

# PATENTOVÝ SPIS

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2004-578**  
(22) Přihlášeno: **05.05.2004**  
(40) Zveřejněno: **14.12.2005**  
(Věstník č. 12/2005)  
(47) Uděleno: **05.12.2005**  
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **11.01.2006**  
(Věstník č. 1/2006)

(11) Číslo dokumentu:

**296 190**

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:  
**G02B 23/02** (1968.09)  
**G02B 23/06** (1968.09)

(56) Relevantní dokumenty:  
US 4395095 A; US 4439012 A; SE 456047 A; JP 2002244049 A.

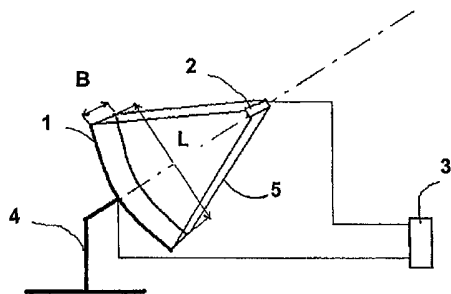
(73) Majitel patentu:  
České vysoké učení technické v Praze Fakulta jaderná a  
fyzikálně inženýrská, Praha, CZ

(72) Původce:  
Chadzitaskos Goce Doc. Ing. CSc., Ondřejov, CZ  
Tolar Jiří Prof. Ing. DrSc., Praha, CZ

(74) Zástupce:  
Ing. Hana Dušková, Travná 1285, Praha, 19800

(54) Název vynálezu:  
**Teleskopický systém**

(57) Anotace:  
Teleskopický systém je tvořen objektivem, upevněným na nosné konstrukci (4) umožňující azimutální nebo paralaktické nastavení, a zařízením (2) pro digitální snímání obrazu propojeným s počítačem (3). Objektiv (1) je tvořen odražečem elektromagnetického záření, který je podél jedné osy přímkový a podél druhé osy vyduť a jehož průmět do roviny kolmé k optické ose objektivu (1) je pravouhelníkový. Objektiv (1) a/nebo celý teleskopický systém je na nosné konstrukci (4) uložen otočně kolem osy vyduť, přičemž zařízení (2) pro digitální snímání obrazu je umístěno v obrazové rovině teleskopického systému.



CZ 296190 B6

## Teleskopický systém

### Oblast techniky

Předkládané řešení se týká teleskopického systému vhodného zejména pro astronomii.

### Dosavadní stav techniky

Dosud jsou používány zrcadlové teleskopické systémy, jejichž objektivы mají obvod ve tvaru kruhu nebo pravidelného n-úhelníku a jejichž úhlové rozlišení je téměř stejné ve všech směrech. Teleskop s objektivem je upevněn na nosné konstrukci, kterou je tak zvaná montáž, umožňující teleskop přesně nastavit a jemně s ním pohybovat. Užívá se montáž azimutální, paralaktická nebo čtyřosá. Azimutální montáž má jednu osu vodorovnou a druhou svislou. Kolem svislé osy se dalekohled natáčí vůči světovým stranám, ve vodorovné ose se nastavuje výška nad obzorem. Při pozorování nebeských objektů se musí plynule měnit nastavení dalekohledu kolem obou os. Paralaktická montáž má jednu osu rovnoběžnou se zemskou osou, míří do pólu. Druhá její osa je k první ose kolmá, při pozorování jednoho objektu se otáčí dalekohled kolem polární osy stálou rychlostí 15 obloukových stupňů za hodinu. Čtyřosá montáž je především pro sledování umělých družic země, tři osy se nastaví tak, aby teleskop sledoval objekt pouze pohybem kolem jedné osy. Všechny tyto pohyby obstarávají elektrické motory. V posledních letech je u většiny dalekohledů nastavení věcí počítače. Pozorovatel pouze zadá číselné souřadnice nebo přímo název objektu z databáze a může pozorovat. Tato charakteristika odpovídá všem známým teleskopickým systémům jako jsou Newtonův a Cassegrainův zrcadlový teleskop.

