



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

202 179

(11) (B1)

(51) Int. Cl.³

G 01 N 19/10

(22) Přihlášeno 14 11 77
(21) PV 7452-77

(40) Zveřejněno 31 07 79

(45) Vydané 30 06 82

(75)

Autor vynálezu

MAYER Daniel, prof., Ing., CSc., Plzeň a
MAYER Pavel, RNDr., CSc., Praha

(54) Měřidlo vlhkosti amorfních látek a plynů

1

Vynález se týká měřidla vlhkosti amorfních látek a plynů. Měřidlo je kontinuální a bezdotykové a jeho výstupní elektrický signál udává množství vody v měřeném objektu. Toto měřidlo může být začleněno do soustavy, která automaticky reguluje požadovanou vlhkost objektu; například při výrobě cihel a keramiky jde o přípravu cihlářské a keramické suroviny s předepsaným obsahem vody, při sušení obilí jde o odstranění určité části jeho vlhkosti, podobně při zpracování zemního plynu a podobně. Zpravidla se požaduje, aby surovina dosáhla takového předem stanoveného obsahu vlhkosti, který je na jedné straně nutnou podmínkou k dosažení požadovaných parametrů finálního výrobku, které jsou mírou jeho kvality a přitom na druhé straně umožňuje ekonomickou optimalizaci technologicko-výrobního procesu.

V dosavadní praxi ještě nedosáhla komplexní automatizace takového stupně dokonalosti, aby v přípravném procesu bylo možno spolehlivě nastavit vlhkost příslušné suroviny na požadovanou hodnotu. Například při výrobě cihel a keramiky je třeba zvyšovat přirozený obsah vody v surovině, aby tato byla zpracovatelná na výtlačných lisech. Provádí se to přidáváním vody, tj. dovlhčováním, v kolových mlýnech. Množství přidávané vody se ovšem mění, podle obsahu přirozeného množství vody, které má surovina vstupující do výrobního procesu. Například v upravené cihlářské nebo keramické surovině se pohybuje požadovaný obsah vody v mezích od 15 do 25 %, podle druhu

2

výrobků. V současné době je příprava cihlářské nebo keramické suroviny závislá na zkušenosti dělníka, který pracuje u výtlačného lisu: podle odhadu mechanických vlastností zpracovávané suroviny dává pokyn pracovníku, který řídí množství přidávané vody v kolovém mlýně. Kromě toho občas odebírají vzorky suroviny a zjišťuje se jejich vlhkost, a to zpravidla vážením, vysoušením a opětným vážením, což je však dost zdoluhavé. Méně často se používají jiná měření, založená například na vztahu mezi elektrickým odporem suroviny a její vlhkosti, nebo na vztahu mezi komplexní permitivitou suroviny a její vlhkostí. Přitom ovšem musí mít surovina přesně vymezený tvar. Měřicí zařízení tohoto druhu však nejsou spolehlivá, neboť náhodné kolísání chemického složení suroviny působí rušivě. Požadavek automatického dovlhčování však vyžaduje kontinuální a bezkontaktní měření obsahu vody. Podobná situace je při sušení obilí, nebo při zpracování zemního plynu, kde se ovšem pouze odstraňuje přebytná vlhkost.

Z uvedeného je zřejmé, že dosavadní způsob měření vlhkosti amorfních látek a plynů neumožňuje provést automatizaci výrobního procesu, která je nutným předpokladem pro zvyšování produktivity práce a kvality výrobků a snižování výrobních nákladů a pracovních sil.

Výše uvedené nedostatky odstraňuje měřidlo vlhkosti amorfních látek a plynů podle vynálezu. Jeho podstata spočívá v tom, že je opatřeno zdrojem infračerveného záření a nejméně dvěma interferenčními fil-

try, umístěnými ve směru paprsků, odražených od proměřovaného objektu. Za interferenčními filtry ve směru procházejícího paprsku je umístěna čočka a detektor.

Podle vynálezu je výhodné, jestliže před interferenčními filtry je umístěno ochranné sklo.

Je výhodné, jestliže za jedním interferenčním filtrem je umístěno zrcátko a ve směru odražených paprsků od zrcátka v místě průsečíku s paprsky z druhého interferenčního filtru je umístěn rotující kotouč.

