



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

206 318
(11) (B1)

(51) Int. Cl.³
G 01 N 7/40

L1/00

L1184

(22) Přihlášeno 18 12 79

(21) (PV 8974-79)

(40) Zveřejněno 29 08 80

(45) Vydáno 15 03 83

(75)

Autor vynálezu

MAYER PAVEL RNDr. CSc., PRAHA, MAYER DANIEL prof. ing. DrSc.,
PLZEŇ a ANDRLE BEDŘICH ing., STOD

(54) Bezdotykové čidlo pro měření vlhkosti

Vynález řeší problém bezdotykového kontinuálního měření obsahu vody obsaženého v pevných, kapalných či plynných látkách.

Bezdotykové čidlo využívá vlastnosti infračerveného záření; výstupní signál čidla udává množství vody v měřeném objektu. Čidlo může být začleněno do soustavy, která automaticky reguluje požadovanou vlhkost objektu. Například při výrobě cihlářských výrobků a keramiky jde o přípravu cihlářské a keramické suroviny s předepsaným obsahem vody, při sušení obilí jde o odstranění určité části jeho vlhkosti, při kontrole kvality transformátorového oleje jde o zjištění, zda obsah vody nepřekročil přípustnou hodnotu, podobně při kontrole kvality a rafinaci zemního plynu a podobně. Při výrobě cihel a keramiky se požaduje, aby surovina dosáhla takového předem stanoveného obsahu vlhkosti, který je na jedné straně nutnou podmínkou k docílení požadovaných parametrů finálního výrobku, jež 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, který 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 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 se občas odebírají vzorky suroviny a zjišťuje se jejich vlhkost a to zpravidla vážením, vypalováním a opětným vážením, což je však dosti zdoluhavé. Méně často se používají jiná měření, založená například na vztahu mezi elektrickým odporem suroviny a její vlhkostí. Přitom ovšem musí mít surovina přesně vymezený tvar. Měřicí zařízení tohoto druhu jsou však nespolehlivá, 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, ne-

bo při kontrole kvality či rafinaci transformátorového oleje nebo zemního plynu, kde se ovšem pouze odstraňuje přebytečná vlhkost.

Mnohem výhodnější a kontinuální způsob měření je ten, u něhož je měřený objekt ozařován zdrojem infračerveného záření a odražené záření prochází střídavě jednak filtrem propouštějícím záření z oboru vlnových délek některého absorpčního pásu vody, jednak filtrem propouštějícím záření v kontinuu. Po střídavém průchodu oběma filtry dopadá odražené záření na fotodetektor, jehož výstupní signál udává měřený obsah vody. Toto záření využívá fyzikální jev, podle něhož molekula vody, podobně jako jiné molekuly, absorbuje dopadající záření různých vlnových délek. Absorpce molekuly vody je více či 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 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 vyšetřovanou absorpci kalibrovat dalším nezávislým měřením. V dosavadních měřidlech vlhkosti založených na uvedeném principu dopadá na fotodetektor střídavě záření prošlé jedním nebo druhým filtrem, přičemž střídání optických cest se provádí mechanickým zařízením, poháněným elektromotorem. Při trvalém chodu je nedostatkem pohyblivých mechanismů jejich omezená životnost, vyšší poruchovost a tedy nízká provozní spolehlivost celého měřicího zařízení.

Výše uvedené nedostatky odstraňuje bezdotykové čidlo pro měření vlhkosti na principu absorpce infračerveného záření molekulami vody podle vynálezu. Jeho podstata spočívá v tom, že sestává z nejméně dvou střídavě modulovaných zdrojů infračerveného záření, z nichž před každým je ve směru k proměřovanému objektu umístěn interferenční filtr. Ve směru záření odraženého od proměřovaného objektu je za sběrnou optikou umístěn detektor. Bezdotykové čidlo podle vynálezu porovnává množství infračerveného záření v absorpčním pásu s množstvím infračerveného záření v okolí pásu. Toto čidlo, jež používá dvou interferenčních filtrů s maximy propustnosti v příslušných vlnových délkách — u vody je nejvýhodnější absorpční pás na vlnové délce $1,94 \mu\text{m}$, u vodní páry na $1,89 \mu\text{m}$ — neobsahuje pohyblivé součásti. Dva zdroje infračerveného záření ozařují stejné místo na látce, jejíž vlhkost má být měřena. Před jedním zdrojem infračerveného záření je interferenční filtr pro absorpční pás, před druhým je interferenční filtr pro kontinuum. Odražené záření dopadá na detektor. Zdroje infračerveného záření jsou mo-

