# UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:
**26 832**
(13) Druh dokumentu: **U1**
(51) Int. Cl.:

| | |
|---|---|
| *G02B 27/10* | (2006.01) |
| *G02B 27/12* | (2006.01) |
| *G02B 27/22* | (2006.01) |

(19) ČESKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2013-28807**
(22) Přihlášeno: **21.11.2013**
(47) Zapsáno: **24.04.2014**

(73) Majitel:
České vysoké učení technické v Praze - fakulta stavební, Praha, CZ

(72) Původce:
doc. Ing. Jiří Novák, Ph.D., Slaný, CZ
prof. RNDr. Antonín Mikš, CSc., Praha - Křeslice, CZ
Ing. Pavel Novák, Ph.D., Praha, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Hana Dušková, Na Kočově 180, 281 03 Chotutice

(54) Název užitného vzoru:
**Optické zařízení pro barevnou diskriminaci struktur**

CZ 26832 U1

Úřad průmyslového vlastnictví v zápisném řízení nezjišťuje, zda předmět užitného vzoru splňuje podmínky způsobilosti k ochraně podle § 1 zák. č. 478/1992 Sb.

# Optické zařízení pro barevnou diskriminaci struktur

## Oblast techniky

Technické řešení se týká optického zařízení umožňující barevnou diskriminaci různě jemných struktur vyšetřovaných předmětů pomocí dvoučlenné optické soustavy zobrazující vyšetřovaný předmět se zadaným zvětšením, přičemž mezi prvním a druhým členem optické soustavy je vložen transmisní optický nebo optoelektronický prvek vytvářející pevnou nebo plynule měnitelnou barevnou strukturu. Vhodnou volbou barevné struktury optického nebo optoelektronického prvku lze docílit toho, že struktury předmětu o různé velikosti a jemnosti budou zobrazeny v různých barvách.

## Dosavadní stav techniky

V oblasti vědy, techniky a biomedicíny se velice často vyskytuje problematika jednoduchého odlišení rozličných struktur pozorovaného předmětu, které jsou charakterizovány různou prostorovou frekvencí, to je, jedná se o různě jemné struktury. Je též výhodné vhodným způsobem označit místo na vyšetřovaném předmětu, kde se pozorované struktury o určitém rozměru nachází a jakou mají četnost výskytu. Takovýto problém je nutno často řešit např. v různých optických zobrazovacích či měřicích metodách s využitím metod digitální analýzy obrazu, například v optické mikroskopii. Častou úlohou nedestruktivní průmyslové kontroly je též například detekce defektů vzorků materiálů. Běžné vizuální metody pozorování neumožňují kvantitativně vyhodnotit a odlišit takovéto jemné struktury. V současné době není k dispozici žádné zařízení, které by optickou cestou jednoduchým způsobem umožňovalo rozlišit různě jemné struktury pozorovaného předmětu, přičemž by se daly adaptivně měnit parametry filtrovaných struktur, což odstraňuje navrhované řešení dle tohoto návrhu.

## Podstata technického řešení

Výše uvedené problémy lze řešit pomocí optického zařízení pro barevnou diskriminaci struktur podle předkládaného vynálezu. Jeho podstatou je, že sestává z optické soustavy zobrazující vyšetřovaný předmět se zadaným zvětšením. Tato optická soustava je tvořené dvěma členy, ležícími na společné optické ose, a to prvním optickým členem s ohniskovou vzdáleností ($f_1'$) a druhým optickým členem s ohniskovou vzdáleností ($f_2'$). Mezi prvním a druhým optickým členem leží optický nebo optoelektronický transmisní prvkem, který má buď pevnou, nebo plynule měnitelnou barevnou strukturu. Tento optický nebo optoelektronický prvek se nachází za prvním optickým členem v místě roviny vytvoření prostorového spektra vyšetřovaného předmětu. Vyšetřovaný předmět se nachází v prostoru před prvním optickým členem optické soustavy. Druhý optický člen je umístěn tak, že jeho předmětová ohnisková rovina je totožná s rovinou vytvoření prostorového spektra vyšetřovaného předmětu, přičemž zobrazuje vyšetřovaný předmět s daným zvětšením tak, že různě jemné struktury vyšetřovaného předmětu mohou být vhodnou volbou barevné struktury optického nebo optoelektronického prvku cíleně zobrazeny v různých barvách.

