

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

36 737

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

G01J 3/28 (2006.01)

G01B 11/30 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2022-40479**
(22) Přihlášeno: **15.11.2022**
(47) Zapsáno: **12.01.2023**

(73) Majitel:
Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR,
v.v.i., Praha 9, Prosek, CZ

(72) Původce:
Ing. Jaroslav Valach, Ph.D., Praha 8, Ďáblice, CZ
Ing. Karel Juliš, Praha 9, Prosek, CZ
Ing. Pavel Beneš, Telč, Telč-Štěpnice, CZ

(74) Zástupce:
PatentCentrum Sedlák & Partners s.r.o., Okružní
2824, 370 01 České Budějovice, České Budějovice
3

(54) Název užitného vzoru:
**Zařízení pro hyperspektrální skenování
reliéfních 3D povrchů**

CZ 36737 U1

Zařízení pro hyperspektrální skenování reliéfních 3D povrchů

Oblast techniky

5

Technické řešení se týká zařízení pro hyperspektrální skenování, při kterém se zaznamenávají optické vlastnosti skenovaného povrchu, zejména odrazivost, pro světlo vlnových délek i mimo okem viditelné barevné spektrum, tzn. od UV vlnových délek až po IR vlnové délky.

10

Dosavadní stav techniky

Hyperspektrální dokumentace objektů zaznamenává optické vlastnosti – odrazivost – na velkém množství vlnových pásem – od vlnových délek UV záření, přes viditelné světlo, až po IR záření. Tím se nabízí komplexnější poznání skenovaných objektů překonávající běžný záznam trojkomponentní (RGB) digitální fotografie.

Jedním z důvodů zájmu o tento způsob záznamu je skutečnost, že reflektanční spektra látek se rozpoznatelně liší, ačkoli jejich barva vnímána lidským okem nebo digitální fotografií se může shodovat. Tato nepopiratelná výhoda je základem atraktivity hyperspektrálního zobrazování pro uměnovědné obory a ochranu kulturního dědictví.

Užitečnost hyperspektrálního záznamu byla již před delší dobou rozpoznána výzkumnými týmy v oblasti spektroskopie, ale i komerčními výrobci, a proto jsou na trhu dostupná řešení různého druhu. Obvykle se jedná o šterbinová skenovací zařízení, ale existují i jiná řešení např. US 2013/214162 (A1).

Společným jmenovatelem pro stávající zařízení k hyperspektrálnímu skenování je obvykle to, že spoléhají na denní světlo, nebo mají vlastní zdroj světla, tento přístup ale snižuje reprodukovatelnost výsledků, do kterých se promítá i vystínování předmětů dané jeho topografií.

Další společnou vlastností těchto známých zařízení je předpoklad plochého objektu. Tento předpoklad nemusí být vždy splněn, například u polychromovaných reliéfních děl nebo pastózních texturovaných maleb, či keramických stěpů, díky kterým do záznamu hyperspektrálního skenování vstupuje třetí rozměr – výška povrchu v každém jeho bodě.

Úkolem technického řešení je vytvoření zařízení pro hyperspektrální skenování, které by umožňovalo skenovat kromě rovných povrchů i členité povrchy vykazující 3D reliéf a to s reprodukovatelnými výsledky a prostorovou lokalizací.

40

Podstata technického řešení

Vytčený úkol je vyřešen vytvořením zařízení pro hyperspektrální skenování reliéfních 3D povrchů podle níže uvedeného technického řešení.

45

Zařízení pro hyperspektrální skenování reliéfních 3D povrchů je sestaveno z polohovacího stolku pro unášení reflektanční měřicí sondy ve směrech os x, y, z kartézského systému souřadnic. Polohovací stůl umožňuje provádět jemné posuny pro sběr velice přesných dat měření.

50

Dalšími součástmi zařízení jsou alespoň jeden zdroj světla pro osvětlování skenovaného objektu a spektrometr, jenž je vybavený alespoň jednou měřicí reflektanční sondou pro detekci odraženého světla směřujícího od skenovaného objektu. Zdroj světla osvětluje skenovaný objekt, aby jeho povrch světlo charakteristicky odrazil, a toto odražené světlo mohl detekovat spektrometr pomocí k němu připojené reflektanční měřicí sondy.

55

Poslední známou součástí zařízení je řídicí počítač s datovým úložištěm pro archivaci výsledků měření a pro uložení alespoň jednoho softwarového modulu, přičemž je řídicí počítač komunikačně připojený ke spektrometru pro sběr dat ze spektrometru, a rovněž k polohovacímu stolku pro jeho ovládání.

