



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

211536

(11)

(B1)

/22/ Přihlášeno 01 06 79
/21/ /PV 3771-79/

(51) Int. Cl.³
H 05 B 41/24
H 01 J 37/28
G 01 T 1/208

(40) Zveřejněno 31 07 81

(45) Vydáno 15 02 83

(75)

Autor vynálezu

AUTRATA RUDOLF ing. CSc., SCHAUER PETR RNDr., BRNO,
KVAPIL JIŘÍ ing. CSc., KVAPIL JOSEF ing. CSc., TURNOV,
DRAHOŇOVSKÝ ZDENĚK, BESEDLICE

(54) Scintilátor pro detekci elektronů

1

Vynález se týká scintilátoru pro detekci elektronů v rastrovacím elektronovém mikroskopu. Scintilátor je uzpůsoben k přenosu světelné energie do světlovodu směrem k fotokatodě fotoelektrického násobiče.

Pro detekci zpětně odražených a sekundárních elektronů v rastrovacím elektronovém mikroskopu (REM) se nejčastěji používá scintilačně fotonásobičový systém. Je založen na zdvojené transformaci energie typu elektron - foton - elektron pomocí scintilátoru a fotoelektrického násobiče. Elektrony fokusované do malé stopy rastrují povrch vzorku a výsledkem této interakce je mimo jiné i vznik elektronů s energií do $2 \cdot 10^4$ eV, které se podle energie dělí na elektrony zpětně odražené a sekundární. Zpětně odražené elektrony jsou monoenergetické ($\approx 10^4$ eV), část jich dopadá na čelo scintilátoru a jejich počet je detekován. Sekundární elektrony musí být před detekcí urychleny, takže opět dopadají na čelo scintilátoru s konstantní energií a jejich počet je detekován.

Vhodnou kombinací napětí na kolektoru a povrchu scintilátoru lze zvolit pro detekci jednu či druhou skupinu elektronů. Podmínkou dobré funkce scintilačního detektoru je nejen vysoká luminiscenční účinnost a dlouhá životnost scintilační hmoty, velká šíře pásma a velký dynamický rozsah, ale i dokonalé optické spojení jeho jednotlivých částí - scintilátoru, světlovodu, fotoelektrického násobiče. Fotony emitované luminiscenčními centry scintilátoru je nutné svést s minimálními ztrátami k fotoemisním centrům fotokatody fotoelektrického násobiče.

Je známá celá řada scintilačních průhledných blokových hmot, např. pasty, skla, monokrystaly, které jsou používány ve tvaru kruhové desky buď na všech stranách vyleštěné, nebo matované (hrubované) na vstupním čele, popřípadě na bočních stěnách a se zbývajícím povrchem

vyleštěným. V obou případech jsou scintilátory připojeny na světlovod pomocí kanadského balzámu nebo jiného imerzního pojidla.

Nevýhodou provedení se všemi stranami vyleštěnými je nutnost použití imerzního pojidla, což je v některých podmínkách, například při aplikaci v ultravakuu, vyloučené. Bez použití imerzního pojidla je účinnost přenosu světelné energie do objemu světlovodu podstatně nižší. V tomto případě dopadá světlo, které je vybuzeno ve scintilátoru a šíří se všemi směry, na výstupní rozhraní typu scintilátor-vakuum (vzduch). Vzhledem k nerovnostem povrchů scintilátoru a světlovodu nelze uvažovat výstupní rozhraní scintilátor-světlovod. Přitom dobře vyleštěným rozhraním výstupního čela scintilátoru může projít jen svazek světla vymezený úhlovou aperturou rovnou kritickému úhlu dopadu světla na rozhraní scintilátor-vakuum (vzduch). Zbytek světla se odráží zpět do objemu scintilátoru, opouští ho bočními stěnami nebo je po opakovaných odrazech absorbován. Propustnost světla nedosahuje například u scintilátoru s indexem lomu $n = 1,84$, ve tvaru kruhové desky s leštěným rozhraním výstupního čela ani 33 %, což je hodnota velmi nízká a je příčinou světelných ztrát, které snižují celkovou citlivost scintilačního detektoru.