dulovány napájecím napětím; jsou napájeny tak, že maxima jejich zářivosti se střídají. Použije-li se například halogenové žárovky, což je vhodný a snadno dostupný zdroj infračerveného záření pro oblast $1,9 \mu\text{m}$, zářivost žárovky při napájení pulsním napětím frekvence několika desítek Hz neklesá na nulu mezi pulsy, což však není na závadu, neboť rozhodující je střídavá složka signálu. Je však třeba, aby zářivost byla modulována co nejvíce, neboť vyšší stupeň modulace vede k vyšší citlivosti zařízení, resp. ke snížení příkonu žárovky.

Dosahovaný nový účinek čidla spočívá v tom, že umožňuje kontinuální a bezkontaktní měření obsahu vody v tuhých, zejména amorfních, tekutých i plynných látkách, přičemž lze poměrně snadno dosáhnout požadované přesnosti při indikaci vody, jež je v případě chlárské a keramické suroviny $0,5 \%$, při předpokládaném rozsahu měření 10 až 30% vody. Odstranění mechanického pohybu má značný význam pro spolehlivost a údržbu zařízení, zejména má-li být čidlo dlouhodobě použito při kontrole nebo automatizaci výrobního procesu. Zařízení tedy vykazuje spolehlivou funkci i v těžkých provozních podmínkách, jako jsou například cihelny, sušičky obilí, transformátorové stanice a rozvodny, rafinerie, trafooleje, úpravny 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, jež jsou vhodné pro použití obvyklého regulačního systému spojitého i impulsního, s ohledem na stabilitu a rychlost regulace. Zařízení umožňuje dosáhnout úsporu ve spotřebě tepla v sušárnách snížením na optimální hodnotu a přesným dávkováním $\%$ rozdělovací vody 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 navíc silné vibrace a hluk kolem 100 dB . Kromě toho se docílí zvýšení jakosti připravované suroviny a snížení výpadků výtlačného lisu při nedostatečné vlhkosti a naopak příliš povlhčené 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 obr. 1 znázorňuje princip čidla podle vynálezu, obr. 2, 3 a 4 znázorňují různá mechanicko-optická uspořádání čidla a obr. 5 znázorňuje uspořádání pro měření vlhkosti tekutin.

Bezdotykové čidlo podle obr. 1 pro měření vlhkosti sestává ze dvou zdrojů 1 infračerveného záření, jež jsou modulovány napájecím napětím a to tak, že se maxima jejich zářiv-

vosti střídají. Před jedním zdrojem 1 infračerveného záření je umístěn interferenční filtr 3, propouštějící pouze záření v oboru vlnových délek některého absorpčního pásu vody, a před druhým zdrojem 1 infračerveného záření je umístěn interferenční filtr 4, propouštějící záření v kontinuu. Záření obou zdrojů 1 po průchodu interferenčními filtry 3 a 4 pak dopadá na proměřovaný objekt 13, jeho část se odráží a dopadá přes sběrnou optiku 7 na detektor 6, jehož výstupní signál udává měřený obsah vody.

Bezdotykové čidlo podle vynálezu na obr. 2 má zdroje 1 infračerveného záření opatřeny parabolickými reflektory 2, které soustřeďují záření na proměřovaný objekt 13. Před zdroji 1 infračerveného záření jsou umístěny interferenční filtry 3 a 4. Optické cesty obou zdrojů 1 infračerveného záření s interferenčními filtry 3 a 4 jsou co nejblíže u sebe, aby vliv úhlu dopadu na množství odraženého záření byl malý. Ve skřínce 5 je též umístěn detektor 6 se sběrnou optikou 7. Při konstrukci nutno dbát na to, aby ani detektor 6, ani interferenční filtry 3 a 4 nebyly nadměrně zahřívány teplem zdrojů 1 infračerveného záření. Na obr. 3 je naznačeno konstrukční uspořádání při použití výkonnějších zdrojů 1 infračerveného záření, jež je pak třeba uložit do trubek 8 z nerez oceli, která má nízkou tepelnou vodivost. Na obr. 4 je vyznačeno uspořádání čidla, u něhož je zaručena naprostá shoda optických cest obou zdrojů 1 infračerveného záření, obě cesty jsou zde spojeny pomocí skleněné destičky 9 pokryté reflexními proužky — šířka mezer je rovna šířce proužků, asi 0,1 až 1,0 mm. Při tomto řešení optických cest se ovšem polovina záření ztrácí. O dobré účinnosti čidla do značné míry rozhoduje detektor 6 záření, jeho velikost a jemu předřazená sběrná optika 7. Je třeba sou-