Zrcadlový teleskop neboli reflektor používá jako objektiv vyduté zrcadlo. Toto primární zrcadlo zobrazuje sledované objekty do obrazové roviny, kde může být umístěna kamera, objektiv, nebo malé rovinné zrcátko. To pak světlo, v případě Newtonova typu reflektoru, odráží do okuláru umístěného na boku dalekohledu. V případě dalekohledů typu Schmidt-Cassegrain nebo Maksutov-Cassegrain je světlo po průchodu korekční deskou odráženo zpět na malé zakřivené zrcátko a otvorem v hlavním zrcadle dopadá do okuláru. Místo použití okuláru pro pozorování okem lze obraz promítnout na matnici, do fotografické kamery, na digitální snímače obrazu. CCD jednotku nebo jednotku umožňující přímo snímání spektra. Tyto členy jsou umístěny v obrazové rovině celé optické soustavy se započtením všech vložených členů. Do optické dráhy mohou být ještě vkládány další optické členy, např. čočky pro zvětšení obrazu, zesilovač obrazu, korekční členy atp. Signál z digitálních snímačů je veden do záznamových zařízení, dnes nejčastěji do počítače, kde je zpracováván a archivován.

Důležitým parametrem teleskopů je jejich úhlové rozlišení. Je dáno nejmenším úhlem, který nám umožní rozlišit dva body. Čím menší je tento úhel, tím lepší je úhlové rozlišení. Má-li objektiv průměr  $D$ , pak je jeho půdorysná plocha dána vztahem

$$P = \pi D^2/4$$

a úhlové rozlišení  $\delta$  pro monochromatické světlo o vlnové délce  $\lambda$ , je určeno vztahem

$$\delta \approx 1,22 \lambda/D,$$

čímž je dán poměr  $\delta/P$ . Jeden z důvodů, který vede ke stavbě teleskopů o velikých průměrech, je požadavek astronomů o lepší úhlové rozlišení. Je například známo, že největší teleskop o průměru 30 metrů má být vybudován v Kalifornii.

5 Z výše uvedeného tedy vyplývá, že nevýhodou těchto známých řešení je skutečnost, že pro lepší úhlové rozlišení je potřeba především velký rozměr objektivu, neboť, jak vyplývá z uvedených vztahů, čím větší plocha objektivu, tím větší úhlové rozlišení se získá. Tyto mohutné objektivy mají velkou hmotnost, jsou náročné z hlediska konstrukce a technologie a jejich výroba je nákladná.

10 Tyto nevýhody lze odstranit řešením, kdy objektiv teleskopického systému je tvořen výřezem optického členu realizujícího objektiv u daného typu teleskopického systému za podmínky, že průmět tohoto výřezu do roviny kolmé k optické ose objektivu má v jednom směru větší rozměr. Pak je tedy v případě Newtonova zrcadlového teleskopického systému objektivem výřez z rotačního paraboloidu. U teleskopického systému Cassegrainova typu je objektivem výřez z rotačního paraboloidu s otvorem pro zobrazení sledovaných objektů za objektiv, což v mnoha případech zjednoduší manipulaci s obrazem. U čočkového teleskopického systému je objektivem výřez z kruhové čočky s jedním dominantním rozměrem. Nevýhodou těchto řešení je zejména výrobní složitost rotačních parabolických ploch a tím vysoké náklady na realizaci teleskopického systému.

### 20 Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky odstraňuje teleskopický systém tvořený objektivem, upevněným na nosné konstrukci umožňující azimutální, čtyřosé nebo paralaktické nastavení, a zařízením pro digitální snímání obrazu propojeným s počítačem. Podstatou nového řešení je, že objektiv je tvořen odražečem elektromagnetického záření, který je podél jedné osy přímkový a podél druhé osy vyduť, s výhodou pak vyduť ve tvaru paraboly, a jehož průmět do roviny kolmé k optické ose objektivu je pravouhelníkový. Objektiv a/nebo celý teleskopický systém je na nosné konstrukci uložen otočně kolem osy vyduťi respektive kolem osy vzniklé paraboly. Zařízení pro digitální snímání obrazu je umístěno v obrazové rovině teleskopického systému.

