



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU 205 787

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 20 07 79
(21) PV 5103-79

(11)

(B1)

(51) Int. Cl. G 02 F 1/29
G 02 B 27/10

(40) Zveřejněno 30 06 80
(45) Vydáno 01 10 83

(75)

Autor vynálezu **STLOUKAL IVAN ing., PRAHA**

(54) Optoelektronický snímač s polovodičovým zdrojem světla

1

Vynález se týká optoelektronického snímače s polovodičovým zdrojem světla, zejména pro povrchovou defektometrii kovových součástí.

Zjišťování viditelných povrchových vad kovových součástí s pravidelným geometrickým tvarem, především elementů valivých ložisek, v první řadě koulí, ale i válečků, jehel, kuželíků a soudků pomocí automatických třídících strojů, se provádí optoelektronickou metodou. U dosud používaných zařízení je zdrojem světla jejich optoelektronických snímačů žárovka. Optický systém má oddělenou cestu osvětlovací, jíž se osvětluje větší plocha povrchu, než která se v daném okamžiku kontroluje, a cestu snímací, kterou se odražené světlo z této plochy snímá. Omezení okamžitě kontrolované plochy na požadovaný tvar, obvykle obdélníkový, rozměrů asi 0,1 x 1 mm, se provádí promítnutím obrazu povrchu snímacím optickým systémem do roviny, ve které je umístěna omezující clona se štěrbinou odpovídajícího tvaru. Kontrolní stopou o šířce dané větším rozměrem okamžitě kontrolované plošky se postupně překontroluje celý povrch součásti nebo jeho požadovaná část. Světlo prošlé štěrbinou clony je snímáno světlocitlivým povrchem, obvykle fotodiodou. Snímaná vada se projeví poklesem odraženého světelného toku. U novějších optoelektronických snímačů prochází cesta osvětlovací i snímací jediným výstupním a současně i vstupním objektivem, ale i jeho jinou částí.

Zásadní nevýhodou koncepce dosavadních optoelektronických snímačů je nerespektování geometrického tvaru kontrolované součásti, což se projevuje především špatnou rozlišovací

205 787

schopností na lesklé tvarové vady, jichž je několik druhů, např. plošky, zabroušené pruhy nebo vady vzniklé nárazem jiné součásti. Zvláště, je-li změna geometrického tvaru v důsledku této vady poměrně malá nebo pozvolná, nastává při osvětlení širokým světelným svazkem nevýrazný pokles snímaného světelného toku. Nerespektování geometrického tvaru kontrolovaného povrchu má další nevýhody v nutnosti snižovat šířku kontrolované stopy u součástí s větším zakřivením povrchu, což vede ke snížení výkonu třídícího stroje u těchto součástí a ve špatné světelné účinnosti optoelektronického systému, dané nízkým poměrem snímaného k osvětlujícímu toku. Důsledkem posledního nedostatku je nutnost používat jako zdroje světla projekční žárovky se značným příkonem, kolem 30W, a tomu odpovídající objemný a těžký stabilizátor pro její napájení. Přitom je životnost žárovky relativně nízká, nejvýše 500 hodin. Během této doby její světelný tok postupně klesá a pokles musí být eliminován. Překročení únosné meze poklesu svítivosti nebo náhlá porucha žárovky musí být hlídány zvláštními obvody, automaticky vypínajícími chod stroje.

Uvedené nevýhody odstraňuje optoelektronický snímač s polovodičovým zdrojem světla, u kterého podstatou vynálezu je to, že v cestě osvětlovacího toku polovodičového zdroje ležícího na optické ose snímače je na této ose spojná čočka, clona osvětlovacího svazku, šikmá polopropustná vrstva, clona odraženého svazku a objektiv. Tyto prvky leží v cestě snímaného světelného toku v opačném pořadí. V cestě odbočených částí osvětlovacího a snímaného toku šikmou polopropustnou vrstvou na opačné straně od optické osy snímače je v obou směrech symetricky šikmá zrcadlicí plocha a výřezy spojně čočky, přičemž v prvním směru je komparační fotodioda a v druhém směru měřicí fotodioda.

