

# PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

## 310 311

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

**G01J 3/04** (2006.01)  
**G01N 21/55** (2014.01)  
**G01M 11/02** (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2022-204**  
(22) Přihlášeno: **16.06.2021**  
(30) Právo přednosti:  
**16.06.2021 CZ PCT/CZ 2021/000026**  
(40) Zveřejněno: **07.12.2022**  
**(Věstník č. 49/2022)**  
(47) Uděleno: **02.01.2025**  
(24) Oznámení o udělení ve věstníku:  
**12.02.2025**  
**(Věstník č. 7/2025)**  
(86) PCT číslo: **PCT/CZ 2021/000026**

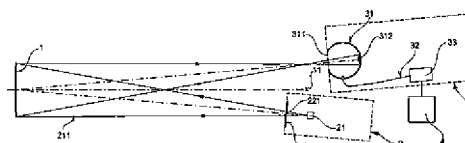
(56) Relevantní dokumenty:  
CN 107037007 A; JP 2011154047 A.

(73) Majitel patentu:  
Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, CZ

(72) Původce:  
Mgr. Miroslav Pech, Ph.D., Velká Bystřice, CZ  
Mgr. Dušan Mandát, Ph.D., Kokory, CZ  
prof. RNDr. Miroslav Hrabovský, DrSc., Olomouc,  
Slavonín, CZ  
RNDr. Petr Schovánek, Lipník nad Bečvou, Lipník  
nad Bečvou I-Město, CZ  
Mgr. Martin Vacula, Opava, Předměstí, CZ  
Mgr. Stanislav Michal, Přerov, Přerov I-Město, CZ  
RNDr. Miroslav Palatka, Olomouc, Nemilany, CZ  
RNDr. Pavel Horváth, Ph.D., Olomouc, Nová  
Ulice, CZ  
Ing. Ladislav Chytka, Ph.D., Kokory, CZ

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

vstupním otvorem (311) integrační koule (31).  
Fotodetektořem (33) je spektrofotometr a světelný zdroj  
(21) je širokospektrální.



(54) Název vynálezu:  
**Zařízení pro měření spektrální odrazivosti  
zrcadlových ploch, zejména konkávních  
sférických**

(57) Anotace:  
Zařízení pro měření spektrální odrazivosti zrcadlových  
ploch, zejména konkávních sférických, s využitím  
světelného zdroje a referenčního měření, obsahuje  
vzájemně přestavitelné osvětlovací blok (2) a detekční  
blok (3), který je tvořený dutou integrační koulí (31)  
opatřenou na části svého povrchu vstupním otvorem  
(311) a napojenou na fotodetektor (33) propojený s  
řídícím a vyhodnocovacím počítačem (4), jehož podstata  
spočívá v tom, že osvětlovací blok (2) a detekční blok (3)  
jsou instalovány poblíž středu (11) křivosti měřené  
zrcadlové plochy (1). Osvětlovací blok (2) je tvořen  
světelným zdrojem (21) a omezovačem (22) svazku  
opatřeným průchozím otvorem (221) a proti vstupnímu  
otvoru (311) je na protilehlé části vnitřního povrchu  
integrační koule (31) vymezena dopadová plocha (312)  
pro měření charakteristiky záření světelného svazku (211)  
iniciovaného ve světelném zdroji (21) a procházejícího  
průchozím otvorem (221) omezovače (22) svazku a

CZ 310311 B6

## Zařízení pro měření spektrální odrazivosti zrcadlových ploch, zejména konkávních sférických

### 5 Oblast techniky

Vynález spadá do oblasti měřicí techniky v optice, je především určen pro výrobu a kontrolu optických zrcadlových ploch. Vynález se týká zařízení pro měření spektrální odrazivosti zrcadlových ploch, zejména konkávních sférických.

10

### Dosavadní stav techniky

V řetězci výrobního procesu optických elementů má měření optických parametrů stěžejní roli z důvodu garance kvality a garance funkčnosti výsledného optického prvku. Dále se výsledky měření používají jako zpětná vazba pro výrobní proces. Jeden z nejdůležitějších parametrů optického prvku, zejména zrcadel, je jeho odrazivost pro dané vlnové délky světla. Odrazivost se v principu měří tak, že se stanoví jakou spektrální charakteristiku má dopadající světlo na měřený prvek a jakou spektrální charakteristiku má světlo odražené od měřeného prvku a z těchto veličin se určí odrazivost plochy. V určení těchto dvou veličin se liší metody měření odrazivosti. Odrazivost se dá měřit pro jednu vlnovou délku, nebo pro určitý spektrální rozsah.