středit co nejvíce odraženého záření do plochy detektoru 6 a je též třeba brát ohled na to, že šum detektoru 6 je úměrný jeho lineárnímu rozměru.

Při měření vlhkosti tekutin nebo plynů zůstává provedení vlastního čidla podle vynálezu nezměněno. Celkové uspořádání je na obr. 5: potrubím 10 proudí měřená tekutina — plyn, jejíž vlhkost se měří, na vnitřní ploše potrubí 10 je uloženo zrcátko 11 a na protilehlé straně od zrcátka 11 je ve stěně potrubí 10 umístěno s čidlem 12 pro měření vlhkosti podle vynálezu. Tímto zařízením lze u plynů stanovit množství vodní páry, jež odpovídá několika μm kondenzátu. Vyšší citlivost lze dosáhnout měřením v pásmu 2,8 μm , kde lze opět použít jako detektoru 6 vhodný typ fotodiody PbS. V tomto vlnovém oboru by pak bylo ovšem třeba použít sběrnou optiku 7 zhotovenou nikoliv z optického skla, ale například z taveného křemene.

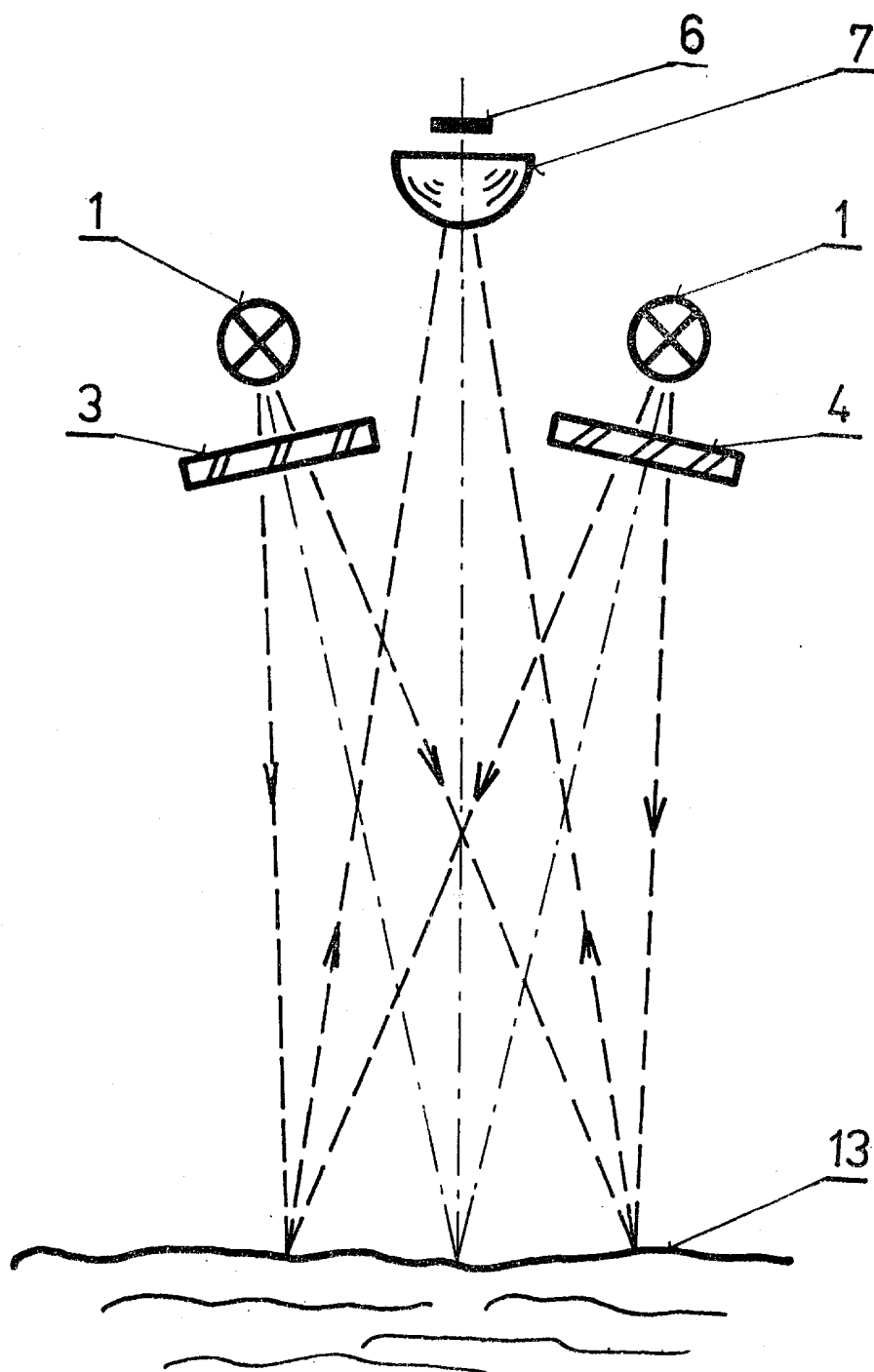
Kromě uvedených aplikačních oblastí vynálezu, tj. provozu cihlen, sušiček obilí a rafinerií olejů a zemního plynu, může být vynález využit všude tam, kde je nutno kontrolovat případně regulovat či dodržovat programovaný obsah vody, případně jiných látek, které se výrazně projevují absorpčními pásy. Tak 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 vysokonapěťových transformátorů, jejichž množství je měřítkem stárnutí oleje a indikátorem zhoršených izolačních vlastností, což je možno využít pro předhavarijní optickou či zvukovou signalizaci, a nebo úplným odstraněním zařízení předejít havarii.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