Dále je podle vynálezu výhodné, jestliže interferenční filtry jsou umístěny na nosiči otočném napříč k paprskům odraženým od proměřovaného objektu. Podle vynálezu je účelné, jestliže pohyblivé zrcátko je sklopené okolo osy procházející napříč k paprskům odraženým od proměřovaného objektu.

Je účelné, jestliže za jedním interferenčním filtrem je příčně umístěno zrcátko a za druhým interferenčním filtrem je příčně umístěno v místě průsečíku paprsků odražených zrcátkem a paprsků odražených od proměřovaného objektu polopropustné zrcátko. Před oběma interferenčními filtry je umístěna pevná clonka a pohyblivá clonka.

Dále je podle vynálezu účelné, jestliže mezi interferenčními filtry je napříč vložen rotující kotouč a před jedním interferenčním filtrem je příčně k paprskům odraženým od proměřovaného objektu umístěno jedno zrcátko. Za druhým interferenčním filtrem je příčně k paprskům odraženým od rotujícího kotouče umístěno druhé zrcátko.

Proměřovaný objekt je ozařován zdrojem infračerveného záření a odražené záření prochází střídavě jednak interferenčním filtrem propouštějícím záření z oboru vlnových délek některého absorpčního pásu vody, jednak interferenčním filtrem propouštějícím záření v kontinuu. Po střídavém průchodu oběma filtry dopadá odražené záření na detektor, jehož výstupní signál udává měřený obsah vody. Toto měřidlo využívá fyzikální jev, podle něhož molekula vody, podobně jako jiné molekuly, absorbuje dopadající záření různých vlnových délek. Absorpce molekuly vody je více nebo méně výrazná ve velmi širokém spektrálním oboru — od záření infračerveného po záření milimetrové; několik méně výrazných pásů je i ve viditelném oboru. Jak známo, profil každého spektrálního pásu závisí jednak na množství molekul vody v optické dráze, jednak na fyzikálních podmínkách, zejména na teplotě a na tlaku. Za daných podmínek je pás tím výraznější, čím více je přítomno molekul vody. Velikost absorpce v určitém spektrálním intervalu je tedy mírou množství vody; ke kvantitativnímu určení obsahu vody je ovšem třeba vyšetřenou absorpci kalibrovat dalším nezávislým měřením. Při praktické aplikaci optického měření vlhkosti je důležitý výběr spektrální oblasti, v níž se bude

konat měření. Absorpční pásy pro vlnové délky kratší než $1\text{ }\mu\text{m}$ nejsou příliš výrazné, v oblasti delších vlnových délek lze použít jako detektor fotodiodu PbS. Ostatní detektory používané v infračerveném oboru jsou buďto málo citlivé, anebo vyžadují chlazení. Fotodioda PbS je citlivá v oblasti $1\text{ až }2,5\text{ }\mu\text{m}$. Běžné sklo propouští dobře do $2,5\text{ }\mu\text{m}$, a proto v této oblasti nevznikají potíže ani s optickými elementy, ani se zdroji záření, pro něž lze použít obyčejnou žárovku.

V oblasti $1\text{ až }2,5\text{ }\mu\text{m}$ jsou dva výrazné absorpční pásy vody; výraznější je pás u vlnové délky $\lambda \sim 1,9\text{ }\mu\text{m}$. Měření světelného toku v absorpčním pásu a v kontinuu lze provádět buďto metodou stejnosměrnou, kdy se současně měří absorpční pás a kontinuum dvěma různými detektory, anebo metodou střídavou, kdy je použit jen jeden detektor a záření z absorpčního pásu a z kontinua na něj dopadá střídavě. Stejnosměrná metoda je výhodná tím, že během měření nedochází v měřené aparatuře k žádnému pohybu, je však aplikovatelná především u detektorů s fotokatodami, neboť jejich citlivost je téměř nezávislá na teplotě a jejich šum není na překážku měření. U detektoru PbS však citlivost silně závisí na teplotě a také poměr citlivosti dvou detektorů se může s teplotou měnit, a proto by bylo nutno teplotu detektorů stabilizovat. Polovodičové detektory mají značný šum, a proto se dopadající záření přerušuje určitou frekvencí, obvykle v rozsahu $50\text{ až }1000\text{ Hz}$, neboť časová konstanta detektoru PbS je kratší než 1 ms , a dále se zpracovává pouze signál o této frekvenci. Přerušování dopadajícího záření lze kombinovat se střídavým zářením z absorpčního pásu a z kontinua. Úseky, kdy na detektor nedopadá žádné záření, jsou nutné, neboť je třeba určovat poměr signálů působením záření z absorpčního pásu a z kontinua.

