstavou 4, kterým mohou procházet do světlovodu 15. Kužel scintilátoru 1 je připojen ke světlovodu 15 bez použití imerzního pojídla, takže mezi ním a světlovodem 15 vzniká vzduchová mezera 9. Na obr. 2 je vrchol kužele 1 odříznut, takže vzniká horní podstava 10 komolého kužele, opatřená tenkou vodivou vrstvou kysličníku cínitého a inditého 11 o tloušťce 5 až 30 nm, která dokonale reflektuje světelný tok 12 pod mezním úhlem směrem na výstupní rozhraní, tvořené spodní podstavou 4.

Součástí obr. 1 a 2 je záznam průběhu signálu 13 světelného výtěžku, dopadá-li na scintilátor ve tvaru kužele nebo komolého kužele 1 elektronový svazek v podobě čárové stopy, procházející středem scintilátoru. Délka čárové stopy odpovídá průměru spodní podstavy 4 kužele nebo komolého kužele 1, vynesené na horizontální ose obrázku 1, 2 v nm. Signál je maximální v blízkosti kolem vrcholu kužele nebo komolého kužele 1, jímž prochází na obr. 1, 2 pomyslná osa 14. Výška signálu 13 závisí na vnitřní odrazivosti zkosených stěn 2, na kterou má vliv dokonalost jejich vyleštěného povrchu a dokonalost provedení reflexních vrstev hliníku 3 a vrstvy kysličníku cínitého a inditého 11, dále na vlastní absorpci světla scintilačního materiálu a na optické propustnosti výstupního rozhraní spodní podstavy 4. Pro výšku signálu je užitečný jen luminiscenční tok 6, který dopadá na výstupní rozhraní spodní podstavy 4 pod mezním úhlem, v případě ytritohlinitého granátu 32°, a luminiscenční paprsky 7, které jsou reflektovány od reflexních vrstev 3 a 11 pod mezním úhlem směrem ke spodní podstavě 4 a světlovodu 15. Počet paprsků 7 odrážejících se pod mezním úhlem ke spodní podstavě 4 závisí na výšce kužele nebo komolého kužele 1, tedy na úhlu zkosení, který svírá stěna 2 a spodní podstava 4. Luminiscenční paprsky 8 dopadající na spodní podstavu 4 nad mezním úhlem se odrážejí od spodní podstavy 4 směrem k reflexní vrstvě 3, odkud mohou být odraženy směrem ke spodní podstavě 4 buď pod mezním úhlem, a tak užitečné, nebo nad mezním úhlem, pak jsou několikanásobnými odrazy a absorpcí ztraceny. Úhel zkosení určuje, které paprsky 8 budou využity a které ztraceny.

