

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2008-385

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

G01J 3/12 (2006.01)

G01J 3/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **20.06.2008**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **10.03.2010**
(Věstník č. 10/2010)

(71) Přihlašovatel:

Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i., Praha 8, CZ

(72) Původce:

Straka Petr Mgr. Dr., Praha 9, CZ

Divoký Martin Ing., Praha 4, CZ

(74) Zástupce:

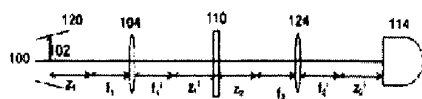
Středisko společných činností AV ČR, v. v. i., Patentové
a licenční služby, Národní 1009/3, Praha 1, 11000

(54) Název přihlášky vynálezu:

Zobrazující spektrograf

(57) Anotace:

Zobrazující spektrograf je tvořený první optickou soustavou (104), spektrální filtrační jednotkou, druhou optickou soustavou (124) a detektorem (114). Spektrální filtrační jednotka je tvořena alespoň jedním optickým filtrem (110), pro jehož umístění vůči oběma optickým soustavám (104, 124) platí $z_1 z_1' = f_1 f_1'$ a $z_2 z_2' = f_2 f_2'$, kde z_1 je vzdálenost zobrazovaného předmětu (102) od předmětového ohniska první optické soustavy (104), z_1' je vzdálenost filtru (110) od obrazového ohniska první optické soustavy (104), f_1 resp. f_1' je předmětová resp. obrazová ohnisková vzdálenost první optické soustavy (104), z_2 je vzdálenost filtru (110) od předmětového ohniska druhé optické soustavy (124), z_2' je vzdálenost detekční plochy detektoru (114) od obrazového ohniska druhé optické soustavy (124) a f_2 resp. f_2' je předmětová resp. obrazová ohnisková vzdálenost druhé optické soustavy (124).



Zobrazující spektrograf

Oblast techniky

Řešení se týká spektrografu s dvou nebo třídimenzionálním zobrazováním.

Dosavadní stav techniky

Jednoduchého rozkladu optických polychromatických plošných obrazů hmotných předmětů do spektrálních, tj. barevných složek se používá u různých zařízení. Jedna skupina přístrojů využívá matici optických spektrálních filtrů umístěných přímo na fotocitlivé ploše detektoru. Příkladem je spotřební elektronika jako jsou kamery nebo fotoaparáty, kde je každý obrazový bod rozkládán do tří spektrálních složek. Nedostatkem matice spektrálních filtrů umístěných pevně na fotocitlivé ploše detektoru je nemožnost jejich záměny a malý počet spektrálních složek.

Ostatní detektory mají optické filtry umístěny mimo fotocitlivou plochu detektoru. Pro podrobnější rozlišení spektrálního obsahu plošného obrazu ve více než třech kanálech se kromě speciálních kamer s více barevnými kanály také používají zobrazující spektrografy. K oddělení spektrálních složek svazku dochází například pomocí úhlové disperze optických prvků, akustooptické disperze, disperze optické rotace (patenty ČR č. 284282, 288303), analýzou Fourierovy oblasti spektra nebo použitím optických filtrů.

Často se předmět nebo jeho obraz analyzuje po částech, tedy skenuje se bod předmětové roviny po bodu nebo úsečka za úsečkou, a u každé části obrazu se provede spektrální analýza využívající například úhlovou disperzi. Spektrální analýza obrazu předmětu po částech je nákladná a složitá. Obsahuje přesnou skenující mechanickou soustavu, skenující aperturu, složitější uspořádání filtrační jednotky, prostředky pro přesné složení jednotlivých částí obrazu a obvykle nelze použít nejvyšší spektrální rozlišení pomocí interferenčních filtrů jako je Fabry-Perotův rezonátor.