30 V jednom výhodném provedení je průmět odražeče elektromagnetického záření do roviny kolmé k optické ose objektivu obdélníkový a tento odražeč je přímkový podle své kratší osy a vyduť respektive parabolický podle své delší osy.

35 Ve druhém provedení je průmět odražeče elektromagnetického záření do roviny kolmé k optické ose objektivu čtvercový.

40 Pro optická pozorování je odražeč elektromagnetického záření tvořen zrcadlem a pro radiová pozorování je tento odražeč elektromagnetického záření tvořen kovovou sítí s oky podstatně menšími než vlnová délka záření.

45 V dalším provedení je do optického systému vloženo zrcátko. Toto zrcátko může být rovinné, vypuklé ve formě paraboloidu nebo je tvořeno odražečem elektromagnetického záření, který je podél jedné osy přímkový a podél druhé osy vyduť a jehož přímková osa je kolmá k přímkové ose objektivu.

50 Objektiv je tedy uložen na nosné konstrukci, která kromě obvyklých pohybů umožňuje navíc i jeho rotaci, nebo rotaci celého teleskopického systému, kolem osy vzniklé paraboly. Zařízení pro digitální snímání obrazu je, jak bylo uvedeno, umístěno v obrazové rovině teleskopického systému, kterou je pro vzdálené objekty ohnisko vzniklé paraboly. Obrazová rovina je určena jako rovina v níž se zobrazí přímkové objekty rovnoběžné se směrem, podél něž je objektiv přímkový.

Z důvodu jednodušší manipulace a aby objemnější zařízení neclonila, je možné vložit další optické členy, jako například zrcátka nebo čočky pro zobrazení sledovaných objektů na výhodnějším

místě, např. za zrcadlem, v pilíři konstrukce. V tomto případě pak zařízení pro digitální snímání obrazu leží v obrazové rovině teleskopického systému.

- Výhodou uvedeného řešení je, že proti všem stávajícím teleskopickým systémům navržený teleskopický systém podstatně zlepšuje úhlové rozlišení při nižších nebo srovnatelných finančních nákladech na jeho budování a hlavně při menších konstrukčních a technologických nárocích, protože výroba v podstatě parabolického pásu je podstatně jednodušší než rotační paraboloid. Při současných plánech vybudovat teleskop o průměru 30 m nebo radioteleskop o ploše 10 000 m<sup>2</sup> to představuje velkou úsporu, nehledě na jeho daleko levnější provoz. Dále pro umístění teleskopu na oběžnou dráhu je velmi důležitá jeho relativně nízká hmotnost. Cenová dostupnost umožní rozmístit systém radioteleskopů s vysokým rozlišením podél Země tak, že každý bude pozorovat a zkoumat pouze část oblohy okolo zenitu. Výhodou takto uspořádaných teleskopických systémů je, že umožňují rozlišit zdroje elektromagnetického záření, které je možno při současných pozorováních rozlišit pouze při použití teleskopu o průměru srovnatelném se vzdáleností bodu paraboly, kde začíná a končí pás.

#### Přehled obrázků na výkrese

- Příklady uspořádání teleskopického systému podle uvedeného řešení jsou znázorněny na příložených výkresech. Na obr. 1 je schéma příkladu provedení teleskopického systému pouze s odražečem elektromagnetického záření a na obr. 2 je pak uveden příklad provedení teleskopického systému s vloženými optickými prvky.

#### Příklady provedení vynálezu

- Pro zlepšení úhlového rozlišení teleskopického systému při stejné ploše objektivu, nebo zmenšení plochy objektivu při stejném úhlovém rozlišení a pro podstatně jednodušší konstrukční a technologické provedení je navržena následující modifikace stávajících teleskopických systémů. Jako objektiv 1 je použit odražeč elektromagnetického záření, vytvarovaný tak, že je podél jedné osy přímkový, tedy rovinný, a podél druhé osy vyduť, v popisovaném příkladě parabolický.