Pokrok dosažený vynálezem spočívá především v podstatně vyšší rozlišovací schopnosti na lesklé tvarové vady kontrolovaného povrchu, až téměř 5krát, a v nezávislosti množství snímaného světla na zakřivení kontrolované plochy, např. kulové, což umožňuje u menších průměrů snímat větší šířku stopy. Optoelektronický systém podle vynálezu počítá totiž se zákonitým odrazem vprasků od zákonitě zakřivené kontrolované plochy a snímá všechno odražené světlo, což vede i k jeho vysoké světelné účinnosti a tím k možnosti použít polovodičový zdroj světla s nízkým světelným výkonem, jehož elektrický příkon je asi 1% příkonu zdroje současných optoelektronických snímačů. Snížení příkonu spolu s novou koncepcí optoelektronického systému umožňuje miniaturizaci celého optoelektronického snímače do jednoduchého válcového tvaru a snížení jeho váhy asi na 15%. Pro různé druhy použití zůstává vlastní optoelektronický systém nezměněn a pouze snadno výměnný jednoduchý objektiv se přizpůsobuje danému případu. Životnost moderních maloplošných polovodičových zdrojů světla, laserdiody, je již zaručována přes 10 000 hodin a do budoucna se předpokládá dokonce 100 000 hodin, což je při jednosměnném provozu asi 5 až 50 let.

Zařízení dle vynálezu je znázorněno na přiložených výkresech, kde představuje:

obr. 1 bokorys optoelektronického snímače,

obr. 2 jeho půdorys se základní polohou koule při snímání jejího povrchu,

obr. 3 bokorys s druhou krajní možností polohy koule,

obr. 4 bokorys se střední možností polohy koule,

- obr. 5 závislost množství snímaného světla na poloze středu koule vůči ohniskové rovině objektivu snímače,
 obr. 6 a 7 možnosti snímání rovinné plochy,
 obr. 8 a 9 snímání delší povrchy vnější válcové plochy ve dvou pohledech a
 obr. 10 obdobný případ snímání vnitřní válcové plochy.

Uspořádání snímače je znázorněno na obr. 1 a 2 ve skutečné velikosti včetně vnějšího obrysu válcového pouzdra snímače. Zářící přechod polovodičového zdroje světla 1 leží na optické ose snímače v ohnisku spojné čočky 2. Na druhé straně této spojné čočky 2 je na optické ose snímače clona osvětlovacího svazku 3 a šikmá polopropustná vrstva 4, která je s výhodou vytvořena na styku dvou stmelených dílů hranolu, zbroušených pod úhlem 45° , jehož další dvě propustné stěny jsou kolmé k ose snímače, čímž nemůže docházet k lomu paprsků procházejících hranolem rovnoběžně s osou snímače. Dále je na ose snímače umístěna clona odraženého svazku 6 a objektiv 5. Ve směru odbočení paprsků šikmou polopropustnou vrstvou 4 je na každé z opačných stran od optické osy snímače šikmá zrcadlicí plocha 7 resp. 7', která je s výhodou vytvořena na vnějších stěnách hranolu zabroušených rovněž pod úhlem 45° . Ve směru odrazu paprsků těmito plochami, rovnoběžně s optickou osou snímače, je výřez spojné čočky 8 resp. 8' a komparační fotodioda 9 resp. měřicí fotodioda 10. Spojná čočky 2 a výřezy spojných čoček 8 a 8' jsou s výhodou natmeleny na skleněnou kruhovou desku, čímž tvoří jediný optický prvek. Celý optický systém snímače má potom pouze tři prvky. Toto uspořádání umožňuje miniaturizaci snímače do jednoduchého válcového tvaru naznačených rozměrů.

Funkce optoelektronického snímače je patrna na případě kontroly povrchu koule (obr. 1 a 2). Rozbíhavý svazek paprsků polovodičového zdroje světla 1, jehož zářící ploška je tak malá, že je jí možno považovat za bodovou, je spojnou čočkou 2 usměrněn na rovnoběžný a na potřebný obdélníkový průřez je omezen clonou osvětlovacího svazku 3. Část tohoto toku je šikmou polopropustnou vrstvou 4 odbočena k šikmé zrcadlicí ploše 7, prochází dále výřezem spojné čočky 8 a je jím stažena ke komparační fotodiodě 9. Druhá část toku prošla polopropustnou vrstvou 4 prochází clonou odraženého svazku 6 bez dalšího omezení, protože její šterbina má nejméně stejný nebo větší průřez než clona osvětlovacího svazku 3. Objektiv 5 usměrňuje rovnoběžné paprsky ve sbíhavé, které se protínají v jeho ohnisku. Po stránce optické pracuje celá soustava tak, že zobrazuje prakticky bodovou zářící plošku polovodičového zdroje 1 ležící v ohniskové rovině F1 spojné čočky 2 do ohniskové roviny F2 objektivu 5, a to se zmenšením daným poměrem obou ohnickových vzdáleností. Leží-li v ohnisku F objektivu 5 střed kontrolované koule, dopadají všechny paprsky sbíhavého svazku na povrch koule kolmo a odrážejí se zpět po svých vlastních drahách. Objektivem 5 jsou znovu usměrněny do rovnoběžného svazku, takže procházejí opět druhou clonou 6 bez omezení a po odbočení části tohoto světelného toku šikmou polopropustnou vrstvou 4, po odražení od šikmé zrcadlicí plochy 7' a stažení výřezem spojné čočky 8', se tato dostává na měřicí fotodiodu 10. Velikost kontrolované plochy na kouli je za těchto podmínek dána velikostí šterbiny clony osvětlovacího svazku 3 zmenšené v poměru poloměru kontrolované koule k ohniskové vzdálenosti F objektivu 5. Pro určitý průměr koule je tak možno volbou ohniskové vzdálenosti objektivu 5