15

20

25

V současné době se pro kvantifikaci spektrální odrazivosti optických ploch zejména používá referenční vzorek, se kterým se měřená plocha srovnává. Tento referenční vzorek má dvě hlavní nevýhody. Používáním se vzorek opotřebovává, a tím mění svoje vlastnosti, a je nutné ho pravidelně přeměřit v certifikované laboratoři. Příklad tohoto měření je například popsán v publikaci „*Reflectometers for Absolute and Relative Reflectance Measurements in the Mid-IR Region at Vacuum*, Jinhwa Gene, *Sensors 2021*, 21(4), 1169“ dostupné na „<https://doi.org/10.3390/s21041169>“.

30

35

Dále se používají metody s principiálně omezenou velikostí světelného svazku, kde se měří odrazivost v omezené ploše, která má průměr v řádu milimetrů. Pro měření celých velkých ploch je nutné toto měření vícekrát opakovat, a proto je měření zdlouhavé a náročné. Tyto přístroje zpravidla umožňují měřit pouze rovinné vzorky nebo vzorky s malými odchylkami od rovinnosti a umožňují vložit do zařízení vzorky s omezenými rozměry. Tato metoda je popsána například v publikaci „*Measurements of angle-resolved spectral reflectance by Perkin Elmer Lambda 900 spectrophotometer Conference Paper in Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering, August 2002*“, dostupné na „<http://dx.doi.org/10.1117/12.531032>“, nebo na „<http://www.perkinelmer.com/product/lambda-850-uv-vis-spectrophotometer-l850>“.

40

45

50

55

Měření odrazivosti, spektrální odrazivosti a měření zrcadlových ploch je rovněž popsáno v několika patentech, jejichž příkladem jsou spisy JP 2002328103 (INSTRUMENT AND METHOD FOR MEASURING REFLECTIVITY FOR DETERMINING REFLECTIVITY IN SELECTED MEASURING PORTION OF SPECTRUM-DEPENDENT REFLECTIVE MEASURING OBJECT), kde je popisováno bodové měření spektrální reflektivity malého rovinného vzorku, nebo JPH 10148572 A (SPECTRAL REFLECTIVITY MEASUREMENT DEVICE), kde se používá referenčního měření a v referenční větvi se využije referenční vzorek, který zavádí nejistotu měření. Ve spise JPH 10239154 A (REFLECTIVITY METER) se používá referenčního vzorku se známou spektrální odrazivostí a ta se porovnává se spektrální odrazivostí měřeného vzorku, přičemž měřená plocha je velmi malá a pro měření se upotřebí úzký kolimovaný svazek světla. Ve spise JPH 10111240 A (APPARATUS FOR MEASURING SPECTRAL REFLECTANCE) se pomocí speciální optické soustavy měří spektrální odrazivost v několika bodech najednou, a to tak, že se fotí odražené spektrum pomocí CCD kamery. Ve spise US 2002071118 A1 (DEVICE FOR MEASUREMENT OF THE SPECTRAL REFLECTANCE AND PROCESS FOR MEASUREMENT OF THE SPECTRAL REFLECTANCE) je popsáno

zařízení a metoda měření spektrální odrazivosti konkávní optické plochy, ale pouze lokálně na jednom bodu optické plochy pomocí úzkého svazku světla, a ve spise JPH 1090063 A (SPECTRAL REFLECTANCE MEASURING EQUIPMENT) je popsána metoda, která umožňuje pouze bodové měření spektrální odrazivosti a navíc se používá referenční vzorek. Ve spise CN 105203048 A (MEASURING SYSTEM AND METHOD FOR RADIUS OF CURVATURE) je uvedena metoda využívající také středu křivosti sférického zrcadla, ale pouze pro měření poloměru křivosti těchto sférických konkávních zrcadel. Dále je známo zařízení podle spisu CN 107037007 A, obsahující pomocné zařízení používající referenční vzorek a kolimovaný svazek světla, tedy svazek s paralelními světelnými paprsky, takže měřená plocha musí být srovnatelná s velikostí kolimační optiky vysílací části a velikostí integrační koule v přijímací části.