- Jedna z možností, jak vytvořit tento teleskopický systém, je schematicky uvedena na obr. 1 v sestavě teleskopického systému. Objektiv 1 teleskopického systému tvořený odražečem elektromagnetického záření je v daném příkladě obdélníkové zrcadlo, které je podél kratší osy o šířce  $B$  přímkové a podél delší osy o délce  $L$  parabolické. K montáži 4 je připevněno zařízení 2 pro digitální snímání obrazu, které je propojeno s počítačem 3. K tomuto zařízení 2 pro digitální snímání obrazu je pomocí držáků 5 připevněn odražeč elektromagnetického záření tvořící objektiv 1. Zařízení 2 pro digitální snímání obrazu se umísťuje do obrazové roviny teleskopického systému. Obrazová rovina je určena jako rovina, v níž se zobrazí přímkové objekty rovnoběžné se směrem podél něž je objektiv přímkový. Pro astronomická pozorování, tedy pro pozorování vzdálených předmětů, leží obrazová rovina v případě, že nejsou vloženy další optické členy, v ohnisku paraboly odražeče elektromagnetického záření.

- Jako odražeč elektromagnetického záření lze použít i čtvercové zrcadlo, které je podle jedné osy přímkové a podle druhé osy parabolické. Zrcadla se používají pro optická pozorování, zatímco pro radiová pozorování se pro realizaci odražeče elektromagnetického záření použije kovová síť s oky podstatně menšími než vlnová délka záření.

Rozlišovací schopnost je dána vzdáleností  $L$  mezi body paraboly, kde zrcadlový pás tvořící objektiv 1 začíná a končí.

Úhlové rozlišení tohoto systému pro monochromatické světlo o vlnové délce  $\lambda$  potom je  $\delta \approx \lambda/L = B\lambda/P$  ve směru rozměru  $\underline{L}$  a ve směru rozměru  $\underline{B}$  není určeno.

5 Tento navržený teleskopický systém má tedy různá úhlová rozlišení v různých směrech. Umístěním objektivu 1 ve formě pravoúhelníkového odražeče elektromagnetického záření, v uváděném příkladě obdélníkového zrcadla, jež je podél kratší osy přímkové, tedy rovinné, a podél delší osy parabolické, na nosnou konstrukci, ve většině případů na montáž 4, která umožňuje navíc proti stávajícím montážím jeho rotaci kolem osy paraboly objektivu, je možné pomocí této rotace získat stejné úhlové rozlišení ve všech směrech.

10 V jiném provedení je možno teleskopický systém doplnit o další optické prvky, například o rovinné nebo vypuklé zrcátko 6, jak uvádí obr. 2. Zrcátko 6, které je rovinné, je pouze ve funkci odražeče. Vypuklé parabolické zrcátko 6 navíc soustřeďuje odražené světlo do obrazové roviny optického systému. Z důvodu výrobních je velice vhodné, je-li zrcátko 6 vytvořeno analogicky jako objektiv 1 a je tedy tvořeno odražečem elektromagnetického záření, který je podél jedné osy přímkový a podél druhé osy vyduť a jehož přímková osa je kolmá k přímkové ose objektivu. K montáži 4 se připojí zařízení 2 pro digitální snímání obrazu, které v tomto případě leží v obrazové rovině optického systému. Čárkovaně jsou naznačeny světelné paprsky 7 přicházející od sledovaného objektu. Zařízením 2 pro digitální snímání obrazu může být digitální kamera, CCD nebo spektroskopický člen, které jsou propojeny s počítačem 3.