Někdy lze provádět spektrální analýzu celého předmětu nebo jeho plošného obrazu přímo. Takové zobrazující spektrografy často využívají optické filtry. Postupnou záměnou různých optických filtrů se získá obraz předmětu pomocí různých

spektrálních složek svazku. Avšak pokud mají jednotlivé filtry pro propuštěnou složku svazku různý optický klín, vzniká zkreslení spektrálně složeného obrazu předmětu. Je to díky různému relativnímu posunu obrazů předmětu na detektoru získaných jednotlivými spektrálními složkami, který je úměrný velikosti optických klínů filtrů. Zkreslení je nutné dodatečně odstraňovat. Někdy se používají i optické filtry s velmi malým optickým klínem, který složky obrazu na detektoru vzhledem k prostorovému rozlišení některých současných detektorů nemusí posunout, a pak ke znatelnému zkreslení obrazu předmětu nedojde. Avšak tyto filtry nejsou zatím tak snadno dostupné jako optické filtry s větším optickým klínem a v tak rozmanitých sériích, nehledě na jejich vyšší pořizovací náklady.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky odstraňuje konstrukce spektrografu podle tohoto vynálezu. Spektrograf sestává z optické zobrazovací soustavy, která zobrazuje analyzovanou předmětovou rovinu na rovinu citlivé plochy detektoru záření a zároveň obsahuje optický filtr vložený do předmětové roviny soustavy nebo do místa některého jejího obrazu mezi zdrojem svazku a detektorem. Vhodná pozice optických filtrů, vykazujících optický klín, vůči zobrazovanému předmětu umožní zkreslení při spektrální analýze obrazu předmětu podstatně omezit nebo vyloučit.

Zobrazující spektrograf sestává z první optické soustavy, spektrální filtrační jednotky, druhé optické soustavy a detektoru. Spektrální filtrační jednotka je tvořena jedním optickým filtrem, pro jehož umístění vůči oběma optickým soustavám platí $z_1 z_1' = f_1 f_1'$ a $z_2 z_2' = f_2 f_2'$, kde z_1 je vzdálenost zobrazovaného předmětu od předmětového ohniska první optické soustavy, z_1' je vzdálenost obrazového ohniska první optické soustavy od filtru, f_1 resp. f_1' je předmětová resp. obrazová ohnisková vzdálenost první optické soustavy, z_2 je vzdálenost filtru od předmětového ohniska druhé optické soustavy, z_2' je vzdálenost obrazového ohniska druhé optické soustavy od detektoru a f_2 resp. f_2' je předmětová resp. obrazová ohnisková vzdálenost druhé optické soustavy.

První nebo druhá optická soustava mohou být tvořeny zrcadlem, čočkou, teleskopem nebo objektivem. Spektrální filtrační jednotka může zahrnovat nosný kotouč s více filtry. Jinou variantou provedení je spektrální filtrační jednotka tvořená

dvěma či více nosnými kotouči s filtry. Přitom je nutno mezi každé dva nosné kotouče vložit optickou soustavu s předmětovou resp. obrazovou ohniskovou vzdáleností f resp. f' tak, aby pro vzdálenost z filtrů na předchozím kotouči od předmětového ohniska optické soustavy a pro vzdálenost z' obrazového ohniska optické soustavy od filtrů na následujícím kotouči platil vztah $zz' = ff'$. Použitý plošný filtr může být založený na transmisí, absorpci, difrakci i odrazu části spektra dopadajícího záření, takže přes něj dále na detektor prochází pouze analyzovaná spektrální složka svazku.

Šířka pásma propustnosti spektrálních filtrů je menší než spektrum svazku a filtry představují pro svazek optický klín. Optický klín je vlastnost filtru vychylující propuštěnou část svazku optického záření z jejího původního směru před vložením filtru.

Mohou být použity i jiné než spektrální filtry s optickým klínem, například výkonové filtry propouštějící část svazku s výkonem charakterizovaným transmisí filtru. Šířka propustnosti výkonových filtrů je srovnatelná se spektrem svazku. Detektorem záření může být výkonový detektor s dvojdimenzionálním prostorovým rozlišením. Může to být i detektor s jednodimenzionálním rozlišením nebo bodový detektor, pokud jsou opatřeny pohyblivou mechanickou soustavou umožňující skenování obrazu předmětu plochou detektoru.

Je možné i pohybem ohniska první části zobrazovací soustavy umístěné mezi předmětovou rovinou a prvním filtrem měnit pozici předmětové roviny při zachování jejího obrazu na filtru a provádět spektrální mapu prostoru složenou ze spektrální analýzy provedené pro jednotlivé předmětové roviny. V případě, kdy je filtr umístěn přímo v předmětové rovině, se pohybuje ohniskem části optické soustavy mezi filtrem a detektorem a zároveň se pohybuje filtrem tak, aby byl neustále umístěn v předmětové rovině optické soustavy.