Provedení se všemi stranami vyleštěnými má své nevýhody rovněž při použití imerzního pojidla, dokonce i při rovnosti indexů lomu všech zúčastněných materiálů. V tomto případě dopadá světlo emitované ze scintilátoru na vnitřní boční stěny světlovodu pod libovolnými úhly. Podmínkám totálního odrazu na uvedených stěnách světlovodu však vyhovuje pouze část světla vymezená úhlovou aperturou

$$\alpha = \arcsin \sqrt{\frac{n_2^2 - 1}{n_1^2}},$$

kde n_1 je index lomu scintilátoru a n_2 index lomu světlovodu. Např. pro scintilátor s indexem lomu 1,84 ve tvaru kruhové desky s leštěným rozhraním výstupního čela a při použití světlovodu s indexem lomu 1,5 a imerzního pojidla s indexem lomu 1,5 až 1,84 nedosahuje přenos světla ze scintilátoru na výstupní čelo světlovodu ani 40 %, takže i při aplikaci imerzního pojidla jsou světelné ztráty výrazné. Zrcadlové pokrytí bočních stěn světlovodu nepřináší celkové zlepšení z důvodů nižšího koeficientu odrazivosti nanesené vrstvy vůči totálnímu odrazu.

Nevýhodou provedení s matovaným vstupním čelem je jeho nepoužitelnost k detekci nízkoeenergetických elektronů. Při této aplikaci musí být vstupní čelo scintilátoru pokoveno elektricky vodivou vrstvou, například hliníkem, z důvodů zachování žádoucího elektrického potenciálu na povrchu scintilátoru. Tloušťka kovové vrstvy musí být velmi tenká, protože je limitována přípustnými energetickými ztrátami procházejících detekovaných elektronů. Na matovém povrchu se však při napařování velmi tenké kovové vrstvy vytváří nespojitá struktura, která nezabezpečuje podmínku dokonalé elektrické vodivosti. Pokrytí matovaného povrchu tenkou organickou blanou před pokovením hliníkem značně snižuje mechanickou odolnost scintilátoru a je nevhodné pro ultravakuumové podmínky. Z uvedených důvodů je provedení s matovaným vstupním čelem scintilátoru pro detekci nízkoeenergetických elektronů v rastrovacím elektronovém mikroskopu bezpředmětné.

Uvedené nedostatky odstraňuje scintilátor pro detekci elektronů uzpůsobený k přenosu světelné energie do světlovodu směrem k fotokatodě fotoelektrického násobiče, který sestává z plastické, skleněné, případně monokrystalické kruhové desky o průměru 8 až 30 mm a tloušťce 0,1 až 5,0 mm se vstupním čelem vyleštěným do vysokého lesku a opatřeným tenkou vrstvou hliníku, jehož podstatou vynálezu u scintilátoru je to, že výstupní čelo kruhové desky směřující ke světlovodu je zabroušeno do matového povrchu o střední aritmetické odchylce profilu 0,10 až 0,35 μm .

Scintilátor se napojuje na světlovod bez imerzního pojidla. Při detekci nízkoeenergetických elektronů přináší scintilátor podle tohoto vynálezu konkrétní zvýšení účinnosti scintilačního efektu blokové scintilační hmoty, z nichž nejvýhodnější je zejména hmota mono-

krystalická, která ve srovnání s blokovou hmotou plastickou a skleněnou má vyšší luminiscenční účinnost a je odolná proti poškození zářením. Nejlepší parametry vhodné pro zhotovení blokového scintilátoru ve tvaru kruhové zabroušené desky dosahuje monokrystal ytrium hliníkového granátu aktivovaný trojmocným cérem, který je oproti většině monokrystalických blokových hmot stálý na vzduchu a vyhovuje ultravakuovým podmínkám.

Optické poměry ve srovnání dosavadního stavu techniky pro detekci nízkoenergetických elektronů s předmětem podle vynálezu objasní přiložený výkres, kde na obr. 1 a obr. 2 je v osovému řezu znázorněna kruhová deska scintilátoru s oběma čely vyleštěnými, zatímco na obr. 3 s jedním čelem vyleštěným a druhým zabroušeným.