Transmisní prvek může být s výhodou tvořen transmisním barevným prostorovým modulátorem světla, umožňujícím cílenou barevnou filtraci prostorového spektra vyšetřovaného předmětu v rovině vytvoření prostorového spektra vyšetřovaného předmětu.

První a/nebo druhý optický člen mohou být tvořeny alespoň jednou čočkou nebo pankratickým objektivem s proměnnou ohniskovou vzdáleností při současném zachování konstantní vzdálenosti mezi předmětovým a obrazovým ohniskem při možnosti plynulé změny ohniskové vzdálenosti prvního optického členu respektive ohniskové vzdálenosti druhého optického členu.

Výhodou uvedeného řešení je, že čistě optickým způsobem lze barevně diskriminovat jednotlivé různě jemné struktury vyšetřovaného předmětu, přičemž není nutno měnit barevné spektrální filtry pro každou zvolenou prostorovou frekvenci struktur předmětu, které chceme identifikovat, vzhledem k tomu, že vybírat požadovanou frekvenci buď pomocí prvního pankratického členu

nebo aktivní změnou spektrálního filtru pomocí transmisního optoelektronického prvku (např. barevného prostorového modulátoru světla), který umožňuje elektronicky měnit velikost, tvar, pozici a barvu spektrálního filtru. Dále též navržená optická soustava zachovává svoji délku, tj. vzdálenost mezi pozicí předmětu a obrazu. Zařízení tak může sloužit jako přístroj pro nedestruktivní detekci různě jemných struktur pozorovaných vzorků a může být s výhodou využito pro detekci defektů periodických struktur.

Objasnění výkresů

Princip konstrukce optické soustavy zařízení pro barevnou diskriminaci struktur podle předkládaného řešení je uveden na Obr. 1 a Obr. 2.

Příklady uskutečnění technického řešení

Optická soustava navrhovaného zařízení je tvořena dvěma optickými členy, které leží na společné optické ose. Vyšetřovaný předmět, jehož analýza se provádí, se nachází v předmětové ohniskové rovině $\xi_1$ prvního optického členu 1 majícího ohniskovou vzdálenost $f'_1$. Předmět je osvětlován rovnoběžným svazkem paprsků. Druhý člen 2 optické soustavy, mající ohniskovou vzdálenost $f'_2$, je umístěn tak, že obrazová ohnisková rovina $\xi'_1$ prvního optického členu 1 a předmětová ohnisková rovina $\xi_2$ druhého optického členu 2 jsou totožné. V spektrální rovině $\eta$, kde se vytvoří Fourierovské spektrum struktury předmětu a která je pro tuto příkladnou variantu zařízení totožná s obrazovou ohniskovou rovinou $\xi'_1$ prvního optického členu 1, je umístěn optický nebo optoelektronický transmisní prvek 3, jenž umožňuje realizovat barevnou prostorovou filtraci světla procházejícího daným prvkem. Jako tento optický nebo optoelektronický transmisní prvek 3, který funguje jako barevný filtr, lze využít optické filtry nebo transmisní barevný prostorový modulátor světla. Zařazením vhodného barevného filtru do přesně definovaných míst ve Fourierovské rovině, kde se vytváří vybraná prostorová spektra vyšetřovaného předmětu s požadovanou prostorovou frekvencí struktur, se získá změna zabarvení odpovídajících struktur ve vytvořeném obraze. Obraz předmětu se vytváří v obrazové ohniskové rovině $\xi'_2$ druhého optického členu 2. Struktury vyšetřovaného předmětu 4 odpovídající požadované prostorové frekvenci jsou v obrazu barevně zvýrazněny. Tímto způsobem lze čistě opticky odlišit a zviditelnit různě jemné struktury předmětu a následně provést i kvantitativní vyhodnocení detekovaného obrazu, čehož se dá využít např. v průmyslové defektoskopii nebo mikroskopii.