25 Zobrazení vzdálených objektů uvedeným teleskopickým systémem probíhá takto. Pohybem nosné konstrukce 4 se provede zamíření optické osy objektivu 1, na sledovaný objekt. Poté se začnou při současném otáčení objektivu 1, případně celého teleskopického systému, kolem této optické osy snímat při každém pootočení zařízením 2 pro digitální snímání obrazu, například CCD kamerou, obrazy sledovaného objektu. Vzniklý výstupní signál se vede do počítače 3, který je vybaven softwarem analogickým počítačové tomografii, který je schopen rekonstruovat obraz z jednotlivých řezů při natáčení objektivu 1 nebo celého teleskopického systému kolem uvedené optické osy. Na rozdíl od tomografie, kde se vyhodnocuje integrální absorpce, zde se vyhodnocuje integrální intenzita signálu v jednotlivých bodech obrazu v jednotlivých polohách otáčení. 30 Tato integrální intenzita pochází z prostoru daného úhlem, který odpovídá úhlovému rozlišení ve směru v němž je odražeč elektromagnetického záření přímkový. Počet snímků a výsledný úhel natočení závisí na úhlovém rozlišení ve směru šířky objektivu 1 a je optimalizován pro každý jednotlivý případ, aby bylo možno zrekonstruovat obraz s nejlepším úhlovým rozlišením ve všech směrech při minimálním počtu snímků. Počítač 3 má tedy několik funkcí, a to řídí pohyb nosné konstrukce 4, tedy montáže, zpracovává výstupní signál ze zařízení 2 pro digitální snímání obrazu, rekonstruuje obraz sledovaného objektu ze získaných integrálních intenzit při jednotlivých úhlech snímání a případně určuje počet kroků k tomu nezbytných. Bude-li například úhlové rozlišení v jednom směru 180 stupňů, je měřena integrální intenzita v tomto směru z celé oblohy a k rekonstrukci obrazu je potřeba dostat sekvenci snímků pro otočení teleskopu o 180 stupňů. 40

Když se zaznamená série obrazů sledovaných objektů nebo části oblohy při více různých úhlech natočení objektivu 1 nebo celého teleskopu kolem optické osy, lze pomocí počítače 3 zrekonstruovat obraz s maximálním úhlovým rozlišením, tj., úhel  $\delta$  bude minimální. Z tohoto důvodu je 45 tedy potřeba napojit zařízení 2 pro digitální snímání k počítači 3 a současně přesně snímat úhel natočení objektivu a/nebo teleskopu kolem optické osy a pozici objektu. Kromě úhlu natočení se sledují také všechny ostatní parametry, jako jsou souřadnice, čas, polohy objektu či nastavení montáže, což je dnes standardní pro jakákoli pozorování.

50 Teoreticky je samozřejmě možné při astronomických pozorováních v některých případech s výhodou použít rotaci oblohy kolem pólu místo vlastní rotace objektivu nebo teleskopu kolem optické osy. To znamená, že při pozorování části oblohy dochází díky rotaci Země k rotaci obrazu a tato rotace může nahradit otáčení systému kolem optické osy.

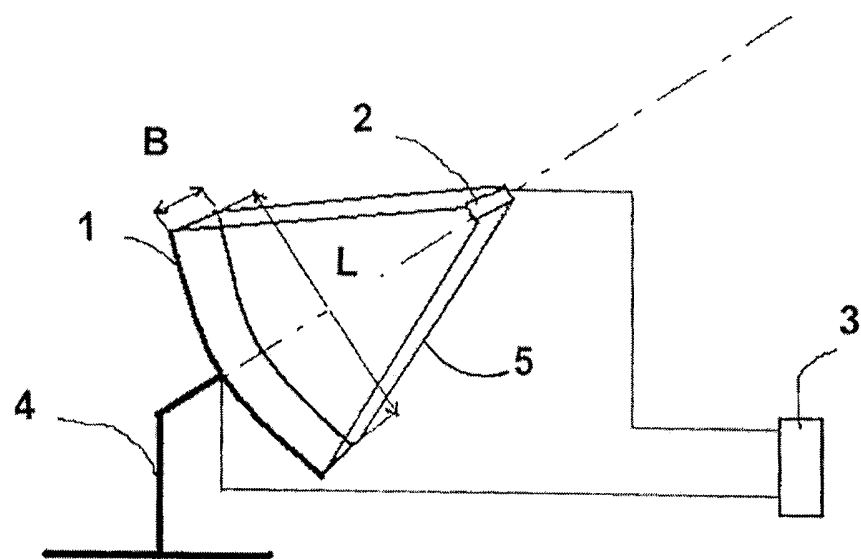
Průmyslová využitelnost

Uvedený teleskopický systém lze s výhodou využít například v astronomii, kdy umožní nahlížet hlouběji do vesmíru, rozlišit planetární systémy, umožní umístění na oběžné dráze kolem Země přístroje pro špionážní sledování, dálkový průzkum Země, záchranné akce při katastrofách, radioastronomická pozorování atd. V podstatě lze říci, že tímto systémem lze nahradit většinu používaných teleskopických systémů.

