

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2012-896

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

G02B 9/12 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **12.12.2012**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **04.12.2013**
(Věstník č. 49/2013)

(71) Přihlašovatel:

České vysoké učení technické v Praze - fakulta stavební,
Praha 6, CZ

(72) Původce:

Mikš Antonín Prof. RNDr. CSc., Praha 10 - Křeslice, CZ
Novák Jiří Doc. Ing. Ph.D., Slaný, CZ
Novák Pavel Ing. Ph.D., Praha 8, CZ

(74) Zástupce:

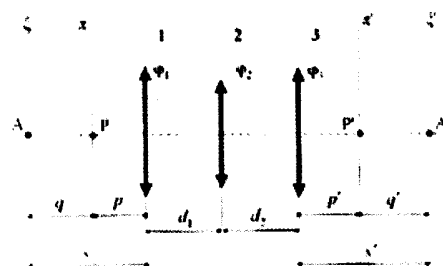
Ing. Hana Dušková, Na Kočově 180, Chotutice, 28103

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Objektiv s proměnnou ohniskovou
vzdáleností**

(57) Anotace:

Objektiv s proměnnou ohniskovou vzdáleností je tvořen třemi optickými členy (1, 2, 3), ležícími na společné optické ose. Vzdálenost (s) předmětové roviny (ξ) od prvního optického členu (1), vzdálenost (s') obrazové roviny (ξ') od třetího optického členu (3), vzdálenost (p) roviny (π) vstupní pupily od prvního optického členu (1) a vzdálenost (p') roviny (π') výstupní pupily od třetího optického členu (3) jsou pro zvolený rozsah hodnot příčného zvětšení objektivu m [m_{\min} , m_{\max}] konstantní. Optické členy (1, 2, 3) jsou tvořeny jednou nebo více čočkami, z nichž alespoň jedna má plynule proměnnou ohniskovou vzdálenost. Vzdálenost (d_1) mezi prvním optickým členem (1) a druhým optickým členem (2), jakož i vzdálenost (d_2) mezi druhým optickým členem (2) a třetím optickým členem (3) je konstantní. Lámatosti (ϕ_1), (ϕ_2), (ϕ_3) jednotlivých optických členů (1, 2, 3) objektivu pro různá příčná zvětšení (m) a celková lámavost objektivu ϕ jsou dány vztahy dle obr.



$$\phi = \frac{m(1 - \phi_1 d_1 + (1 - d_1 \phi_2 + \phi_1 - \phi_2 \phi_1 d_1)) - 1}{m(\phi_1 d_1 - (1 - \phi_1 d_1) - \phi_2 d_1)}$$

$$\phi_1 = \frac{(d_1 + d_2)}{d_1 d_2} \frac{p}{d_1 (m - p)} + \frac{p' m}{d_1 d_2 (s - p)}$$

$$\phi_2 = \frac{(1 + d_1 \phi_1 - \phi_1 d_1) - d_1 - m s}{s(d_1 + d_2(1 - \phi_1 d_1))}$$

$$\phi = (\phi_1 + \phi_2 + \phi_3) - \phi_1 \phi_2 d_1 - \phi_2 \phi_3 d_2 - \phi_1 \phi_3 (d_1 + d_2) + \phi_1 \phi_2 \phi_3 d_1 d_2$$

Objektiv s proměnnou ohniskovou vzdáleností

Oblast techniky

Vynález se týká objektivu s proměnnou ohniskovou vzdáleností, který se skládá z optických členů s plynule proměnnou ohniskovou vzdáleností, které se při změně zvětšení neposouvají a zaujímají pevné místo v prostoru, a jehož pozice předmětové a obrazové roviny i roviny vstupní a výstupní pupily zůstává neměnná pro různá zvětšení. Jedná se tedy o dvojnásobně konjugovaný objektiv.

Dosavadní stav techniky

Základním požadavkem na optické systémy s proměnnou ohniskovou vzdáleností je požadavek neměnnosti polohy obrazové roviny vzhledem k nějakému pevnému bodu při změně jejich ohniskové vzdálenosti respektive zvětšení. Při změně ohniskové vzdálenosti optické soustavy však také dochází ke změně polohy vstupní a výstupní pupily optické soustavy. U současných optických soustav je změna ohniskové vzdálenosti a neměnnost polohy obrazové roviny dosahována změnou polohy jednotlivých členů optické soustavy. Při tom však většinou dochází ke změně polohy pupil této optické soustavy. V současné době jsou komerčně k dispozici objektivy s proměnnou ohniskovou vzdáleností, které běžně nemají konstantní vzdálenost mezi polohou vstupní a výstupní pupily.