Vyšetřovaný předmět 4 může být osvětlován i jiným než rovnoběžným svazkem paprsků. Potom optický nebo optoelektronický transmisní prvek 3, jenž umožňuje realizovat barevnou prostorovou filtraci světla, musí být umístěn do roviny $\eta$, kde se prvním optickým členem 1 vytváří prostorové spektrum vyšetřovaného předmětu a druhý optický člen 2 je umístěn tak, že jeho předmětová ohnisková rovina $\xi_2$ je totožná s rovinou $\eta$ vytvoření prostorového spektra vyšetřovaného předmětu 4, přičemž zobrazuje předmět s daným zvětšením tak, že různě jemné struktury předmětu mohou být vhodnou volbou barevné struktury optického nebo optoelektronického prvku 3 cíleně zobrazeny v různých barvách.

Na Obr. 1 je příkladně znázorněno schématické uspořádání optického zařízení pro barevnou diskriminaci struktur s prvním optickým členem 1 a s druhým optickým členem 2, které leží na společné optické ose a mezi nimiž je umístěn transmisní optický nebo optoelektronický prvek 3 vytvářející pevnou nebo plynule měnitelnou barevnou strukturu. Jedná se o první optický člen 1, který má ohniskovou vzdálenost $f'_1$ a druhý optický člen 2 s ohniskovou vzdáleností $f'_2$. Každý z těchto optických členů 1 a 2 může být tvořen jednou nebo více čočkami. Variantně může být první optický člen 1 nebo i druhý optický člen 2 tvořen speciálním pankratickým objektivem s proměnnou ohniskovou vzdáleností, jenž zachovává konstantní vzdálenost mezi předmětovým a obrazovým ohniskem při možnosti plynulé změny ohniskové vzdálenosti $f'_1$ respektive $f'_2$, což má za výhodu to, že není potřeba měnit barevný filtr ve spektrální rovině při vyšetřování různě jemných struktur předmětu. Ke konstrukci takovéto pankratické soustavy může být s výhodou použito řešení dle patentu CZ 303800 „Objektiv s proměnnou ohniskovou vzdáleností“. Pomocí

nastavení těchto ohniskových vzdáleností je možno měnit příčné zvětšení v obrazové ohniskové rovině $\xi'_2$ druhého optického členu 2 a spektrální rovině $\eta$. Vyšetřovaný předmět 4, jehož analýza se provádí, se nachází v rovině, která je totožná s předmětovou ohniskovou rovinou $\xi_1$ prvního optického členu 1. Vyšetřovaný předmět 4 je osvětlen rovnoběžným svazkem světla. V obrazové ohniskové rovině $\xi'_1$ prvního optického členu 1 vytvoří Fourierovské spektrum struktury vyšetřovaného předmětu 4. V případě použití pankratického objektivu jako prvního optického členu 1 je umožněno plynule měnit zvětšení Fourierovského spektra struktury předmětu 4 ve spektrální rovině $\eta$. Druhý optický člen 2 se nachází na společné optické ose, přičemž předmětová ohnisková rovina $\xi_2$ členu 2 je totožná s obrazovou ohniskovou rovinou $\xi'_1$ prvního optického členu 1, jež je zároveň totožná s rovinou $\eta$, ve které se tvoří Fourierovské spektrum zobrazovaného vyšetřovaného předmětu 4. V této spektrální rovině $\eta$ je na optické ose umístěn transmisní optický nebo optoelektronický prvek 3 vytvářející pevnou nebo plynule měnitelnou barevnou strukturu. S výhodou může být použito transmisního barevného prostorového modulátoru světla. Druhý optický člen 2 tvoří poté obraz vyšetřovaného předmětu ve své obrazové ohniskové rovině $\xi'_2$. Tento obraz je ovlivněn průchodem skrz transmisní optický nebo optoelektronický prvek 3.

