

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

34 881

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

G01J 3/04 (2006.01)
G01J 3/16 (2006.01)
G01J 3/18 (2006.01)
G01J 3/22 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2020-38325**
(22) Přihlášeno: **08.12.2020**
(47) Zapsáno: **02.03.2021**

(73) Majitel:
Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i., Praha 8,
Libeň, CZ

(72) Původce:
Ing. Jan Václavík, Liberec, Liberec VI-Rochlice,
CZ
Jan Pleštil, Dis, Mírová pod Kozákovem, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Petr Soukup, tř. Svobody 43/39, 779 00
Olomouc

(54) Název užitého vzoru:
**Anamorfnní optický systém s odraznou
štěrbínou pro hyperspektrální zobrazování
v dlouhovlnné infračervené oblasti**

Anamorfní optický systém s odraznou štěrbínou pro hyperspektrální zobrazování v dlouhovlnné infračervené oblasti

5 Oblast techniky

Technické řešení se týká nového uspořádání anamorfního optického systému s odraznou štěrbínou pro hyperspektrální zobrazování v dlouhovlnné infračervené oblasti určeného zejména pro využití v optických soustavách.

10

Dosavadní stav techniky

Jedna z možných realizací optické soustavy hyperspektrálních systémů je kombinace
15 zobrazovacího štěrbínového spektrografu s úzkou štěrbínou (narrow slit) a objektivu či optické soustavy promítající snímanou scénu na tuto štěrbínu. Jinou možností je použití interferometrického principu, popsaného např. ve spisu US 7135682 B1. Tyto metody monitorují řez ze snímané scény. Celá scéna je pak snímána pomocí pohybu zařízení či předsazeného zrcadlového systému (pushbroom). Hyperspektrální systém se štěrbínovým spektrografem je tedy
20 tvořen třemi zobrazovacími soustavami, a to vstupním objektivem, kolimátorem a fokusačním objektivem. Při návrhu soustav spektrografů pro dlouhovlnnou infračervenou oblast je kladen vysoký důraz na světelnost systému, tj. aby bylo dosaženo co nejvyššího toku záření na detektor. V případě kompaktních spektrografů, je zároveň požadován malý rozměr a krátká ohnisková vzdálenost. Kombinace vysoké světelnosti a krátké ohniskové vzdálenosti vede na nutnost použití složitých optických soustav, které vykreslují široké zorné pole při vysoké světelnosti. To vyžaduje
25 mnoho optických ploch zajišťujících korekci optických aberací.

Jednou z možností redukce složitosti hyperspektrálního systému s vysokou světelností je konstrukce s anamorfní předsádkou se štěrbínou, kdy je v celém systému pouze jeden fokusující
30 objektiv. Ve známém provedení publikovaném v článku R.C. Swanson and col.: „*Anamorphic Imaging Spectrometer*“ Proc. SPIE 6940, Infrared Technology and Applications XXXIV, 694010 (16 April 2008) je předsádka tvořena dvěma mimoosovými válcovými parabolickými plochami orientovanými tak, že v jejich společném ohnisku je umístěna filtrační štěrbina. Známým problémem je justáž prvků předsádky, kdy je nutné sesouhlasit polohy tří optických mimoosových
35 prvků. Jednou z cest je výroba obou zrcadel na společném substrátu pomocí metod přesného obrábění tak, jak je uvedeno ve výše uvedeném článku. V případě dlouhých ploch zrcadel dochází k problémům s vibracemi při obrábění v důsledku jejich nedostatečné tuhosti a nutností vytvořit mechanicky tuhou konstrukci zrcadel. Konstrukce je obtížně adaptovatelná pro levnější výrobu metodou přesného lisování. V uvedené publikaci jsou obě zrcadlové plochy shodné, přičemž
40 předsádka ideálně pracuje pro paprsky přicházející z nekonečně vzdálené scény. Při přeastření společného fokusačního objektivu na bližší objekt dochází k rozostření obrazu štěrbiny na čipu.