Je známé například řešení dle PV 2012-280, „Objektiv s proměnnou ohniskovou vzdáleností“, které popisuje objektiv s proměnnou ohniskovou vzdáleností, jehož vzdálenost mezi předmětovým a obrazovým ohniskem zůstává konstantní při změně zvětšení. Avšak pozice předmětové a obrazové roviny i roviny vstupní a výstupní pupily nezůstává při změně zvětšení objektivu neměnná. Změna zvětšení je realizována mechanickým posuvem jednotlivých členů objektivu vůči sobě. Možnosti použití daného řešení jsou omezeny na případy, kdy je vyžadováno, aby vzdálenost mezi předmětovým a obrazovým ohniskem zůstávala konstantní, například v systémech pro optické zpracování informace. Avšak toto řešení není možno využít pro speciální optické soustavy např. v mikroskopii, kdy je požadováno,



aby byla neměnná jak vzdálenost mezi předmětem a obrazem, tak i poloha pupil objektivu.

Existuje několik návrhů objektivů s proměnnou ohniskovou vzdáleností, jež zachovávají neměnnou polohu pupil optické soustavy i obrazové a předmětové roviny, například řešení dle US patentu 3619035 „Zoom Lens System for Maintaining Two Pairs of Conjugate Planes Fixed“ z roku 1971. Uvedeného účinku je však dosahováno změnou poloh jednotlivých členů optické soustavy, přičemž ohniskové vzdálenosti jednotlivých členů optické soustavy se nemění. Nevýhodou tohoto způsobu je nutnost mechanického pohybu jednotlivých optických členů objektivu, složitější a finančně nákladnější optomechanická konstrukce objektivu, což odstraňuje navrhované řešení dle tohoto návrhu.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nevýhody nutnosti mechanického posuvu optických členů a složité optomechanické konstrukce odstraňuje objektiv s proměnnou ohniskovou vzdáleností podle předkládaného vynálezu. Optická soustava objektivu je tvořena třemi optickými členy, které leží na společné optické ose. Vzdálenost s předmětové roviny od prvního optického členu, vzdálenost s' obrazové roviny od třetího optického členu, vzdálenost p roviny vstupní pupily od prvního členu a vzdálenost p' roviny výstupní pupily od třetího členu jsou pro zvolený rozsah hodnot příčného zvětšení objektivu $m \in [m_{\min}, m_{\max}]$ konstantní. Podstatou nového řešení je, že optické členy jsou tvořeny jednou nebo více čočkami, z nichž alespoň jedna má plynule proměnnou ohniskovou vzdálenost. Zároveň platí, že vzdálenost d_1 mezi prvním optickým a druhým optickým členem, jakož i vzdálenost d_2 mezi druhým a třetím optickým členem je konstantní. Lámovosti φ_1 , φ_2 , φ_3 jednotlivých optických členů objektivu pro různá příčná zvětšení m a celková lámavost objektivu φ jsou dány následujícími vztahy:

$$\varphi_1 = \frac{m(1 - \varphi_3 d_2 + (s - d_1)(\varphi_2 + \varphi_3 - \varphi_2 \varphi_3 d_2)) - 1}{ms(\varphi_3 d_1 - (1 - \varphi_3 d_2)(1 - \varphi_2 d_1))},$$



$$\varphi_2 = \frac{(d_1 + d_2)}{d_1 d_2} + \frac{ps'}{d_1 d_2 m(p-s)} + \frac{p'sm}{d_1 d_2 (s' - p')}$$

$$\varphi_3 = \frac{(s' + d_2)(1 - \varphi_2 d_1) + d_1 - ms}{s'(d_1 + d_2(1 - \varphi_2 d_1))}$$

$$\varphi = (\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3) - \varphi_1 \varphi_2 d_1 - \varphi_2 \varphi_3 d_2 - \varphi_1 \varphi_3 (d_1 + d_2) + \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 d_1 d_2$$

Z výše uvedeného vyplývá, že změna ohniskové vzdálenosti se realizuje pomocí optických členů, například na bázi kapalinových mechanických či elektroaktivních čoček, jejichž ohnisková vzdálenost se dá plynule měnit bez změny jejich pozice či geometrického uspořádání.