V případě, že je vyšetřovaným předmětem 4 amplitudová difrakční mřížka s mřížkovou konstantou a, potom platí pro difrakci na mřížce rovnice

$$a\sin\alpha = K\lambda,\quad K=0,\pm1,\pm2,\ldots$$

kde $\lambda$ je vlnová délka světla dopadajícího na mřížku a $K$ je difrakční řád. Obraz spektra $K$-tého řádu, se bude ve spektrální rovině $\eta$ nacházet v příčné vzdálenosti $h$ od optické osy, pro kterou platí:

$$h = K\frac{f'_1}{a}\lambda.$$

Nulté spektrum se bude nacházet na optické ose soustavy. Pomocí optického nebo optoelektronického prvku 3 do spektrální roviny $\eta$ lze aplikovat například žlutý filtr do místa, kde se nachází spektrum nultého difrakčního řádu a červený filtr, ve tvaru mezikruží o šířce $\Delta h$, do místa, kde se vytváří spektrum prvního difrakčního řádu. Pomocí druhého optického členu 2, majícího ohniskovou vzdálenost $f'_2$, se zobrazí difrakční mřížka do obrazové ohniskové roviny $\xi'_2$ druhého optického členu 2 a to se zvětšením $m = -f'_2/f'_1$. V obrazové ohniskové rovině $\xi'_2$ druhého optického členu 2 se vytvoří zabarvený obraz difrakční mřížky, a sice červené pruhy na žlutém pozadí. Obr. 1. Body A respektive B vyšetřovaného předmětu 4 se zobrazí jako body A' respektive B' v obrazové ohniskové rovině $\xi'_2$ druhého optického členu 2. Tímto způsobem lze provést barevnou filtraci spektra i pro složitější struktury vyšetřovaného předmětu 4 s různou prostorovou frekvencí. Ve variantním případě, kdy první optický člen 1 respektive druhý optický člen 2 jsou tvořeny pankratickým objektivem s proměnnou ohniskovou vzdáleností $f'_1$ respektive $f'_2$, přičemž vzdálenost $L_1$ mezi předmětovou rovinou $\xi_1$ prvního optického členu 1 a obrazovou ohniskovou rovinou $\xi'_1$ prvního optického členu 1 respektive vzdálenost $L_2$ mezi předmětovou rovinou $\xi_2$ druhého optického členu 2 a obrazovou ohniskovou rovinou $\xi'_2$ druhého optického členu 2 se nemění při změně ohniskových vzdáleností prvního optického členu 1 respektive druhého optického členu 2 a tímto způsobem je možno měnit příčné zvětšení $m$ pozorovaného obrazu vyšetřovaného předmětu 4 v obrazové ohniskové rovině $\xi'_2$ druhého optického členu 2.

Navržený princip optického zařízení pro barevnou diskriminaci struktur lze použít pro předmět mající složitější prostorovou strukturu a úlohou je nalézt v předmětu struktury o určité velikosti respektive jemnosti. Pro zjištění, ve kterých místech vyšetřovaného předmětu 4 se tyto struktury nacházející, se vloží do místa, kde se v spektrální rovině $\eta$ nachází prostorové spektrum hledané struktury, barevný filtr realizovaný pomocí vhodného optického nebo optoelektronického prvku 3. V obrazové ohniskové rovině $\xi'_2$ druhého optického členu 2 je pak vidět obraz vyšetřovaného předmětu 4 a v místech, kde se v tomto vyšetřovaném předmětu 4 nachází struktury hledané velikosti respektive jemnosti, jsou vidět tyto struktury zabarvené podle barvy filtru, který byl do spektrální roviny $\eta$ vložen. Pomocí vhodného barevného prostorového filtru lze docílit barevné