Cílem předkládaného technického řešení je vytvoření anamorfní optické předsádky, která je snadno
45 zjustovatelná, pro hyperspektrální zobrazovací systém v oblasti 7 až 12 μm se spektrálním rozlišením 10 cm^{-1} . Zobrazovacím systém má zorné pole alespoň 18° ve směru štěrbiny, fokusační objektiv s ohniskovou vzdáleností $f = 19 \text{ mm}$ při světelnosti $F/1$ a detektor s rozlišením 640x480 o velikosti pixelu 17 μm . Dalším cílem technického řešení je umožnění zaostření na objekt v rozsahu vzdáleností 20 až $\infty \text{ m}$, aniž by došlo k poklesu spektrálního rozlišení nad 12 cm^{-1} . Použití odrazné štěrbiny jako náhrady za klasickou transmisní štěrbínu ve formě jehly
50 v astronomickém spektrografu bylo publikováno v článku Gavin M.V. : „*A Reflective Spectroscopic Slit And Its Application*“, Journal of the British Astronomical Association, Vol. 91, P.261, 1981.

Podstata technického řešení

Stanoveného technického řešení je dosaženo technickým řešením, kterým je anamorfní optický systém s odraznou štěrbinou pro hyperspektrální zobrazování v dlouhovlnné infračervené oblasti, který obsahuje skenovací zrcadlo, difrakční mřížku, fokusační objektiv a detektor, kde podstata řešení spočívá v tom, že mezi skenovací zrcadlo a difrakční mřížku je nainstalována anamorfní předsádka sestávající ze vstupního kolimátoru, výstupního kolimátoru a odrazné štěrbin, kde vstupní kolimátor a výstupní kolimátor jsou uloženy na společném substrátu, přičemž jednak zrcadlové plochy vstupního kolimátoru a výstupního kolimátoru jsou výřezy z válcové plochy s parabolickým profilem v rovině Y-Z a jsou stočené vůči normálové ose odrazné štěrbin a jednak odrazná štěrbina je umístěna ve společném ohnisku zrcadlových ploch vstupního kolimátoru a výstupního kolimátoru.

Je výhodné, když odrazná štěrbina má šířku danou poměrem ohniskové vzdálenosti výstupního kolimátoru k ohniskové vzdálenosti fokusačního objektivu násobené hodnotou 0,1 až 0,16 mm, optimálně 0,14 mm, a difrakční mřížka je opatřena 30 až 60 vrypy/mm, optimálně 55 vrypy/mm, a je optimalizována pro vlnové délky 7 až 12 μm , přičemž vzdálenost odrazné štěrbin a vstupního kolimátoru je 29,778 mm a vzdálenost odrazné štěrbin a výstupního kolimátoru je 29,573 mm.

Objasnění výkresů

Konkrétní příklad provedení technického řešení je schematicky znázorněn na přiložených výkresech kde,

- obr. 1) je základní schéma uspořádání systému s naznačením průchodu paprsků,
 obr. 2) je axonometrický pohled na zařízení, které obsahuje systém podle obr.1),
 obr. 3) je detail odrazné štěrbin, kde obr. 3a) je celkový nárysný pohled a obr. 3b) příčný řez odraznou štěrbinou,
 obr. 4a) je čelní axonometrický pohled na soustavu kolimátorů anamorfní předsádky systému a obr. 4b) příčný řez toto soustavou a
 obr. 5) jsou příklady tří projekcí odrazné štěrbin na plochu detektoru pro různé vzdálenosti zobrazovaného subjektu.

Výkresy, které znázorňují představované technické řešení a následně popsany příklad konkrétního provedení v žádném případě neomezují rozsah ochrany uvedený v definici, ale jen objasňují podstatu technického řešení.

Příklady uskutečnění technického řešení

Systém podle technického řešení je tvořen skenovacím zrcadlem 1, za nímž je instalována anamorfní předsádka 2 sestávající ze vstupního kolimátoru 21, výstupního kolimátoru 22 a odrazné štěrbin 23 ve funkci reflektivního filtračního prvku, kde vstupní kolimátor 21 a výstupní kolimátor 22 jsou uloženy na společném substrátu 24, přičemž zrcadlové plochy vstupního kolimátoru 21 a výstupního kolimátoru 22 jsou výřezy z válcové plochy s parabolickým profilem v rovině Y-Z a jsou stočené vůči normálové ose odrazné štěrbin 23 o úhel α o velikosti 18° . Orientace a parametry zrcadlových ploch jsou takové, že je minimalizována hloubka jejich profilu vůči společné zadní straně substrátu 24 a není větší než 2,9 mm. Odrazná štěrbina 23 je umístěna ve společném ohnisku zrcadlových ploch vstupního kolimátoru 21 a výstupního kolimátoru 22. Za anamorfní předsádkou 2 jsou za sebou uloženy difrakční mřížka 3, fokusační objektiv 4 a detektor