Přehled obrázků na výkresech

Na přiloženém obrázku je schéma uspořádání spektrografu a zkoumaného předmětu.

Příklady provedení

Zobrazující spektrograf sestává z první optické soustavy 104, spektrální filtrační jednotky, druhé optické soustavy 124 a detektoru 114. První optická soustava 104 je zde tvořena prvním achromatickým objektivem. Druhá optická soustava 124 je tvořena druhým achromatickým objektivem. Spektrální filtrační jednotka je tvořena nosným kotoučem tloušťky 5 mm s deseti vloženými kruhovými transmisními interferenčními optickými filtry 110 průměru 25 mm a tloušťky 5 mm se střední vlnovou délkou transmise λ_i [nanometrů] = $700 + 20 \cdot (i-1)$, kde $i = 1, \dots, 10$, a šířkami pásma propustnosti v polovině maxima transmise 10 nm. Osy filtrů jsou rovnoběžné s rotační osou kotouče a jsou ve stejné vzdálenosti od osy kotouče. Osa kotouče je rovnoběžná s optickou osou 100 ve vzdálenosti rovné vzdálenosti osy kotouče od osy jednoho z filtrů. Filtry 110 jsou do kotouče vloženy tak, aby průsečík dopadajícího a propuštěného svazku 120 ležel v čelní rovině kotouče, která je blíže zobrazovanému předmětu 102. Pro umístění této roviny kotouče vůči oběma objektivům platí $z_1 z_1' = f_1 f_1'$ a $z_2 z_2' = f_2 f_2'$, kde z_1 je vzdálenost zobrazovaného předmětu 102 od předmětového ohniska prvního objektivu, z_1' je vzdálenost čelní roviny nosného kotouče s filtry 110 od obrazového ohniska prvního objektivu, f_1 resp. f_1' je předmětová resp. obrazová ohnisková vzdálenost prvního objektivu, z_2 je vzdálenost čelní roviny nosného kotouče s filtry 110 od předmětového ohniska druhého objektivu, z_2' je vzdálenost detekční plochy detektoru 114 od obrazového ohniska druhého objektivu a f_2 resp. f_2' je předmětová resp. obrazová ohnisková vzdálenost druhého objektivu. Detektorem 114 je zde plošná černobílá digitální CCD kamera.

Ze zdroje záření, kterým je v tomto příkladě pulsní Ti:safírový laser se spektrem v rozsahu 680-900 nm, s přizpůsobitelným výkonem pomocí sady výkonových filtrů, vycházející svazek 120 záření je fokusován zrcadlem do předmětové roviny kolmé na optickou osu 100 v místě zobrazovaného předmětu 102. V tomto příkladě je tedy předmětová rovina totožná s fokální rovinou laserového svazku 120 a zobrazovaným předmětem 102 je plošné rozložení výkonu svazku ve fokální rovině zrcadla $P_p(x,y,\lambda)$, které zároveň zachycuje rozložení úhlového spektra svazku 120. Předmět 102 je prvním objektivem zobrazen na jeden z filtrů 110 umístěný na nosném kotouči s filtry 110. Filtr 110 má střední vlnovou délkou transmise λ_i . Obraz předmětu 102 na filtru 110 je dále propuštěnou spektrální složkou

svazku 120 pomocí druhého objektivu zobrazen na fotocitlivou plochu kamery, která je citlivá na střední výkon propuštěné složky svazku 120. Přitom je výkon laseru na uvedené spektrální složce přizpůsoben výkonovými filtry dynamickému rozsahu kamery. Kamerou je poté měřen jeden snímek předmětu 102 jako plošné rozložení středního výkonu složky svazku $P_d(x', y', \lambda_i = \text{konst.})$ na fotocitlivé ploše kamery o souřadnicích x' , y' . Záměna filtru 110 je provedena pootočením nosného kotouče s filtry 110 kolem jeho osy. Tak se postupně změní střední vlnová délka propuštěného svazku 120 z hodnoty λ_1 na hodnoty $\lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_{10}$. Přitom je pro každý filtr 110 měřen snímek $P_d(x', y', \lambda_i = \text{konst.})$, kde $i=1, \dots, 10$. V tomto příkladě byla vyhodnocením uvedené série snímků, přesněji zjišťováním funkční závislosti polohy těžiště a osové šířky obrazu svazku v kameře na vlnové délce λ_i u každého snímku, získána spektrální závislost (disperze) směru a divergence laserového svazku 120 vycházejícího z laseru.