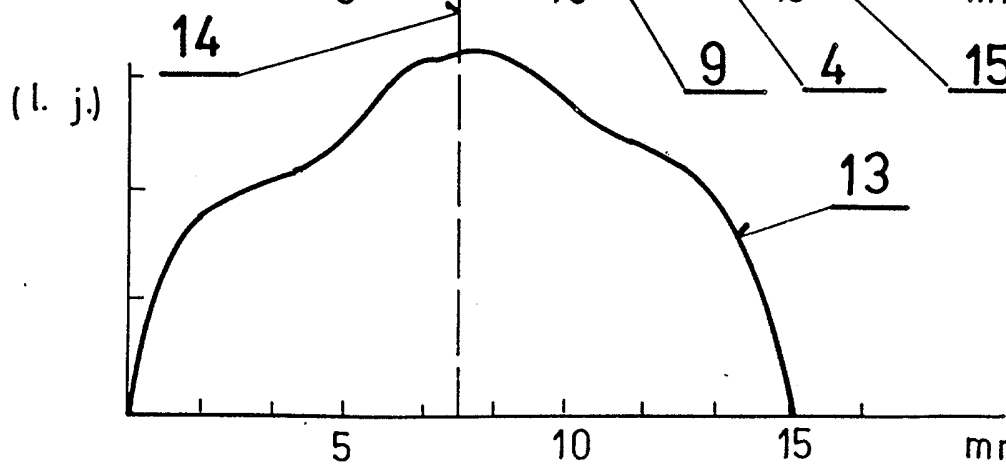
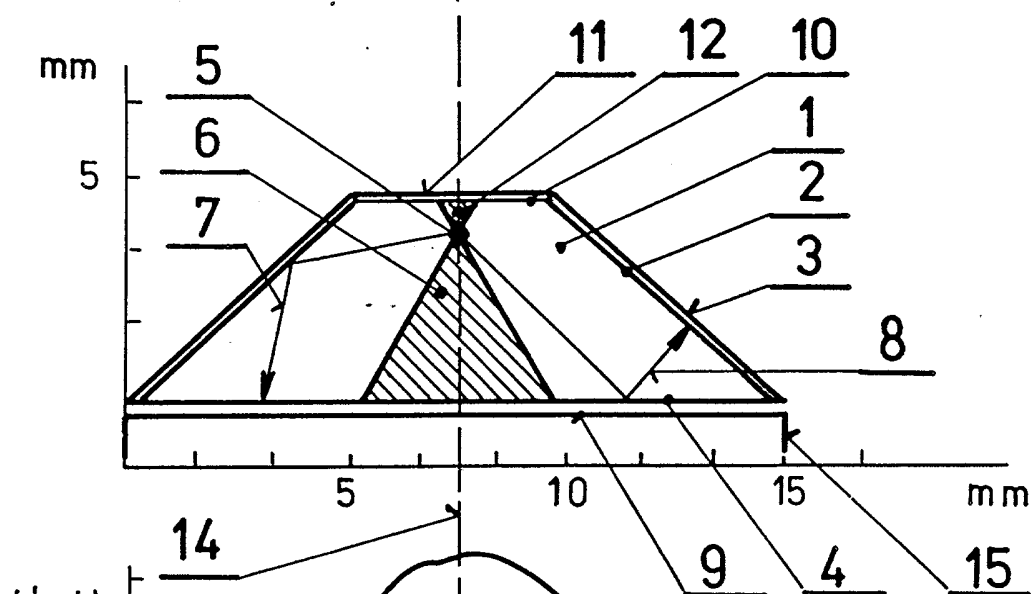
Technický účinek provedení podle vynálezu znamená, že signál je v oblasti kolem vrcholu scintilátoru z komolého kužele 1 3 až 5krát vyšší než u dosavadních provedení scintilátoru ve tvaru planoparalelní kruhové desky.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Monokrystalický scintilátor pro detekci sekundárních elektronů na bázi yttritohlinitého granátu aktivovaného trojmocným cerem nebo na bázi yttritohlinitého perovskitu aktivovaného trojmocným cerem, uzpůsobený k přenosu elektrického náboje při dopadu elektronů z jeho povrchu a k přenosu světelné energie z jeho objemu do objemu světlovodu směrem k fotokatodě násobiče, vyznačující se tím, že scintilátor má tvar kužele (1) se spodní podstavou (4) o průměru 5 až 25 mm, výšce 2 až 8 mm, s úhlem, který svírá rameno spodní podstavy (4) a rameno stěny (2) 20 až 45°.
2. Monokrystalický scintilátor podle bodu 1, vyznačující se tím, že má tvar komolého kužele (1) a vytváří horní podstavu (10) o průměru 1 až 6 mm.
3. Monokrystalický scintilátor podle bodu 1 a 2, vyznačující se tím, že vyleštěný povrch komolého kužele (1) je pokryt kombinací dvou tenkých vrstev, přičemž horní podstava (10) je pokryta kyslíčnickem oxičito-inditým o tloušťce 5 až 30 nm a stěny (2) jsou pokryty hliníkem o tloušťce 20 až 60 nm.



OBR. 1



OBR. 2.