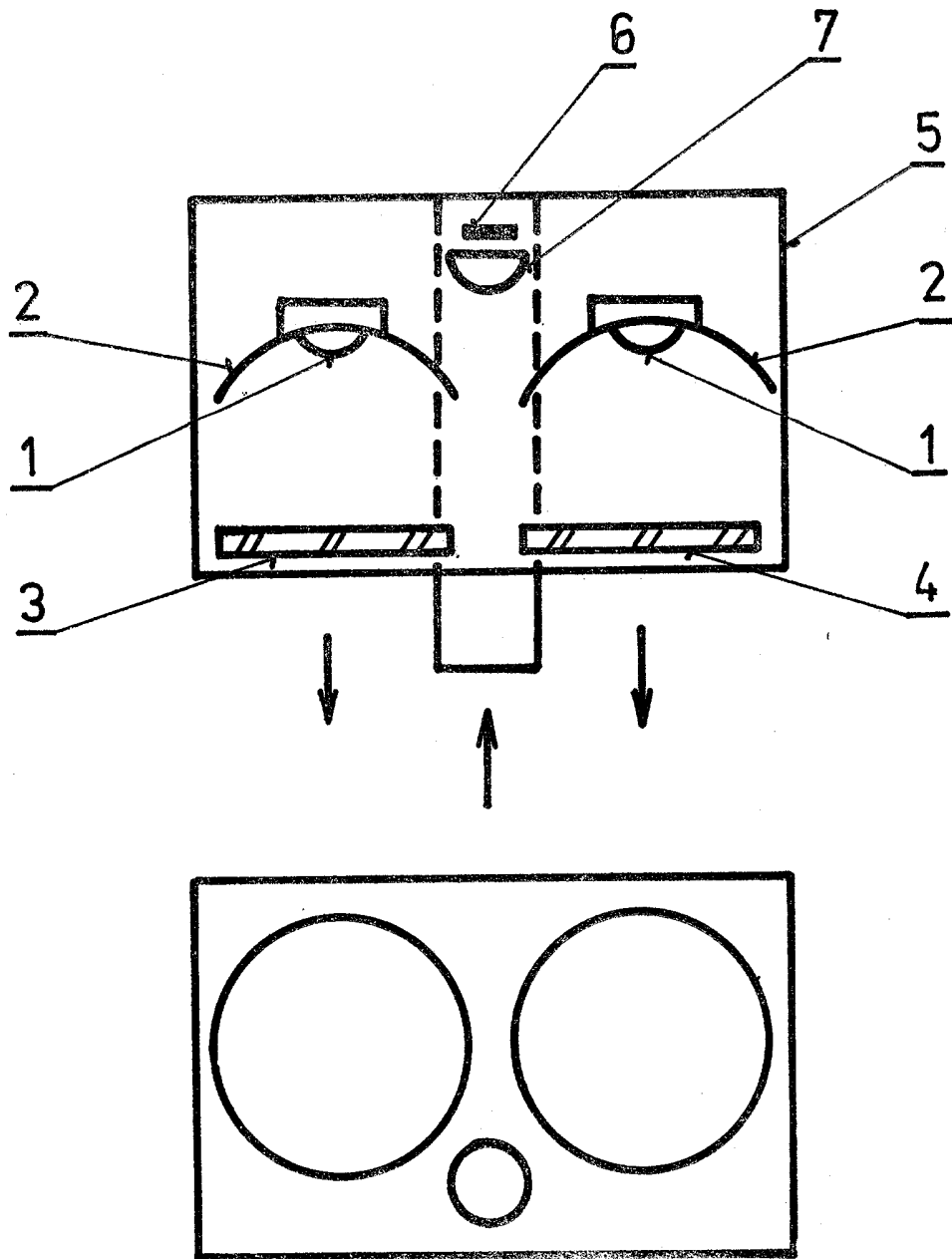
Bezdotykové čidlo pro měření vlhkosti na principu absorpce infračerveného záření molekulami vody vyznačující se tím, že sestává nejméně ze dvou střídavě modulovaných zdrojů (1) infračerveného záření,