Absorpční pás $1,9\text{ }\mu\text{m}$ je široký zhruba $0,1\text{ }\mu\text{m}$ a kontinuum lze měřit v prakticky stejné šířce na krátkovlnné nebo dlouhovlnné straně absorpčního pásu. Oddělení se provede interferenčními filtry. Lze použít například filtry pro vlnovou délku $1,9\text{ }\mu\text{m}$, absorpční pás, a zvolíme-li krátkovlnnou stranu pásu $1,7\text{ }\mu\text{m}$, kontinuum, o pološířce $0,1\text{ }\mu\text{m}$ a o propustnosti 50% . Pološířkou filtru se rozumí rozdíl vlnových délek, v nichž propustnost filtru klesne na polovinu maximální hodnoty. Vedle kombinace dvou filtrů se zhruba stejnými pološířkami lze volit i kombinaci úzkého a širokého filtru, s vlnovou délkou maximální propustnosti u obou filtrů stejnou a rovnou vlnové délce absorpčního pásu. Úzký filtr potom měří jen absorpční pás, zatímco na měření širokým filtrem se podílí absorpční pás jen málo, neboť jím prochází kontinuum po obou stranách absorpce. Pološířky filtrů mohou být například $0,1\text{ }\mu\text{m}$ a $0,4\text{ }\mu\text{m}$. Výsledek měření

pomocí takové kombinace je méně ovlivněn změnami gradientu kontinua, k nimž může dojít změnou teploty vlákna žárovky, změnami kvality měřené suroviny nebo zaprášením optiky. Vedle transparentního provedení filtrů lze použít také filtrů refluxních, tj. filtrů, které požadované spektrální pásmo odrážejí.

Dosahovaný nový účinek měřidla spočívá v tom, že umožňuje kontinuální a bezkontaktní měření obsahu vody v tuhých amorfních látkách a v plynech, přičemž lze poměrně snadno dosáhnout požadovanou přesnost při indikaci vody, která je v případě cihlářské a keramické suroviny 0,5 %, při předpokládaném rozsahu měření 10 až 30 % vody. Zařízení vykazuje spolehlivou funkci i v těžkých provozních podmínkách, jako jsou například cihelny, sušičky obilí, úpravy zemního plynu a podobně, má minimální požadavky na údržbu a obsluhu, vliv variabilních parametrů suroviny vstupující do výrobního procesu, jako například teplota, barva, chemické složení a podobně, je potlačen na zcela zanedbatelnou míru a konečně, čidlo má dynamické vlastnosti, které jsou vhodné pro použití obvyklého regulačního systému spojitého nebo impulsního, s ohledem na stabilitu a rychlost regulace. Zařízení umožňuje dosáhnout úsporu ve spotřebě tepla v sušárnách a tím úsporu výrobních nákladů v oblasti palivoenergetické základny, jakož i vyloučení lidského činitele při přípravě suroviny. Úspora pracovních sil v místě škodlivém lidskému zdraví je zřejmá z toho, že se ušetří jedna pracovní síla na každém kolovém mlýně v cihelně, kde jsou silné vibrace a hluk kolem 100 dB. Kromě toho se dosáhne zvýšení jakosti připravované suroviny a snížení výpadků výtlačného lisu při nedostatečné vlhkosti suroviny a snížení zmetkovitosti přispěje ke zvýšení produktivity práce a ke zvýšení kvality finálního výrobku.

Vynález a jeho výhody jsou blíže objasněny na příkladech provedení pomocí připojených výkresů, na nichž znázorňuje

obr. 1 měřidlo podle vynálezu s rotujícím nosičem interferenčních filtrů,

obr. 2 měřidlo s rotujícím kotoučem,

obr. 3 měřidlo s pohyblivým zrcátkem,

obr. 4 měřidlo s polopropustným zrcátkem a clonkami,

obr. 5 měřidlo s dvěma zrcátky a rotujícím kotoučem,

obr. 6 zdroj infračerveného záření a

obr. 7 uspořádání při měření vlhkosti plynu.