Kolimovaný svazek musí dopadat i do integrační koule, z čehož plyne, že referenční vzorek nesmí výrazně měnit parametry svazku, takže musí být rovinný. Také je známo zařízení popsané ve spise JP 2011154047 A sloužící pro měření absolutní odrazivosti, a to bez referenčního vzorku. Zařízení uvedené v tomto dokumentu používá rovněž kolimovaný svazek světla, takže měřená plocha musí být srovnatelná s velikostí kolimační optiky vysílací části a velikostí plochy integrační koule v přijímací části.

Úkolem předkládaného vynálezu je představit nové zařízení pro měření spektrální odrazivosti, zejména velkých konkávních sférických zrcadlových ploch, které nepoužívají referenční vzorek a naměří efektivní spektrální odrazivost celého prvku, tedy plochy zrcadla, protože pro praktické použití optických prvků je zajímavá především efektivní odrazivost celé jeho optické plochy.

#### 25 Podstata vynálezu

Stanoveného cíle je dosaženo vynálezem, kterým je zařízení pro měření spektrální odrazivosti zrcadlových ploch, zejména konkávních sférických, s využitím světelného zdroje a referenčního měření a obsahující vzájemně přestavitelné osvětlovací blok a detekční blok, který je tvořený dutou integrační koulí opatřenou na části svého povrchu vstupním otvorem a napojenou na fotodetektor propojený s řídicím a vyhodnocovacím počítačem, jehož podstata spočívá v tom, že osvětlovací blok a detekční blok jsou instalovány poblíž středu křivosti měřené zrcadlové plochy, přičemž jednak osvětlovací blok je tvořen světelným zdrojem a omezovačem svazku opatřeným průchozím otvorem a jednak je proti vstupnímu otvoru na protilehlé části vnitřního povrchu integrační koule vymezena dopadová plocha pro měření charakteristiky záření světelného svazku iniciovaného ve světelném zdroji a procházejícího průchozím otvorem omezovače svazku a vstupním otvorem integrační koule, přičemž fotodetektor je tvořen spektrofotometrem a světelný zdroj je širokospektrální.

40 Ve výhodném provedení je integrační koule propojena s fotodetektorem optickým vláknem.

Vynálezem se dosahuje nového a vyššího účinku v tom, že je možné změřit spektrální průběh odrazivosti konkávního zrcadla, a to celé plochy najednou. Princip této metody se nemění ani při měření velkých zrcadlových ploch. Použitý způsob je absolutní, není potřeba využívat referenčního vzorku, který zavádí do měření další zdroj nejistot. Navíc zařízení nepoužívá kolimovaný svazek světla, ale používá divergentní světelný svazek, čímž umožňuje měřit objekty téměř libovolných a neomezených rozměrů s jediným přístrojem, což je výhodné zejména pro velké zakřivené plochy, a to sférické a konvexní. Způsob měření není díky použití integrační koule citlivý na přesnou justáž sestavy. Důležitým členem sestavy je omezovač svazku v osvětlovací části, který zajistí, že světelný svazek osvítil pouze zrcadlovou plochu. Velikost a tvar průchozího otvoru omezovače a vzdálenost od světelného zdroje jsou měnitelné, přičemž změnou těchto parametrů se mění rozbíhavost světelného svazku. Tvar otvoru omezovače určuje velikost a tvar osvětlené (měřené) oblasti na zrcadlové ploše, tj. pokud bude zrcadlo obdélníkové (kruhové), tvar otvoru bude taky obdélníkový (kruhový). Není tedy nutné měřit velké množství

bodů, ale v jednom měření se charakterizuje reflektivita celé zrcadlové plochy nejednou, čímž se výrazně zjednoduší a zkrátí doba měření. Metoda využívá středu křivosti sférického zrcadla, který má tu vlastnost, že paprsek světla vycházející z tohoto bodu se po odrazu od kulové plochy do tohoto bodu zase vrátí. Tohoto jevu se dá s výhodou využít i v mimoosové variantě. Další důležitý člen sestavy je integrační koule, která zaznamená, tj. detekuje, celý svazek záření vstupující vstupním otvorem do koule a část tohoto záření pošle do detekční elektroniky.

### Objasnění výkresů

Konkrétní příklad provedení vynálezu je schematicky znázorněn na připojených výkresech, kde:

– obr.1 je schéma zařízení s uspořádáním jeho jednotlivých členů při referenčním měření, a

– obr.2 je schéma zařízení s uspořádáním jeho jednotlivých členů při vlastním měření odraznosti optické plochy.

Výkresy, které znázorňují představovaný vynález a následně popsané příklady konkrétních provedení v žádném případě neomezují rozsah ochrany uvedený v definici, ale jen objasňují podstatu vynálezu.