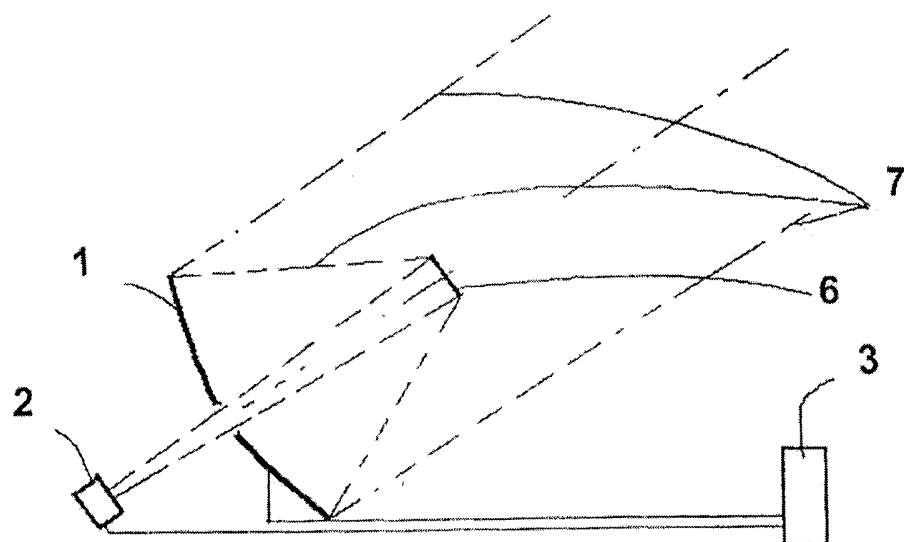
## PATENTOVÉ NÁROKY

1. Teleskopický systém tvořený objektivem, upevněným na nosné konstrukci (4) umožňující azimutální nebo paralaktické nastavení, a zařízením (2) pro digitální snímání obrazu propojeným s počítačem (3), **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že objektiv (1) je tvořen odražečem elektromagnetického záření, který je podél jedné osy přímkový a podél druhé osy vydutý a jehož průmět do roviny kolmé k optické ose objektivu (1) je pravoúhelníkový a kde objektiv (1) a/nebo celý teleskopický systém je na nosné konstrukci (4) uložen otočně kolem osy vydutí, přičemž zařízení (2) pro digitální snímání obrazu je umístěno v obrazové rovině teleskopického systému.
2. Teleskopický systém podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že odražeč elektromagnetického záření je podél druhé osy vydutý ve tvaru paraboly.
3. Teleskopický systém podle nároku 1 nebo 2, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že průmět odražeče elektromagnetického záření do roviny kolmé k optické ose objektivu (1) je obdélníkový a tento odražeč je přímkový podle své kratší osy a vydutý respektive parabolický podle své delší osy.
4. Teleskopický systém podle nároku 1 nebo 2, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že průmět odražeče elektromagnetického záření do roviny kolmé k optické ose objektivu (1) je čtvercový.
5. Teleskopický systém podle kteréhokoli z nároků 1 až 4, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že pro optická pozorování je odražeč elektromagnetického záření tvořen zrcadlem.
6. Teleskopický systém podle kteréhokoli z nároků 1 až 4, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že pro radiová pozorování je odražeč elektromagnetického záření tvořen kovovou sítí s oky podstatně menšími než vlnová délka záření.
7. Teleskopický systém podle kteréhokoli z nároků 1 až 6, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že do optického systému je vloženo zrcátko (6).
8. Teleskopický systém podle nároku 7, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že zrcátko (6) je rovinné.
9. Teleskopický systém podle nároku 7, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že zrcátko (6) je vypuklé.
10. Teleskopický systém podle nároku 7, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že zrcátko (6) je tvořeno odražečem elektromagnetického záření, který je podél jedné osy přímkový a podél druhé osy vydutý a jehož přímková osa je kolmá k přímkové ose objektivu.

1 výkres



OBR.1



OBR.2

Konec dokumentu