z nichž před každým je ve směru k proměřovanému objektu (13) umístěn interferenční filtr (3 a 4), přičemž ve směru záření odraženého od proměřovaného objektu (13) je za sběrnou optikou (7) umístěn detektor (6).

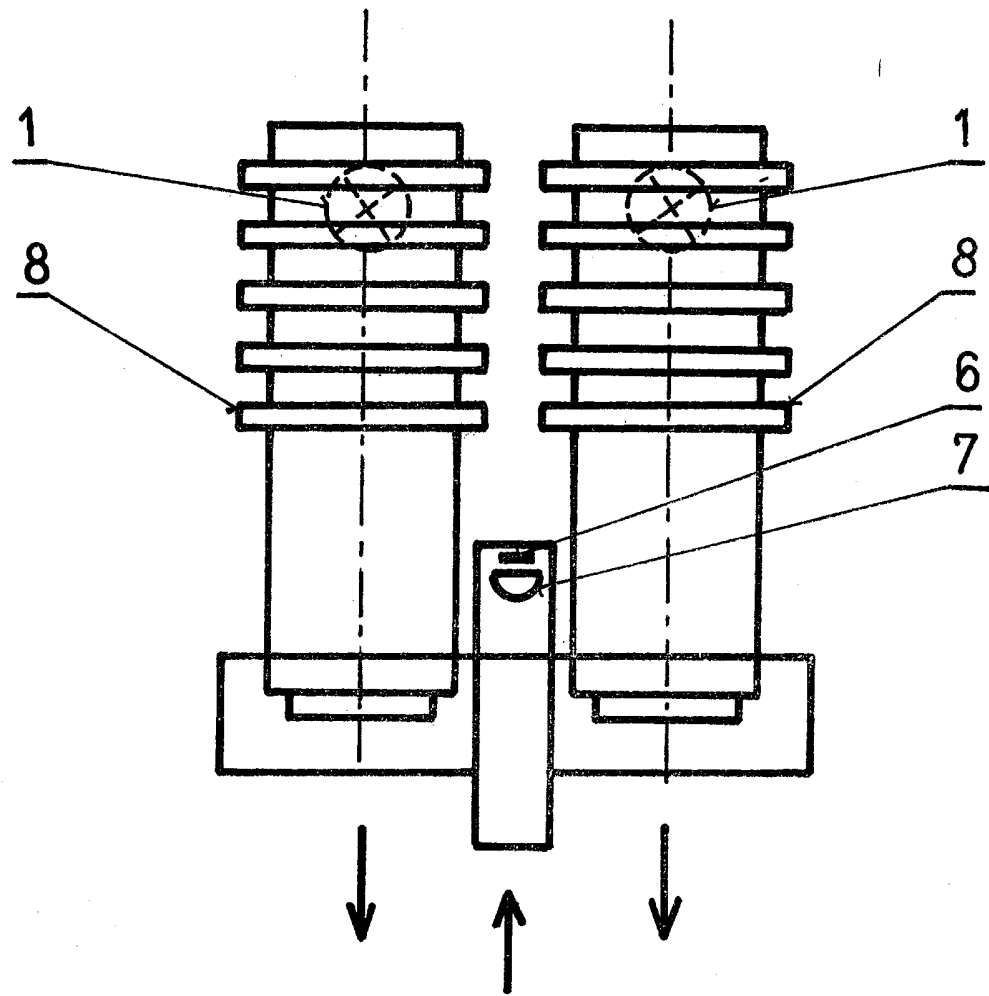
5 výkresů