Výhodou uvedeného řešení je, že pozice předmětové i obrazové roviny, pozice vstupní a výstupní pupily i vzájemná pozice jednotlivých optických členů objektivu zůstává, při změně ohniskové vzdálenosti objektivu, neměnná. Navrhované řešení odstraňuje nedostatky dřívějších řešení, kde se musely jednotlivé členy optické soustavy vzhledem k sobě posouvat podél optické osy, zatímco v uvedeném řešení se členy optické soustavy neposouvají a zauímají pevné místo v prostoru. Tímto řešením je též zjednodušena optomechanická konstrukce objektivu, může být snížena celková délka objektivu a též je možno dosáhnout větších rozsahů zvětšení.

Objasnění výkresů

Objektiv s proměnnou ohniskovou vzdáleností, s neměnnou pozicí jednotlivých optických členů a neměnnou pozicí předmětové a obrazové roviny a stejně tak i roviny vstupní a výstupní pupily je uveden na přiloženém výkrese.

Příklady uskutečnění vynálezu

Na přiloženém výkrese je příkladně znázorněno jedno z možných řešení tohoto objektivu, a to objektiv tvořený třemi optickými členy s plynule proměnnou

ohniskovou vzdáleností respektive lámavostí, umístěnými na společné optické ose. Jedná se o první optický člen 1, který má lámavost φ_1 , druhý optický člen 2 mající lámavost φ_2 a třetí optický člen 3 s lámavostí φ_3 . Lámavost celé optické soustavy je φ . Každý z optických členů 1, 2 a 3 může být tvořen jednou nebo více čočkami, z nichž alespoň jedna má proměnnou ohniskovou vzdálenost. Bod A' je obrazem bodu A a spojnice těchto bodů je optická osa optické soustavy. Bod P' je střed výstupní pupily a bod P je střed vstupní pupily optické soustavy objektivu. Poloha předmětové roviny ξ , obrazové roviny ξ' , roviny vstupní pupily π a roviny výstupní pupily π' zůstává neměnná při změně ohniskové vzdálenosti objektivu, jež je realizována změnou lámavostí tří optických členů 1, 2, 3 objektivu, jejichž vzájemná pozice je konstantní, tj. vzdálenost d_1 mezi prvním optickým členem 1 a druhým optickým členem 2 a vzdálenost d_2 mezi druhým optickým členem 2 a třetím optickým členem 3 je neměnná. Pro vzájemnou vzdálenost $\overline{AA'}$ rovin ξ a ξ' platí

$$\overline{AA'} = -s + d_1 + d_2 + s' = \text{konst.},$$

kde vzdálenost předmětu od prvního optického členu 1 objektivu je označena jako s , s' značí vzdálenost obrazu od posledního, třetího optického členu 3 objektivu. Dále jsou zde vyznačeny vzdálenosti mezi jednotlivými optickými prvky objektivu, a to d_1 mezi prvním optickým členem 1 a druhým optickým členem 2, d_2 mezi druhým optickým členem 2 a třetím optickým členem 3. Obdobně pro vzdálenost $\overline{PP'}$ rovin π a π' vstupní a výstupní pupily objektivu platí

$$\overline{PP'} = -p + d_1 + d_2 + p' = \text{konst.},$$

kde p značí vzdálenost roviny vstupní pupily π od prvního optického členu 1 objektivu a p' označuje vzdálenost roviny výstupní pupily π' od posledního, třetího optického členu 3 objektivu.

Při realizaci tohoto řešení se předem volí vzdálenost d_1 mezi prvním optickým členem 1 a druhým optickým členem 2 objektivu a vzdálenost d_2 mezi druhým optickým členem 2 a třetím optickým členem 3 objektivu. Tyto vzdálenosti poté určují celkovou délku objektivu a nemění se. Podle požadavků kladených na výsledný objektiv, tj. podle toho, kde se má nacházet předmětová a obrazová rovina respektive