diskriminace vyšetřované struktury předmětu 4, jak je patrno z Obr. 2, kde na hrubší struktuře, dolní část vyšetřovaného předmětu 4, difraktuje světlo pod úhlem α a prochází v obrazové ohniskové rovině $\xi'_1$ prvního optického členu 1, která je zároveň spektrální rovinou η, červeným mezikružím, zatímco světlo na jemnější struktuře, horní část vyšetřovaného předmětu 4, difraktuje pod úhlem větším než je úhel α a prochází modrým mezikružím. V obraze vyšetřovaného předmětu 4, který se nachází v obrazové ohniskové rovině $\xi'_2$ druhého optického členu 2 je pak hrubá struktura předmětu 4 zobrazena červeně na žlutém pozadí a jemná struktura modře na žlutém pozadí.

Průmyslová využitelnost

Zařízení podle vynálezu najde uplatnění zejména v oblasti průmyslové defektoskopie pro barevné odlišení struktur různé jemnosti a velikosti, v zobrazovacích či kontrolních optických metodách.

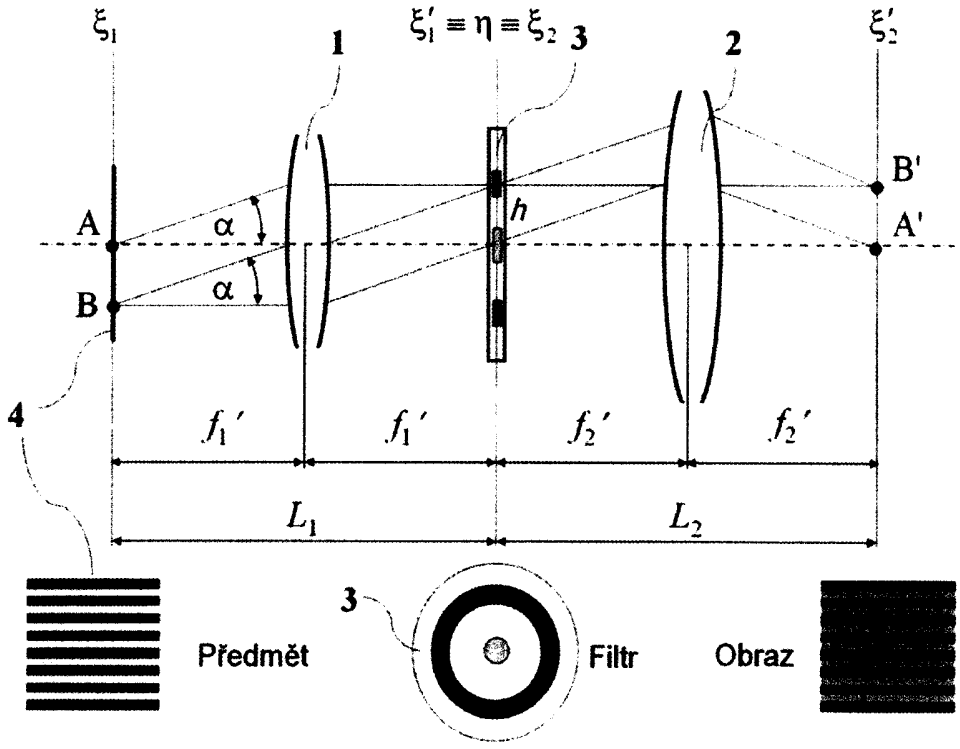
## NÁROKY NA OCHRANU

**1.** Optické zařízení pro barevnou diskriminaci struktur vyšetřovaných předmětů, **vyznačující se tím**, že sestává z optické soustavy pro zobrazení vyšetřovaného předmětu (4) se zadaným zvětšením, tvořené dvěma členy, ležícími na společné optické ose, a to prvním optickým členem (1) s ohniskovou vzdáleností ($f_1'$) a druhým optickým členem (2) s ohniskovou vzdáleností ($f_2'$) a mezi nimi ležícím optickým nebo