### Příklady uskutečnění vynálezu

Zařízení pro měření spektrální odrazivosti konkávních sférických zrcadlových ploch 1 sestává v základním provedení z osvětlovacího bloku 2 a z detekčního bloku 3, které jsou instalovány poblíž středu 11 křivosti měřené zrcadlové plochy 1. Osvětlovací blok 2 je tvořen světelným zdrojem 21 a omezovačem 22 svazku. Detekční blok 3 je tvořen dutou integrační koulí 31, která je optickým vláknem 32 propojena s fotodetektořem 33 realizovaným ve formě spektrofotometru. Fotodetektor 33 je propojen s řídicím a vyhodnocovacím počítačem 4. Integrační koule 31 je opatřena na části svého povrchu vstupním otvorem 311, proti němuž je na protilehlé části vnitřního povrchu integrační koule 31 vymezena dopadová plocha 312 pro měření charakteristiky záření světelného svazku 211, který je iniciovaný ve světelném zdroji 21 a ořezaný průchozím otvorem 221 omezovače 22 svazku.

Způsob měření na výše popsaném zařízení probíhá v podstatě ve třech krocích a sestává z referenčního měření, z vlastního měření spektrální charakteristiky světla po odrazu na měřené ploše a z výpočtů spektrální odrazivosti měřené zrcadlové plochy 1. Při referenčním měření znázorněném na obr. 1 se osvětlovací blok 2 nainstaluje tak, že se omezovač 22 ustaví před vstupní otvor 311 integrační koule 31 a ze světelného zdroje 21 je přes průchozí otvor 221 omezovače 22 světelným svazkem 211 osvětlována pouze dopadová plocha 312 vnitřního povrchu integrační koule 31.

Pomocí fotodetektoru 33, který je připojený optickým vláknem 32 k integrační kouli 31 se změří odezva dopadajícího světelného svazku 211 v detekční části detekčního bloku 3 a výsledek je zaznamenán ve vyhodnocovacím programu počítače 4.

Následně se funkční členy osvětlovacího bloku 2 a detekčního bloku 3 nastaví podle obr. 2 tak, že světelný svazek 211 osvětluje přes průchozí otvor 221 omezovače 22 pouze zrcadlovou plochu 1. Integrační koule 31 se nainstaluje tak, aby její vstupní otvor 311 byl orientován proti zrcadlové ploše 1 tak, aby se odražený světelný svazek 211 po odrazu od zrcadlové plochy 1 koncentroval na stejnou dopadovou plochu 312 zadní části vnitřního povrchu integrační koule 31. Pokud je toto splněno, fotodetektor 33 změří spektrální odezvu odraženého světelného svazku 211 v detekčním bloku 3 a výsledek je opět zaznamenán ve vyhodnocovacím programu v počítači 4.

V posledním kroku měření se v počítači 4 vyhodnotí data z referenčního a vlastního měření a vypočítá se odrazivost zrcadlové plochy 1. Tím je celý proces měření ukončen.

5 Popsané provedení sestavy měřicího zařízení není jediným možným řešením podle vynálezu. V detekčním bloku 3 může být vynecháno optické vlákno 32 a fotodetektor 33 může být integrovaný přímo na integrační kouli 31.

10 V popsané základní sestavě se musí použít širokospektrální světelný zdroj 21, který pokrývá všechny požadované vlnové délky světla, které se mají proměřit, pak je nutné použít fotodetektor 33 ve formě spektrofotometru. Lze uvažovat i o verzi, kde se proměřuje pouze jedna vlnová délka světla, pak v detekčním bloku 3 lze použít fotodetektor 33 typu např. fotodiody nebo fotonásobiče, když tento fotodetektor 33 musí být citlivý pro danou vlnovou délku měřeného světla.

15 Měřená zrcadlová plocha 1 nemusí být přesně sférická, metoda umožňuje měřit i zrcadla s poměrně velkou odchylkou od ideálního sférického tvaru. Lze měřit i další tvary, které umožňují zobrazení z bodu do bodu, tedy měřená plocha z reálného předmětu v konečné vzdálenosti vytváří reálný obraz v konečné vzdálenosti.