Měřidlo podle vynálezu sestává podle obr. 1 z rotujícího nosiče **1**, v němž jsou umístěny interferenční filtry **2** a **3**. Nosič **1** je upevněn na hřídeli elektromotoru **6** a za tímto nosičem **1** v ose roztečné kružnice obou interferenčních filtrů **2** a **3** je umístěna čočka **4** a detektor **5**, například fotoodpor. Elektro-

motor **6** otáčející nosičem **1** zajišťuje, že odražené infračervené záření prochází střídavě oběma interferenčními filtry **2** a **3** a dopadá na čočku **4**, kterou je soustředěno na detektor **5**. Frekvence střídání interferenčních filtrů **2** a **3** je rovna počtu otáček elektromotoru **6** za sekundu. Aby byla frekvence vyšší než 50 Hz, musí mít elektromotor **6** otáčky vyšší než 3000 ot/min. Vyšší frekvence je totiž žádoucí nejen z hlediska snazší realizace elektronického zařízení pro zpracování signálu z detektoru **5**, ale i vzohledem k rychlosti posunu proměřovaného objektu. Nedostatkem tohoto provedení měřidla je především skutečnost, že odražený paprsek prochází každým z interferenčních filtrů **2** a **3** jen poměrně krátkou dobu, zatímco poměrně dlouhou dobu dopadá na rotující nosič **1** a pro měřicí účely zůstává zcela nevyužit. To má za následek poměrně nízkou přesnost měřidla.

Měřidlo podle vynálezu v provedení s rotujícím kotoučem s výřezy je na obr. 2a. Měřidlo sestává z ochranného skla **7**, rotujícího kotouče **8** poháněného elektromotorem, zrcátka **9**, interferenčních filtrů **2** a **3**, za nimiž je umístěna čočka **4** a detektor **5** záření. Provedení rotujícího kotouče **8** je vyznačeno na obr. 2b. Na jeho obvodu jsou buďto výřezy **c**, nebo zrcadlicí plošky **b** a nebo černé plošky **a**.

Záření odražené od proměřovaného objektu prochází ochranným sklem **7** k rotujícímu kotouči **8**, odráží se na zrcátku **9**, když před tím prošlo jedním nebo druhým interferenčním filtrem **2** nebo **3**. Dopadá na čočku **4**, kterou je soustředěno na detektor **5**, například fotoodpor. Oběma interferenčními filtry **2**, **3** prochází záření odražené od proměřovaného objektu do různých směrů a závislost odrazivosti na směru může být potom zdrojem snížení přesnosti měření.

Provedení měřidla podle vynálezu s pohyblivým zrcátkem je znázorněno na obr. 3. Měřidlo sestává z ochranného skla **7**, pohyblivého zrcátka **10**, které je uloženo výkyvně a elektromotor jím pohybuje tak, že kmitá kolem své osy. Toto pohyblivé zrcátko **10** je umístěno mezi interferenčními filtry **2** a **3** a čočkou **4**, za níž je umístěn detektor záření **5**. Odražené infračervené záření prochází ochranným sklem **7** a dopadá na pohyblivé zrcátko **10**, které kmitá a tím rozhoduje o tom, zda detektor **5** snímá záření procházející jedním interferenčním filtrem **2** nebo druhým interferenčním filtrem **3**.

Měřidlo podle vynálezu v provedení s polopropustným zrcátkem a clonkami je znázorněno na obr. 4a. Za jedním interferenčním filtrem **2** je napříč umístěno zrcátko **9** a za druhým interferenčním filtrem **3** je v místě průsečíku paprsků odražených zrcátkem **9** a paprsků odražených od proměřovaného objektu umístěno napříč polopropustné zrcátko **11**. Před oběma interferen-

čními filtry 2 a 3 je umístěna pevná clonka 12 a pohyblivá clonka 13.