Podstata technického řešení spočívá v tom, že zařízení zahrnuje alespoň jednu kameru, která je vybavená senzorem pro záznam vzdálenosti mezi sebou samým a všemi předměty spadajícími do jeho úhlu záběru, a která je komunikačně připojená k řídicímu počítači. Tento typ kamery se v odborných kruzích charakterizuje anglickou zkratkou „TOF“, jenž vychází ze slovního spojení („time of flight“). Současně je podstatné to, že datové úložiště řídicího počítače obsahuje uživatelský softwarový modul a rekonstrukční softwarový modul.

Doplnění zařízení o „TOF“ kameru umožňuje před hyperspektrálním skenováním vytvořit prostorovou mapu 3D reliéfního povrchu. Toho je dosaženo v rekonstrukčním softwarovém modulu, který spojuje černobílý obraz skenovaného objektu zaznamenaný pomocí kamery s topografií skenovaného objektu rovněž zaznamenanou pomocí kamery. Současně uživatelský softwarový modul umožňuje přes řídicí počítač uživateli pracovat s topografickou mapou, přičemž uživatel naplánuje hyperspektrální skenování, které posléze řídicí počítač ovládáním součástí zařízení vykoná. Díky archivaci dat, zejména plánu skenování zadaného uživatelem, je možné skenování reprodukovat.

V rozšířeném výhodném provedení zařízení podle technického řešení je polohovací stůlek elektronicky připojen k pákovému ovladači pro manuální řízení chodu polohovacího stolku. Mnohdy je pro uživatele intuitivnější ovládat polohovací stůlek přes pákový ovladač při plánování skenování, zejména při prvním plánování skenování, než přes řídicí počítač.

Praktické pokusy ukázaly, že je velice výhodné, pokud zdroj světla zahrnuje halogenové světlo a rtuťovou výbojku. Bylo potvrzeno, že pro potřeby hyperspektrálního skenování emituje rtuťová výbojka podstatnou část UV spektra, zatímco halogenové světlo emituje světlo ve viditelném spektru a IR spektru.

Je výhodné, pokud je kamera upevněna k výškově nastavitelnému stativu, neboť tím je možné přibližovat a oddalovat objektiv kamery od skenovaného objektu nad rámec optiky objektivu kamery, a tím dosáhnout toho, aby obrazové pole kamery zachycovalo celý objekt a to s nejvyšším možným prostorovým rozlišením.

S výhodou může datové úložiště obsahovat vyhodnocovací softwarový modul, který umožní přímo na řídicím počítači uživateli vyhodnotit data nasbíraná v průběhu hyperspektrálního skenování.

Mezi výhody technického řešení patří umožnění hyperspektrálně skenovat i nerovné povrchy skenovaných objektů a vytvářet kombinovaná topograficko-spektrální data objektu, případně je navazujícím měřením při stejné poloze objektu doplňovat díky reprodukovatelnosti polohování sondy.

Objasnění výkresů

Uvedené technické řešení bude blíže objasněno na následujících vyobrazeních, kde obr. 1 prezentuje schematické vyobrazení zařízení pro hyperspektrální skenování reliéfních 3D povrchů.

Příklad uskutečnění technického řešení

Rozumí se, že dále popsané a zobrazené konkrétní případy uskutečnění technického řešení jsou představovány pro ilustraci, nikoliv jako omezení technického řešení na uvedené příklady.
 5 Odborníci znalí stavu techniky najdou nebo budou schopni zajistit za použití rutinního experimentování větší či menší počet ekvivalentů ke specifickým uskutečněním technického řešení, která jsou zde popsána.

Na obr. 1 je schematicky znázorněno zařízení pro hyperspektrální skenování reliéfních
 10 3D povrchů. Vyobrazený příklad uskutečnění zařízení vyobrazuje variantu, ve které polohovací stolec 1 unáší reflektanční měřicí sondu 4, zatímco skenovaný objekt je nehybně položen na referenční rovině.

Odborník je schopen uvedené technické znaky prohodit, aby polohovací stolec 1 v nevyobrazeném
 15 příkladu uskutečnění technického řešení unášel skenovaný objekt. Tato varianta přichází v úvahu, pokud je skenovaný objekt miniaturních rozměrů, zatímco první uvedená a znázorněná varianta uskutečnění technického řešení je vhodná pro skenované objekty větší velikosti.

Polohovací stolec 1 je na obr. 1 tvořen na sebe kolmými lineárními vedeními, tento polohovací
 20 mechanismus je odborníkům znám např. z 3D tiskáren, z plotrů pro velkoformátový tisk, z obráběcích strojů, atp. Posun v jednotlivých směrech je realizován pomocí krokových motorů a jimi poháněných šroubovic, nebo řemenic. Chod krokových motorů je řízen buď z řídicího počítače 5, nebo z pákového ovladače 7. Pákový ovladač 7 usnadňuje uživateli navádění reflektanční měřicí sondy 4 vůči skenovanému objektu.