20

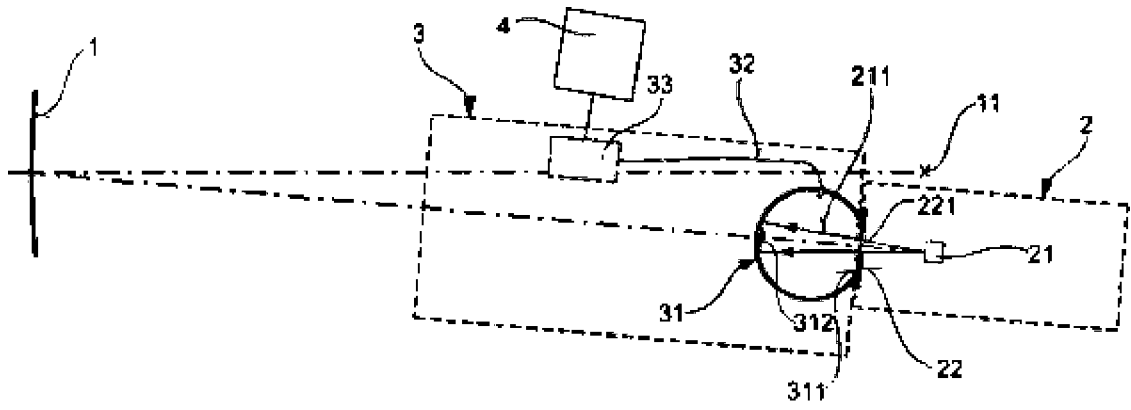
#### Průmyslová využitelnost

25 Spektrální měřicí sestava pro měření konkávních sférických zrcadlových ploch podle vynálezu je určena zejména pro měření absolutní spektrální odrazivosti optických ploch, což je nejdůležitější optický parametr zrcadlových optických členů. Využívat se tedy může při povýrobním ověření a certifikaci kvality zrcadlových ploch a také v rutinní kontrole kvality a opotřebení zrcadlových ploch.

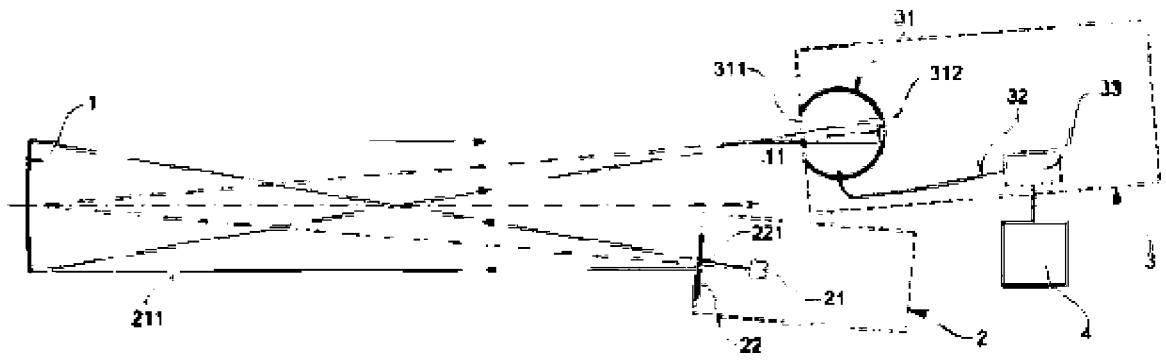
## PATENTOVÉ NÁROKY

- 5 1. Zařízení pro měření spektrální odrazivosti zrcadlových ploch, zejména konkávních sférických, s využitím světelného zdroje a referenčního měření a obsahující vzájemně přestavitelné osvětlovací blok (2) a detekční blok (3), který je tvořený dutou integrační koulí (31) opatřenou na části svého  
10 povrchu vstupním otvorem (311) a napojenou na fotodetektor (33) propojený s řídicím a vyhodnocovacím počítačem (4), **vyznačující se tím**, že osvětlovací blok (2) a detekční blok (3) jsou instalovány poblíž středu (11) křivosti měřené zrcadlové plochy (1), přičemž osvětlovací blok (2) je tvořen světelným zdrojem (21) a omezovačem (22) svazku opatřeným průchozím otvorem (221) a proti vstupnímu otvoru (311) je na protilehlé části vnitřního povrchu integrační koule (31) vymezena dopadová plocha (312) pro měření charakteristiky záření světelného svazku (211) iniciovaného ve světelném zdroji (21) a procházejícího průchozím otvorem (221) omezovače (22) svazku a vstupním otvorem (311) integrační koule (31), přičemž fotodetektorem (33) je spektrofotometr a světelný zdroj (21) je širokospektrální.
- 15 2. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že integrační koule (31) je propojena s fotodetektorem (33) optickým vláknem (32).

2 výkresy



Obr. 1



Obr. 2