optoelektronickým transmisním prvkem (3), majícím buď pevnou nebo plynule měnitelnou barevnou strukturu, přičemž tento optický nebo optoelektronický prvek (3) se nachází za prvním optickým členem (1) v místě spektrální roviny (η) vytvoření prostorového spektra vyšetřovaného předmětu (4), přičemž vyšetřovaný předmět (4) se nachází v prostoru před prvním optickým členem (1) optické soustavy a druhý optický člen (2) je umístěn tak, že jeho předmětová ohnisková rovina je totožná se spektrální rovinou (η) vytvoření prostorového spektra vyšetřovaného předmětu (4).

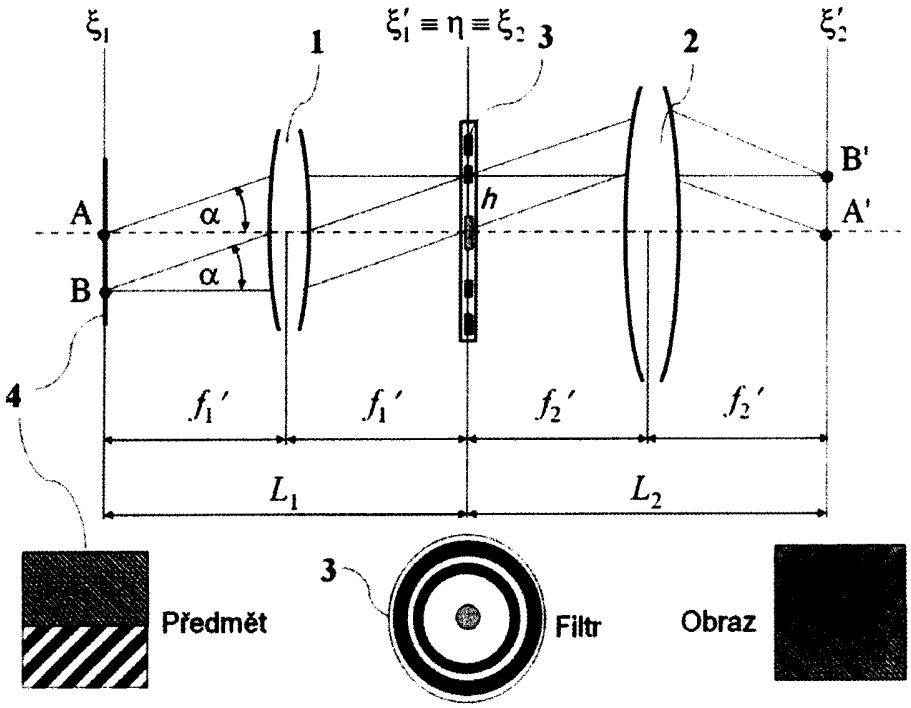
**2.** Optické zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že transmisní prvek (3) je tvořen transmisním barevným prostorovým modulátorem světla.

**3.** Optické zařízení podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že první optický člen (1) a/nebo druhý optický člen (2) jsou tvořeny alespoň jednou čočkou nebo pankratickým objektivem s proměnnou ohniskovou vzdáleností při současném zachování konstantní vzdálenosti mezi předmětovým a obrazovým ohniskem při možnosti plynulé změny ohniskové vzdálenosti ($f'_1$) prvního optického členu (1) respektive ohniskové vzdálenosti ($f'_2$) druhého optického členu (2).

2 výkresy


ξ1
1
ξ'1 ≡ η ≡ ξ2
3
2
ξ'2
B'
A'
A
B
α
α
h
4
f1'
f1'
f2'
f2'
L1
L2
3
Předmět
Filtr
Obraz

**Obr. 1**




**Obr. 2**

Konec dokumentu