5, které jsou nedílnou součástí systému a doplňují jeho zobrazovací funkci. Odrazná štěrbinu 23 má šířku danou poměrem ohniskové vzdálenosti výstupního kolimátoru 22 k ohniskové vzdálenosti fokusačního objektivu 4, násobené hodnotou 0,1 až 0,16 mm, optimálně 0,14 mm. V konkrétním prověřeném zařízení pro realizaci systému je difrakční mřížka 3 opatřena 30 až 60 vrypy/mm, optimálně 55 vrypy/mm, a je optimalizována pro vlnové délky 7 až 12 μm . Odrazná štěrbinu 23 je v systému umístěna tak, že optimální zaostření společného fokusačního objektivu 4 je pro vzdálenost objektu 50 m. Difrakční mřížka 3 a fokusační objektiv 4 vytváří spektrálně rozdělený obraz odrazné štěrbinu 23 na detektoru 5 a ohnisková vzdálenost fokusačního objektivu 4 je $F=19$ mm, $f/1$ a velikost detektoru 5 je $10,88 \times 8,16$ mm při rozlišení 640×480 pixelů. Vzdálenost odrazné štěrbinu 23 a vstupního kolimátoru 21 je 29,778 mm a vzdálenost odrazné štěrbinu 23 a výstupního kolimátoru 22 je 29,573 mm.

Na obr.5 je zobrazeno, jakým způsobem je promítnuta odrazná štěrbinu 23 na plochu detektoru 5 pro různé vzdálenosti zobrazovaného objektu. Společný fokusační objektiv 4 je zaostřen do tří různých pozic, a to nekonečno, 50 m, 20 m, čemuž odpovídají mírně jiné obrazy promítnuté odrazné štěrbinu 23. Zobrazené pole odpovídá ploše 60×150 pixelů o délce strany 0,017 mm, tj. $1,02 \times 2,55$ mm.

Popsané provedení není jediným možným řešením, ale lze jej škálovat pro úměrné ohniskové vzdálenosti společného fokusačního objektivu 4.

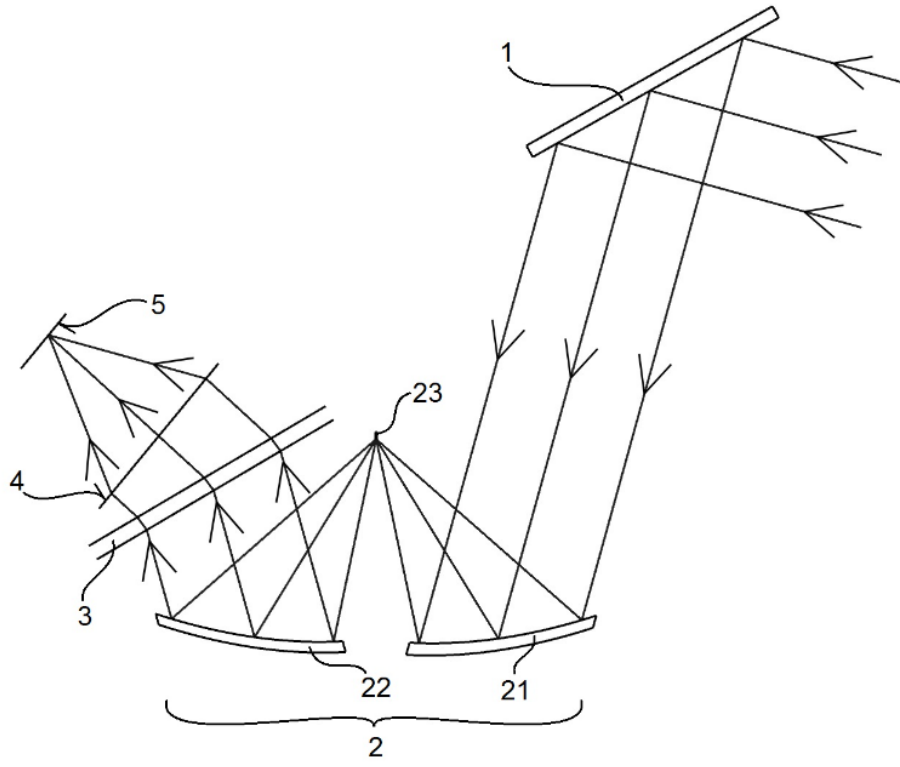
Průmyslová využitelnost

25 Anamorfní optický systém s odraznou štěrbinou pro hyperspektrální zobrazování v dlouhovlnné infračervené oblasti podle technického řešení je určený zejména pro využití v optických soustavách.