205 787

volit šířku kontrolované stopy, přičemž proti dosavadním optoelektronickým systémům může být tato šířka u malých průměrů koulí až dvojnásobná a klesá úměrně se zmenšujícím se rozměrem koule, jak to vyžadují typy třídících strojů pro menší průměry koulí.

Je-li kontrolovaná koule posunuta tak, že ohnisko F objektivu $\underline{5}$ neleží v jejím středu, ale na jejím povrchu (obr. 3), neodráží se krajní paprsek po své vlastní dráze, ale po dráze protilehlého krajního paprsku, neboť je-li velikost zobrazené zářivé plochy zdroje $\underline{1}$ prakticky bodová, je možno nepatrnou osvětlenou část kulové plochy považovat za její tečnou rovinu v tomto bodě. Celé množství odraženého světla je tedy opět sejmuto, a je dokonce sejmuto při jakékoliv poloze ohniska objektivu $\underline{5}$ mezi středem koule a jejím povrchem (obr. 4), přičemž velikost kontrolované plochy klesá z maximálního rozměru na pouhý bod, což je druhá možnost určení její velikosti. Za těmito krajními polohami množství snímaného světla rychle klesá. Zidealizovaná závislost tohoto množství na poloze středu koule vůči ohniskové rovině F_2 je na obr. 5. Podobným způsobem je však sejmuto všechno světlo odražené i od roviny kolmé k ose snímáče, pokud tato leží v ohniskové rovině F_2 objektivu $\underline{5}$ nebo mezi touto rovinou a objektivem $\underline{5}$, jak znázorňují obr. 6 a 7.

Z toho, co bylo dosud uvedeno obecně vyplývá, že optoelektronickým systémem podle vynálezu se sférickým objektivem $\underline{5}$ lze bez ztráty odraženého světla kontrolovat plochy s jednou, ale i se dvěma křivostmi, pokud ohnisko F tohoto objektivu $\underline{5}$ leží mezi povrchem kontrolované plochy a středem jejího menšího poloměru křivosti. Tento optoelektronický systém má značnou a snadnou variabilnost, která je dána možností jednoduchého tvarování prakticky ideálně rovnoběžného svazku obdélníkového průřezu do požadovaného tvaru výstupního svazku, což je možné pouhou výměnou objektivu $\underline{5}$, přičemž ostatní systém zůstává nedotčen. Např. při požadavku kontroly větší délky povrchy válcové plochy stačí nahradit sférický objektiv $\underline{5}$ válcovou spojnou čočkou. Větší rozměr kontrolované plochy je potom dán větším rozměrem šterbiny clony osvětlovacího svazku $\underline{3}$ a její menší rozměr je možno při daném průměru kontrolované válcové plochy opět volit buď změnou ohniskové vzdálenosti objektivu $\underline{5}$ nebo změnou polohy jeho ohniska mezi osou a povrchem kontrolované válcové plochy. První případ znázorňuje ve dvou pohledech obr. 8 a 9. Pomocí válcového objektivu je dokonce možné kontrolovat i povrch vnitřní válcové plochy, jak znázorňuje obr. 10. Tento případ ovšem předpokládá zalomení celého svazku pomocí zrcadla nebo hranolu, aby optický systém mohl do duté válcové plochy vnikat ve směru její osy, což již není znázorněno. Jsou ovšem možné i další úpravy objektivu pro jiné případy kontrol.