Pro střídání snímaného odraženého infračerveného záření se využívá kmitavého pohybu pohyblivé clonky 13, která je společně s pevnou clonkou 12 a interferenčními filtry 2 a 3 znázorněna na obr. 4b. Různé fáze polohy pohyblivé clonky 13 rozhodují o tom, zda se snímá detektorem 5 záření procházející interferenčním filtrem 2 nebo interferenčním filtrem 3. Je-li pohyblivá clonka 13 v poloze a, světlo prochází interferenčním filtrem 2, je-li pohyblivá clonka v poloze b, světlo neprochází, je-li pohyblivá clonka 13 v poloze c, prochází světlo interferenčním filtrem 3. Při poloze pohyblivé clonky d=b, světlo opět neprochází. Záření odražené od proměřovaného objektu po průchodu interferenčním filtrem 2 se odrazí na zrcátku 9 a odráženo polopropustným zrcátkem 11 dopadá na čočku 4, která jej soustřeďuje na detektor 5. Záření po průchodu interferenčním filtrem 3 prochází polopropustným zrcátkem 11 a dopadá opět na čočku 4, která jej soustřeďuje na detektor 5. Toto měřidlo má tu nevýhodu, že na interferenční filtry 2 a 3 dopadá jen asi třetina odraženého záření a dalších 50 % se ztrácí na polopropustném zrcátku 11.

Vedle uvedených kinematických optických zařízení lze střídání snímaného odraženého záření realizovat také elektroopticky, bez použití pohyblivých součástí. Takové zařízení lze zestrojit například použitím Kerrových cel, vložených na místě mřížek v uspořádání podle obr. 6a. Frekvence střídání potom může být značně vysoká; při použití fotodiody PbS je omezena jen jeho časovou konstantou. Při časové konstantě 100 μ s, která odpovídá běžně vyráběným typům fotodiod, může být frekvence řádově až k Hz. Tím, že toto provedení neobsahuje pohyblivé prvky, je sice pro těžký a nepřetržitý provoz velmi výhodné, avšak zatím je nepřiměřeně nákladné.

Na obr. 5a je další varianta provedení měřidla vlhkosti. Měřidlo sestává z ochranného skla 7, rotujícího kotouče 8, umístěného tak, aby jeho osa ležela mimo rovinu optické osy, ale byla s ní rovnoběžná, dvou zrcátek 15 a 16, interferenčních filtrů 2 a 3, čočky 4 a detektoru 5. Na obr. 5b je vyznačen tvar rotujícího kotouče 8; kotouč má čtyři segmentové výřezy, jeho povrch je oboustranně zrcadlový. Na obr. 5b jsou také vyznačeny polohy optických cest, označené jako A a K. Jednotlivé součásti měřidla jsou uspořádány tak, že odražené infračervené záření prochází ochranným sklem 7 a dopadá na rotující kotouč 8; v jeho jisté poloze se snímané záření odrazí nejprve od kotouče 8, prochází interferenčním filtrem 3, odrazí se od prvního zrcátka 16, projde mezerou mezi segmenty rotujícího kotouče 8 a dopadá na čočku 4, kterou je soustředěno na detektor 5, to je optická cesta A. V další poloze ro-

tujícího kotouče 8 je snímané záření po odrazu na prvním zrcátku 16 zachyceno rotujícím kotoučem 8 a detektor 5 není ozářen. Při dalším pootočení rotujícího kotouče 8 projde snímané záření nejprve výřezem v tomto kotouči 8, odrazí se od druhého zrcátka 15, projde interferenčním filtrem 2, odrazí se od rotujícího kotouče 8 a dopadne na čočku 4, která jej soustřeďuje na detektor 5, to je optická cesta K. Konečně v další poloze rotujícího kotouče 8, po průchodu záření interferenčním filtrem 2, projde opět mezerou v kotouči 8 a detektor 5 není ozářen. Na obr. 5b je vyznačena kromě tvaru rotujícího kotouče 8 a polohy obou interferenčních filtrů 2 a 3, ještě charakteristická poloha kotouče 8, která odpovídá skokovým změnám v časovém průběhu výstupního signálu z detektoru 5. Oproti výše uvedeným různým variantám provedení měřidla má právě popisované uspořádání několik předností: zpracovává záření přicházející z jediného směru, při jedné otáčce rotujícího kotouče 8 vzniknou čtyři cykly signálu a bylo by možno použít také reflexních filtrů, a to prostým nahrazením zrcátek 15 a 16.

Na obr. 6 je naznačeno provedení zdroje infračerveného záření, obsahujícího ochranné sklo 17, dvoučočkový kondenzor 18, matnici 19 a obyčejnou žárovku 20, pracující v podžhaveném stavu a představující zdroj infrazáření, anebo halogenovou žárovku, jejíž spektrální charakteristika dosahuje v infračervené oblasti vysokých hodnot.