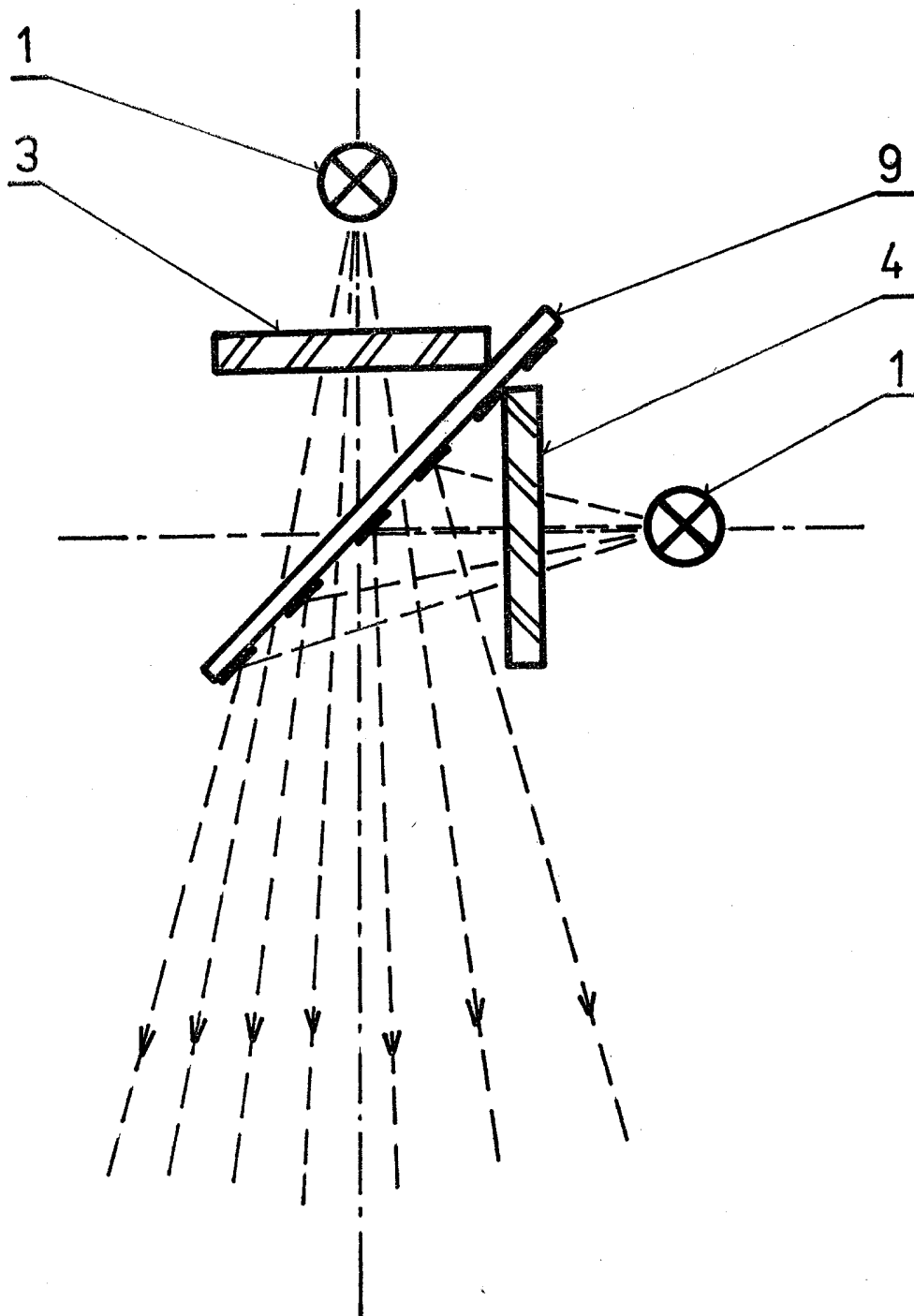
Obr. 1



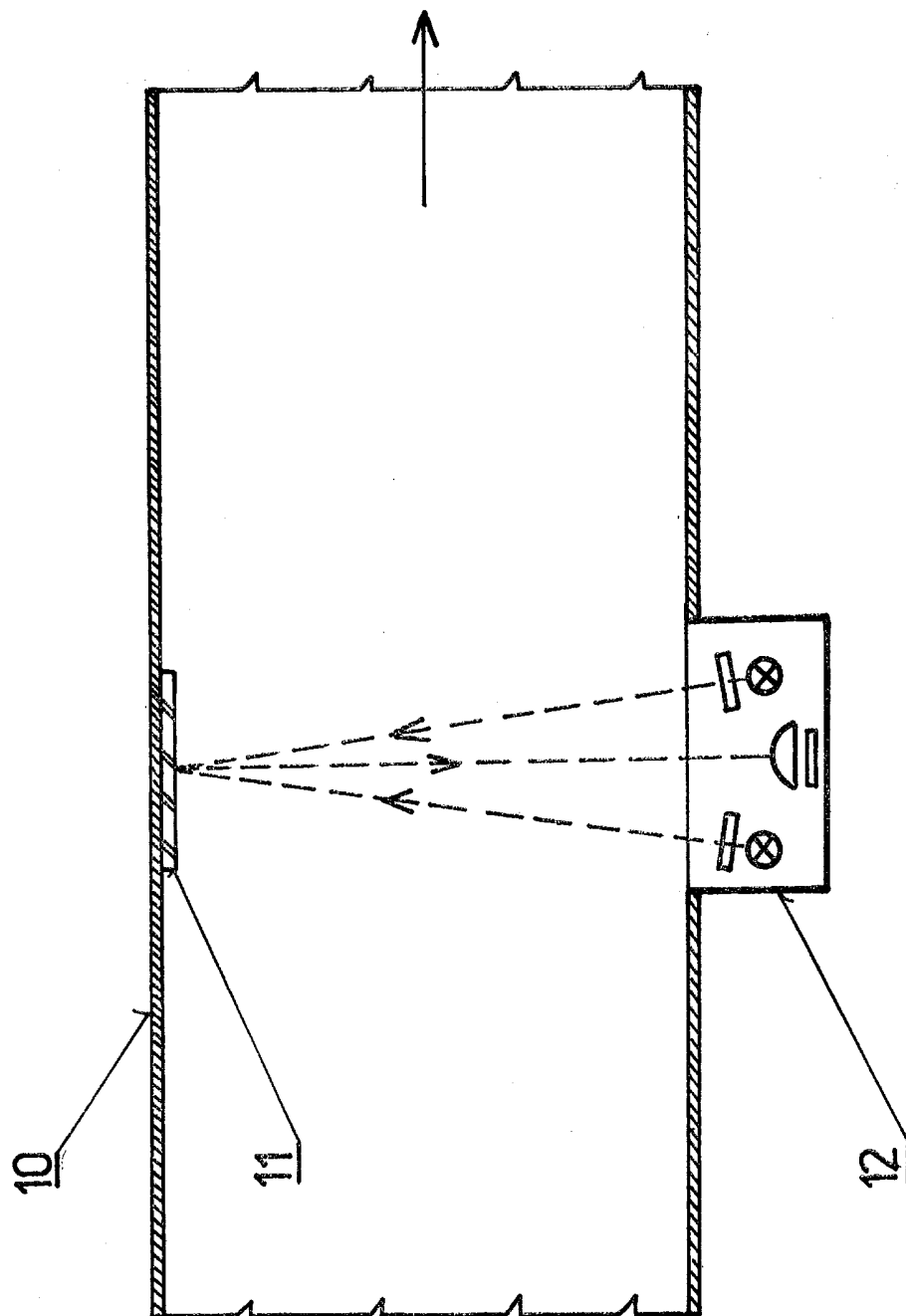
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5