Respektování zákonitého odrazu přesně tvarovaného osvětlovacího svazku od kontrolované plochy má výhodu nejen ve vysoké světelné účinnosti optoelektronického systému podle vynálezu, ale i ve zvýšení rozlišovací schopnosti na tvarové vady, která byla u dosavadních systémů nedostatečná. Má-li kontrolovaný povrch geometrickou vadu, dochází při jejím průchodu kontrolovaným místem ke změně směru odražených paprsků, které potom zčásti nebo všechny neprojdou clonou $\underline{6}$ odraženého svazku. I když má místo vady stejně kvalitní opravení jako ostatní povrch, dojde tím k poklesu snímaného světelného toku podobně jako u vady tmavé, se sníženou odrazivostí. Rozměry šterbiny clony $\underline{6}$ odraženého svazku musí však v praxi

být poněkud větší než rozměry štěrby clony 3 osvětlovacího svazku. Je to dáno tím, že mechanismus, který zajišťuje otáčení kontrolované součásti v průběhu kontroly, nezaručuje nikdy ideálně nehybnou polohu jejího středu nebo osy. Proměnná poloha součásti ovšem rovněž způsobuje změnu směru odražených paprsků, která je v tomto případě nežádoucí. Rozměry štěrby clony odraženého svazku 6 musí být tedy o tolik větší, aby při maximální přípustné nestabilitě polohy kontrolované součásti bylo ještě všechno odražené světlo sejmuto a nestabilita polohy se neprojevovala ve snímaném signálu. To ovšem poněkud snižuje rozlišovací schopnost systému na tvarové vady. Ale přesto bylo při prakticky používaných odvalovacích mechanismech, např. pro kontrolu koulí, dosaženo zvýšení rozlišovací schopnosti na tvarové vady se stejnou kvalitou opracování až o 400% a u vad se sníženou kvalitou opracování (povrch matný nebo s ryskami) o 100 až 200%.

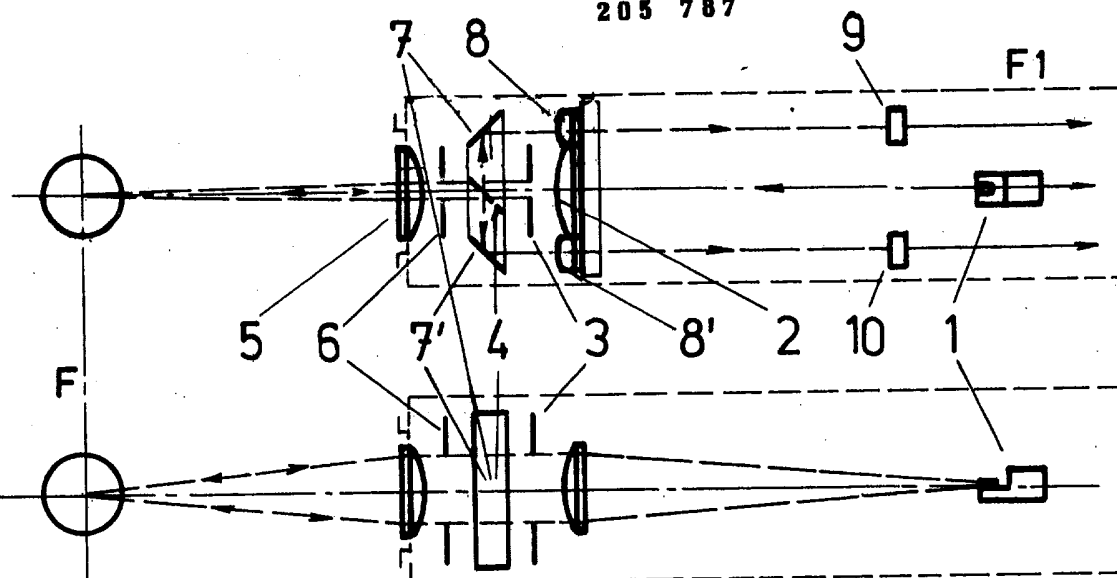
Optoelektronický systém podle vynálezu má i další možnosti uplatnění než pro povrchovou defektometrii. Zobrazený zářící přechod má tak malé rozměry, že je možné jej využít např. jako nehmotného hrotu nebo břitu pro určité druhy měření drsnosti technických povrchů, přičemž snímací rychlost může být proti klasickým způsobům mnohonásobně vyšší. Další možné využití je při čtení mikroskopických značek, např. délkových odměřovacích systémů.

Ve všech uvedených případech využití může být signál komparační fotodiody 9 s výhodou použit ke stabilizaci nebo regulaci světelného zdroje, případně ke srovnávacím měřením se signálem měřicí fotodiody 10.