Při měření vlhkosti plynů zůstává provedení vlastního měřidla nezměněno. Celkové uspořádání je na obr. 7: potrubím 21 proudí plyn, jehož vlhkost se měří na vnitřní ploše potrubí 21 je uloženo zrcátko 22 a na protilehlé straně od zrcátka 22 jsou ve stěně potrubí umístěny zářič 23 a měřidlo vlhkosti 24. Tímto zařízením lze stanovit množství vodní páry, která odpovídá několika μ m kondenzátu. Vyšší citlivost lze dosáhnout měřením v pásmu 2,8 μ m, kde lze opět použít vhodného typu fotodiody PbS. V tomto vlnovém oboru by potom bylo ovšem třeba použít optiku zhotovenou nikoliv z optického skla, ale například z taveného křemene.

Kromě uvedených aplikačních oblastí vynálezu, tj. provozu cihlen, sušiček obilí a zpracování zemního plynu, může být vynález využit všude tam, kde je nutno kontrolovat obsah vody, popřípadě jiných látek, které se výrazně projevují absorpčními pásy. Tak je tomu například při zjišťování obsahu vody při zpracování různých materiálů v rozličných chemicko-technologických provozech, anebo zjišťování obsahu vody a dalších látek, zejména methanu a kyslíčnicku uhličitého, v transformátorovém oleji používaném u vysokonapětových transformátorů, které jsou měřítkem stárnutí oleje a zhoršení jeho izolačních vlastností.

O P R A V A
popisu vynálezu k autorskému osvědčení č. 202 179
(51) Int. Cl.⁵ G 01 N 19/10

V popisu vynálezu k autorskému osvědčení č. 202 179
je v záhlaví chybné datum zveřejnění:

Místo : (40) Zveřejněno 31 07 79

Správně: (40) Zveřejněno 30 04 80

ÚŘAD PRO VYNÁLEZY A OBJEVY

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Měřidlo vlhkosti amorfních látek a plynů, vyznačující se tím, že je tvořeno zdrojem infračerveného záření a nejméně dvěma interferenčními filtry (2, 3) umístěnými ve směru paprsků, odražených od proměřovaného objektu, a za intergerenčními filtry (2, 3) ve směru procházejícího paprsku je umístěna čočka (4) a detektor (5).

2. Měřidlo podle bodu 1, vyznačující se tím, že před interferenčními filtry (2 a 3) je umístěno ochranné sklo (7).

3. Měřidlo podle bodů 1 a 2, vyznačující se tím, že za jedním interferenčním filtrem (2) je umístěno zrcátko (9) a ve směru odraženého paprsku od zrcátka (9) v místě průsečíku s paprskem z druhého interferenčního filtru (3) je umístěn rotující kotouč (8).

4. Měřidlo podle bodů 1 a 2, vyznačující se tím, že interferenční filtry (2 a 3) jsou umístěny na nosiči (1) otočném napříč k paprskům odraženým od proměřovaného objektu.

5. Měřidlo podle bodů 1 a 2, vyznačující se tím, že pohyblivé zrcátko (10) je sklopné

okolo osy procházející napříč k paprskům odraženým od proměřovaného objektu a je umístěno za interferenčními filtry (2 a 3).

6. Měřidlo podle bodů 1 a 2, vyznačující se tím, že za jedním interferenčním filtrem (2) je napříč k paprskům odraženým od proměřovaného objektu umístěno zrcátko (9) a za druhým interferenčním filtrem (3) je v místě průsečíku paprsků odražených zrcátkem (9) a paprsků odražených od proměřovaného objektu umístěno napříč polopropustné zrcátko (11), přičemž před oběma interferenčními filtry (2 a 3) je umístěna pevná clonka (12) a pohyblivá clonka (13).

7. Měřidlo podle bodů 1 a 2, vyznačující se tím, že mezi interferenčními filtry (2 a 3) je napříč vložen rotující kotouč (8) a před jedním interferenčním filtrem (2) je příčně k paprskům odraženým od proměřovaného objektu umístěno jedno zrcátko (9) a za druhým interferenčním filtrem (3) je příčně k paprskům odraženým od rotujícího kotouče (8) umístěno druhé zrcátko (9).

7 výkresů