rovina vstupní a výstupní pupily, se také zvolí vzdálenost \underline{s} předmětové roviny od prvního členu, vzdálenost \underline{s}' obrazové roviny od třetího členu, vzdálenost \underline{p} roviny vstupní pupily od prvního členu a vzdálenost \underline{p}' roviny výstupní pupily od třetího členu. Dále se zvolí rozsah hodnot příčného zvětšení objektivu $m \in [m_{\min}, m_{\max}]$, při kterém má objektiv pracovat a splňovat na něj kladené požadavky. Na základě takto předem zvolených zobrazovacích parametrů se pro každou hodnotu zvětšení m z intervalu $[m_{\min}, m_{\max}]$ vypočítávají lámavosti $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ jednotlivých optických členů objektivu a celková lámavost objektivu φ . Lámavosti $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ jednotlivých optických členů $\underline{1}, \underline{2}, \underline{3}$ objektivu pro různá příčná zvětšení \underline{m} a celková lámavost objektivu φ jsou dány následujícími vztahy:

$$\varphi_1 = \frac{m(1 - \varphi_3 d_2 + (s - d_1)(\varphi_2 + \varphi_3 - \varphi_2 \varphi_3 d_2)) - 1}{ms(\varphi_3 d_1 - (1 - \varphi_3 d_2)(1 - \varphi_2 d_1))},$$

$$\varphi_2 = \frac{(d_1 + d_2)}{d_1 d_2} + \frac{ps'}{d_1 d_2 m(p - s)} + \frac{p'sm}{d_1 d_2 (s' - p')},$$

$$\varphi_3 = \frac{(s' + d_2)(1 - \varphi_2 d_1) + d_1 - ms}{s'(d_1 + d_2(1 - \varphi_2 d_1))},$$

$$\varphi = (\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3) - \varphi_1 \varphi_2 d_1 - \varphi_2 \varphi_3 d_2 - \varphi_1 \varphi_3 (d_1 + d_2) + \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 d_1 d_2.$$

Takto je zabezpečeno, že při změně ohniskové vzdálenosti respektive zvětšení objektivu zůstávají neměnné polohy předmětu, obrazu, vstupní a výstupní pupily a zároveň nedochází ke změně polohy jednotlivých optických členů objektivu.

Průmyslová využitelnost

Optická soustava podle vynálezu najde uplatnění zejména v oblasti mikroskopie, optických systémech pro analýzu struktury objektů využívajících metodu fázového kontrastu a metodu temného pole, v oftalmologických přístrojích a optických soustavách puškohledů.

PATENTOVÉ NÁROKY

Objektiv s proměnnou ohniskovou vzdáleností, jehož optická soustava je tvořena třemi optickými členy (1,2,3), ležícími na společné optické ose, a jehož vzdálenost (s) předmětové roviny (ξ) od prvního optického členu (1), vzdálenost (s') obrazové roviny (ξ') od třetího optického členu (3), vzdálenost (p) roviny (π) vstupní pupily od prvního optického členu (1) a vzdálenost (p') roviny (π') výstupní pupily od třetího optického členu (3) jsou pro zvolený rozsah hodnot příčného zvětšení objektivu $m \in [m_{\min}, m_{\max}]$ konstantní, **vyznačující se tím, že** optické členy (1,2,3) jsou tvořeny jednou nebo více čočkami, z nichž alespoň jedna má plynule proměnnou ohniskovou vzdálenost, a vzdálenost (d_1) mezi prvním optickým členem (1) a druhým optickým členem (2), jakož i vzdálenost (d_2) mezi druhým optickým členem (2) a třetím optickým členem (3) je konstantní, a lámavosti (φ_1), (φ_2), (φ_3) jednotlivých optických členů (1,2,3) objektivu pro různá příčná zvětšení (m) a celková lámavost objektivu φ jsou dány následujícími vztahy:

$$\varphi_1 = \frac{m(1 - \varphi_3 d_2 + (s - d_1)(\varphi_2 + \varphi_3 - \varphi_2 \varphi_3 d_2)) - 1}{ms(\varphi_3 d_1 - (1 - \varphi_3 d_2)(1 - \varphi_2 d_1))},$$

$$\varphi_2 = \frac{(d_1 + d_2)}{d_1 d_2} + \frac{ps'}{d_1 d_2 m(p - s)} + \frac{p'sm}{d_1 d_2 (s' - p')},$$

$$\varphi_3 = \frac{(s' + d_2)(1 - \varphi_2 d_1) + d_1 - ms}{s'(d_1 + d_2(1 - \varphi_2 d_1))},$$

$$\varphi = (\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3) - \varphi_1 \varphi_2 d_1 - \varphi_2 \varphi_3 d_2 - \varphi_1 \varphi_3 (d_1 + d_2) + \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 d_1 d_2.$$

1/1



PN 2012-896

обт. 1