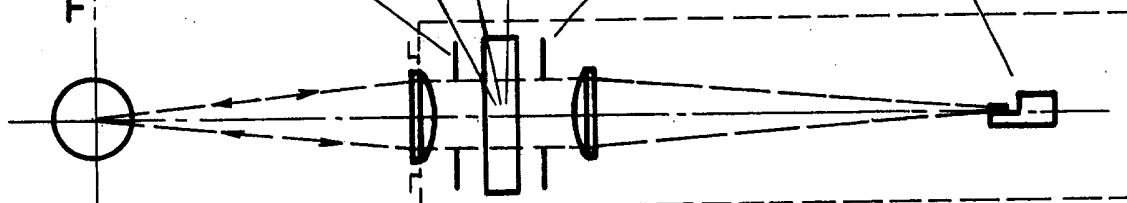
Jelikož životnost polovodičového zdroje světla, laserdiody nebo luminiscenční diody je dnes již velmi dlouhá, odpadají při použití zařízení podle vynálezu veškerá přídatná zařízení hlídající jejich stav a snižují se nároky na obsluhu a seřízení automatických kontrolních strojů.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

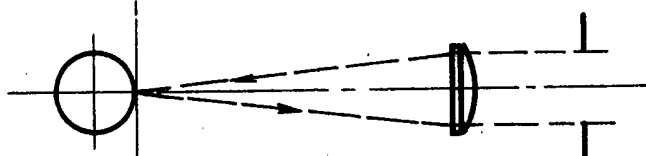
Optoelektronický snímač s polovodičovým zdrojem světla, vyznačený tím, že v cestě osvětlovacího toku bodového polovodičového zdroje světla (1), ležícího na optické ose snímače, je na této ose spojná čočka (2), clona osvětlovacího svazku (3), šikmá polopropustná vrstva (4), clona odraženého svazku (6) a objektiv (5), a tyto prvky jsou v cestě snímaného světelného toku v opačném pořadí, přičemž v cestě odbočených částí osvětlovacího i snímaného toku odražených šikmou polopropustnou vrstvou (4) na opačné strany od optické osy snímače je symetricky šikmá zrcadlicí plocha (7 resp. 7'), výřezy spojně čočky (8 resp. 8') a jednak komparační fotodioda (9) a jednak měřicí fotodioda (10).



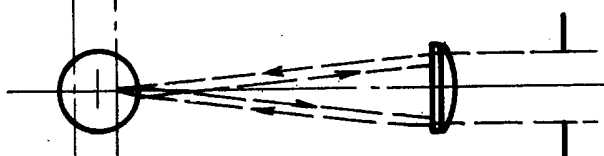
Obr. 1



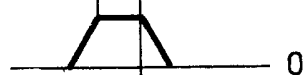
Obr. 2



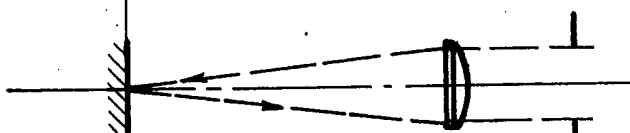
Obr. 3



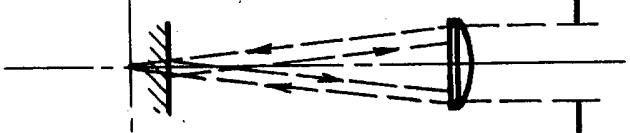
Obr. 4



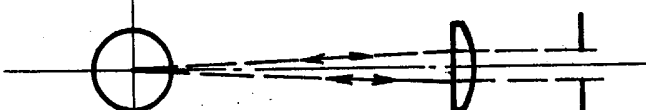
Obr. 5



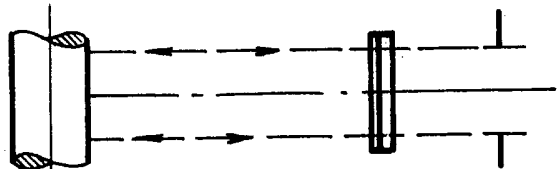
Obr. 6



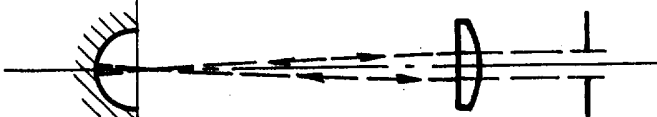
Obr. 7



Obr. 8



Obr. 9



Obr. 10