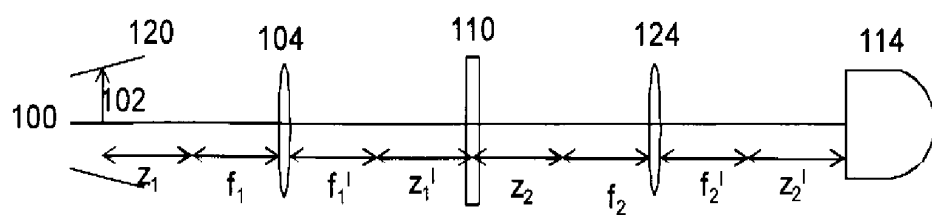
Průmyslová využitelnost

Řešení podle vynálezu lze využít pro spektrální a jinou (např. výkonovou) analýzu spektrálních složek svazků. Možnými oblastmi využití je kromě oblasti optických nebo fyzikálních přístrojů, i astronomie, letectví, kartografie, biologie. Tento typ spektrografu umožňuje například vysoké spektrální i prostorové rozlišení.

Vynález především umožní vyhodnocení prostorových parametrů složek nebo předmětů výkonovými nebo částicovými detektory svazků. Je ilustrován především na případě měření některých vlastností frekvenčních složek svazků optického záření.

PATENTOVÉ NÁROKY

- 1 Zobrazující spektrograf tvořený první optickou soustavou, spektrální filtrační jednotkou, druhou optickou soustavou a detektorem, vyznačující se tím, že spektrální filtrační jednotka je tvořena alespoň jedním optickým filtrem (110), pro jehož umístění vůči oběma optickým soustavám (104, 124) platí $z_1 z_1' = f_1 f_1'$ a $z_2 z_2' = f_2 f_2'$, kde z_1 je vzdálenost zobrazovaného předmětu (102) od předmětového ohniska první optické soustavy (104), z_1' je vzdálenost filtru (110) od obrazového ohniska první optické soustavy (104), f_1 resp. f_1' je předmětová resp. obrazová ohnisková vzdálenost první optické soustavy (104), z_2 je vzdálenost filtru (110) od předmětového ohniska druhé optické soustavy (124), z_2' je vzdálenost detekční plochy detektoru (114) od obrazového ohniska druhé optické soustavy (124) a f_2 resp. f_2' je předmětová resp. obrazová ohnisková vzdálenost druhé optické soustavy (124).
- 2 Zobrazující spektrograf podle nároku 1, vyznačující se tím, že první optická soustava (104) je zrcadlo.
- 3 Zobrazující spektrograf podle nároku 1, vyznačující se tím, že první optická soustava (104) je čočka.
- 4 Zobrazující spektrograf podle nároku 1, vyznačující se tím, že první optická soustava (104) je objektiv.
- 5 Zobrazující spektrograf podle nároku 1, vyznačující se tím, že první optická soustava (104) je teleskop.
- 6 Zobrazující spektrograf podle nároku 1 nebo 2 nebo 3 nebo 4 nebo 5, vyznačující se tím, že spektrální filtrační jednotka má nosný kotouč s nejméně dvěma filtry (110).
- 7 Zobrazující spektrograf podle nároku 6, vyznačující se tím, že spektrální filtrační jednotka je tvořena nejméně dvěma nosnými kotouči, kde každý nese nejméně jeden filtr (110), přičemž mezi každými dvěma nosnými kotouči je optická soustava pro kterou platí $zz' = ff'$, kde z je vzdálenost filtrů na předchozím kotouči od předmětového ohniska optické soustavy, z' je vzdálenost filtrů na následujícím kotouči od obrazového ohniska optické soustavy a f resp. f' je předmětová resp. obrazová ohnisková vzdálenost této optické soustavy.



Obr.1