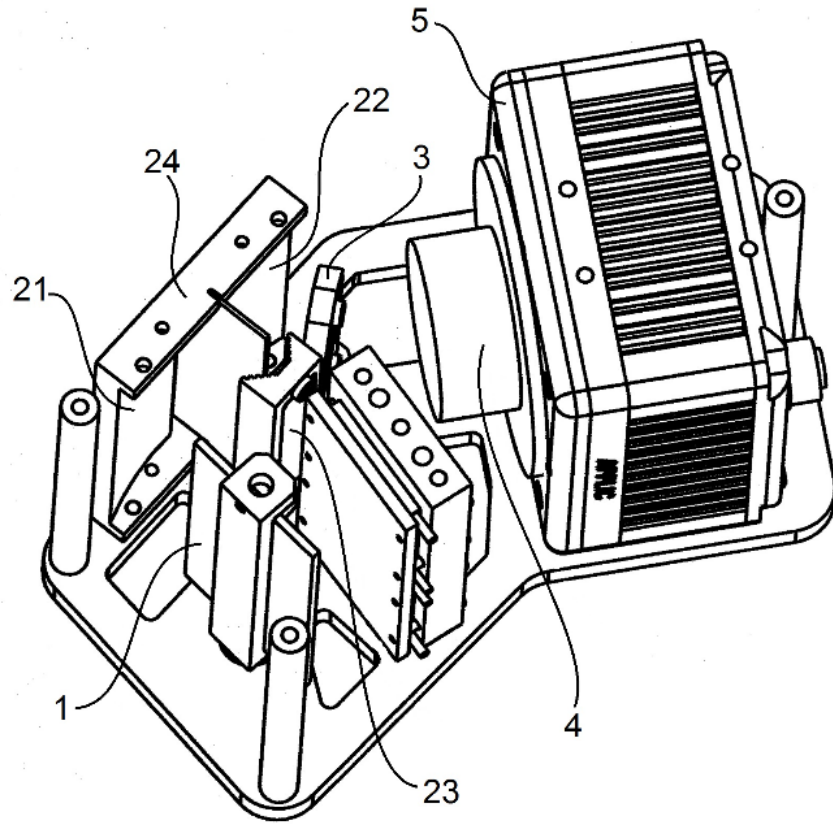
NÁROKY NA OCHRANU

- 5 1. Anamorfní optický systém s odraznou štěrbinou pro hyperspektrální zobrazování v dlouhovlnné infračervené oblasti, který obsahuje skenovací zrcadlo (1), difrakční mřížku (3), fokusační objektiv (4) a detektor (5), **vyznačující se tím**, že mezi skenovací zrcadlo (1) a difrakční mřížku (3) je nainstalována anamorfní předsádka (2) sestávající ze vstupního kolimátoru (21), výstupního kolimátoru (22) a odrazné štěrbinou (23), kde vstupní kolimátor (21) a výstupní kolimátor (22) jsou uloženy na společném substrátu (24), přičemž jednak zrcadlové plochy
- 10 vstupního kolimátoru (21) a výstupního kolimátoru (22) jsou výřezy z válcové plochy s parabolickým profilem v rovině Y-Z a jsou stočené vůči normálové ose odrazné štěrbinou (23) a jednak odrazná štěrbina (23) je umístěna ve společném ohnisku zrcadlových ploch vstupního kolimátoru (21) a výstupního kolimátoru (22).
- 15 2. Anamorfní optický systém s odraznou štěrbinou podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že odrazná štěrbina (23) má šířku danou poměrem ohniskové vzdálenosti výstupního kolimátoru (22) k ohniskové vzdálenosti fokusačního objektivu (4) násobené hodnotou 0,1 až 0,16 mm, optimálně 0,14 mm.
- 20 3. Anamorfní optický systém s odraznou štěrbinou podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že difrakční mřížka (3) je opatřena 30 až 60 vrypy/mm, optimálně 55 vrypy/mm, a je optimalizována pro vlnové délky 7 až 12 μm .
- 25 4. Anamorfní optický systém s odraznou štěrbinou podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že vzdálenost odrazné štěrbinou (23) a vstupního kolimátoru (21) je 29,778 mm a vzdálenost odrazné štěrbinou (23) a výstupního kolimátoru (22) je 29,573 mm.