Scintilátor na obr. 1, 2 a 3 sestává z kruhové desky 1 z organického, skleněného, případně monokrystalického materiálu. Vstupní čelo 2 je vyleštěno do vysokého lesku a opatřeno tenkou vrstvou hliníku 3. Výstupní čelo 4 na obr. 1 a 2 je rovněž vyleštěno, zatímco na obr. 3 je výstupní čelo 4 zabroušeno do matového povrchu 5. Uvnitř kruhové desky 1 je vyznačeno luminiscenční centrum 6, luminiscenční světelný tok 7 a okrajové paprsky 8. Na obr. 1 je kruhová deska 1 scintilátoru napojena na světlovod 10 pomocí imerzního pojídla 11. Na obr. 2 a obr. 3 je kruhová deska 1 scintilátoru napojena na světlovod 10 bez použití imerzního pojídla, takže vzniká vakuová (vzduchová) mezera 9.

Dokonalejší svod světla závisí na optické propustnosti vyleštěného výstupního čela 4, popřípadě matového povrchu 5, na vnitřní odrazivosti vstupního čela 2 pokrytého vrstvou hliníku 3, dále pak na pohltivosti světla v objemu kruhové desky 1 scintilátoru a na směru šíření světla navázaného do světlovodu 10. V případě uvedeném na obr. 1 se světlo vybuděné luminiscenčními centry 6 šíří všemi směry a pomocí imerzního pojídla 11 je jeho značná část navázána přes výstupní čelo 4 do světlovodu 10. Pro další přenos k fotokatodě fotoelektrického násobiče je však zužitkován jen luminiscenční světelný tok 7, který vyhovuje podmínkám totálního odrazu na bočních vnitřních stěnách světlovodu 10. Okrajové paprsky 8 unikají bočními stěnami světlovodu 10 a kruhové desky 1 scintilátoru, nebo jsou absorbovány. V případě uvedeném na obr. 2 může být do světlovodu 10 navázána mnohem menší část světla než při použití imerzního pojídla 11. Tento využitelný světelný tok 7 je zde limitován kritickým úhlem dopadu na leštěné výstupní čelo 4 kruhové desky 1 scintilátoru. Okrajové paprsky 8 se odráží zpět do objemu kruhové desky 1 scintilátoru a opouští ji bočními stěnami nebo jsou absorbovány. Naproti tomu u provedení na obr. 3 podle vynálezu, kde výstupní čelo 4 je opatřeno matovým povrchem 5, je propustnost pro světelný tok 7 i okrajové paprsky 8 téměř beze ztrát a přitom se nepoužívá imerzního pojídla 11.

Při výrobě scintilátoru z blokové plastické, skleněné nebo monokrystalické hmoty uzpůsobeného k vysoce účinnému přenosu světelné energie do světlovodu směrem k fotokatodě fotoelektrického násobiče se postupuje následovně. Plastická nebo skleněná, nejlépe však monokrystalická hmota ytrium hliníkového granátu dotovaná 0,01 až 0,8 % trojmocného céru je opracována na kruhové destičky 1 o síle 0,2 až 0,5 mm o průměru 20 mm tak, že jedno vstupní čelo 2 je vyleštěno do vysokého lesku (střední aritmetická odchylka profilu je menší než 0,01 μm) a pokoveno hliníkem 3 o tloušťce vrstvy 40 až 60 nm. Druhé výstupní čelo 4 je zabroušeno do matového povrchu 5 na střední aritmetickou odchylku profilu 0,10 až 0,35 μm .

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Scintilátor pro detekci elektronů v rastrovacím elektronovém mikroskopu uzpůsobený k přenosu světelné energie z jeho objemu do objemu světlovodu směrem k fotokatodě fotoelektrického násobiče, který sestává z plastické, skleněné, případně monokrystalické kruhové desky o tloušťce 0,1 až 5,0 mm a průměru 8 až 30 mm, napojené na světlovod bez imerzního pojídla, se vstupním čelem vyleštěným do vysokého lesku a opatřeným tenkou vrstvou hliníku, vyznačený tím, že výstupní čelo (4) kruhové desky (1) směřující ke světlovodu (10) je zabroušeno do matového povrchu (5) o střední aritmetické odchylce profilu 0,10 až 0,35 μm .

3 výkresy