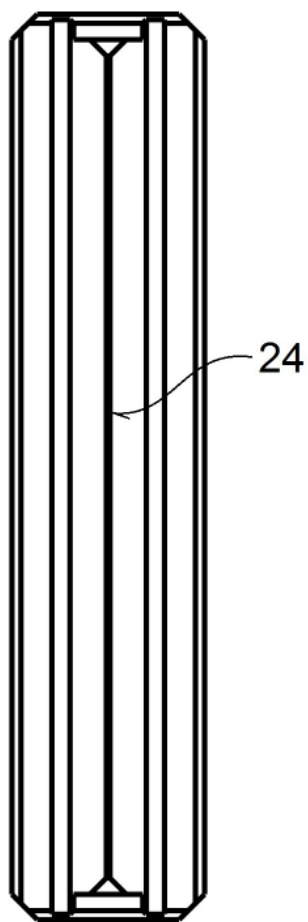
4 výkresy



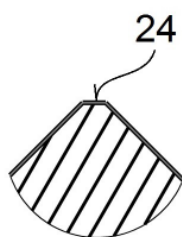
Obr. 1



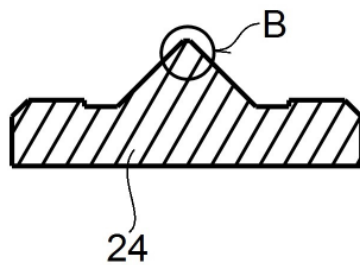
Obr. 2



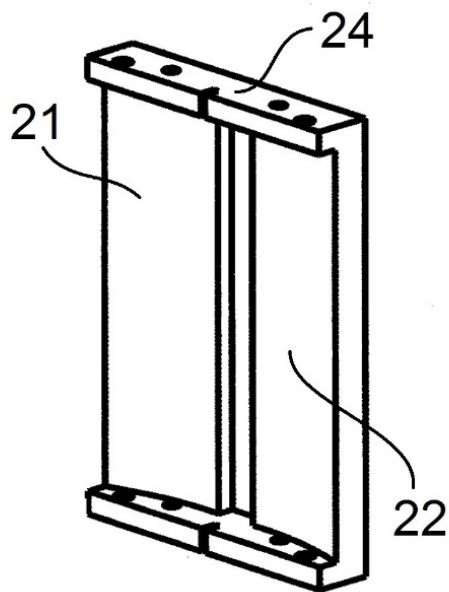
Obr. 3a



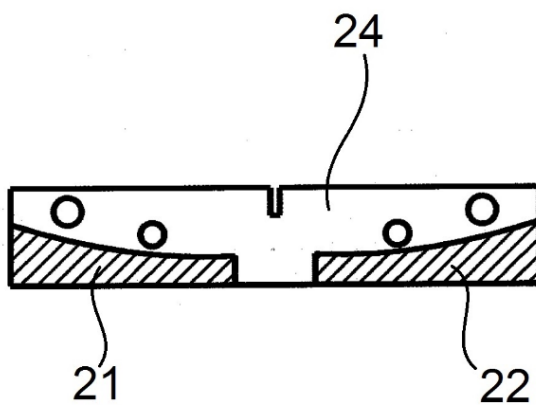
DETAIL B



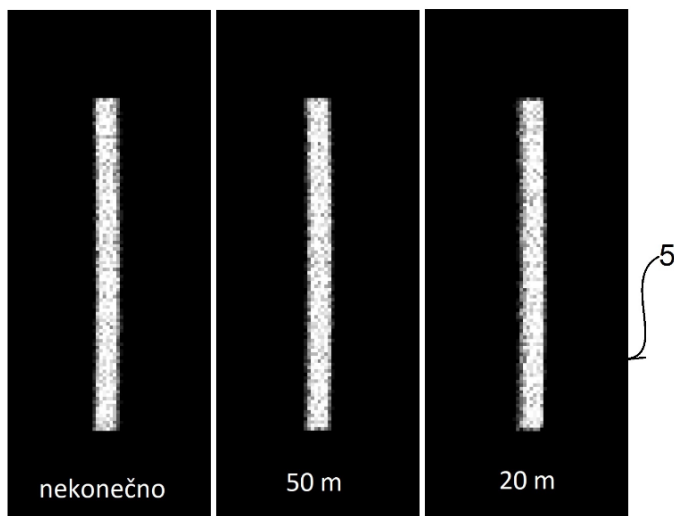
Obr. 3b



Obr. 4a



Obr. 4b)



Obr. 5