Zdroj 2 světla musí emitovat světlo v širokém spektru vlnových délek, tzn. od UV spektra po IR
 25 spektrum. K tomu mohou sloužit klasické odporové žárovky, LED světla s luminofory, výbojky, zářivky, atp. V rámci zkoušek se osvědčilo halogenové světlo a rtuťová výbojka.

Dalším součástí zařízení je spektrometr 3 s měřicí reflektanční sondou 4. Spektrometr 3 je
 30 elektronické zařízení, jehož na světlo citlivý čip dokáže analyzovat na něj dopadající světlo různých vlnových délek. Světlo je do spektrometru 3 zachytáváno reflektanční měřicí sondou 4, která je optickými vlákny připojena na vstup spektrometru 3. Spektrometr 3 pro hyperspektrální skenování musí být opatřen moduly UV-VIS (citlivost na UV a viditelné světlo), a NIR (citlivost na infračervené světlo).

Reflektanční měřicí sonda 4 je v podstatě vytvořená jako stylus, který je upevněn na polohovacím
 40 stolku 1, přičemž špička reflektanční měřicí sondy 4 se polohovacím stolcem 1 zaměřuje na oblasti zájmu povrchu skenovaného objektu.

Další důležitou součástí zařízení je řídicí počítač 5, jehož úkolem je ovládat chod elektronických
 45 součástí zařízení, zejména spektrometru 3 a polohovacího stolku 1. Řídicí počítač 5 nejenom řídí chod komponentů zařízení, ale rovněž archivuje na svém datovém úložišti data ze skenování. Řídicí počítač 5 je např. stolní počítač, nebo notebook, takže je současně vybaven uživatelským rozhraním, jako je displej, klávesnice a eventuálně i myš. Uživatel může pracovat se zařízením přímo přes řídicí počítač 5.

Datové úložiště kromě dat ze skenování dále nese softwarové moduly, které obsahují instrukce
 50 a metody řízení činnosti komponentů zařízení. O softwarových modulech bude rozepsáno více informací níže v textu.

Komponentem, který odlišuje technické řešení od ostatních známých hyperspektrálních skenerů,
 55 je kamera 6 se senzorem pro záznam vzdálenosti mezi sebou samým a všemi předměty spadajícími do jeho úhlu záběru, tzv. „TOF“ kamera (time of flight). Tato kamera 6 kromě obrazu zaznamenává vzdálenost mezi svým senzorem a snímaným bodem v prostoru, takže z jejího záznamu je možné

vytvořit kormě klasického snímku také prostorovou mapu, tzn. i reliéfní model 3D povrchu. Kamera 6 je upevněna ke stativu 8, který umožňuje nastavit výšku objektivu kamery 6 od referenční roviny na které se nachází skenovaný objekt.

- 5 Zařízení pracuje způsobem, že se nejprve na referenční rovinu se umístí skenovaný objekt, načež „TOF“ kamera 6 zaznamená topografii skenovaného objektu a jeho černobílý obraz. Posléze se topografie skenovaného objektu propojí s černobílým vizuálním obrazem pomocí rekonstrukčního softwarového modulu.
- 10 V dalším postupovém kroku nad tímto kombinovaným prostorovým obrazem skenovaného objektu uživatel vybírá přes řídicí počítač 5 za pomoci uživatelského modulu body, linie a plochy pro hyperspektrální měření, zatímco u lineárních a plošných skenovaných objektů uživatel stanovuje hustotu/krok měření.
- 15 Na výše uvedený postupový krok navazuje další postupový krok, v rámci kterého zařízení samočinně provede v požadovaných místech záznam reflektančních spekter polohováním reflektanční měřicí sondy 4 a řízením činnosti spektrometru 3.

- 20 Jako poslední následuje vyhodnocení záznamu a získání výsledků ve vizuálně přístupné podobě. To může být realizováno na externím zařízení, nebo přímo na řídicím počítači 5, pokud je opatřen vyhodnocovacím softwarovým modulem.

- 25 Uživatelský softwarový modul obsahuje pro řídicí počítač 5 instrukce, aby na jeho displeji vytvořil pro uživatele srozumitelné prostředí, ve kterém uživatel může nastavovat práci zařízení, dále pracovat se zaznamenanými obrazy skenovaného objektu, včetně naplánování hyperspektrálního měření.

- 30 Rekonstrukční softwarový modul obsahuje algoritmy a programy řídicího počítače 5 pro automatické zkombinování záznamu topografie skenovaného objektu s klasickou černobílou fotografií. Výsledný kombinovaný obraz je posléze prezentován uživateli řídicím počítačem 5, přičemž výsledek rekonstrukce je řídicím počítačem 5 kdykoliv reprodukovatelný.

- 35 Vyhodnocovací softwarový modul obsahuje pro řídicí počítač 5 programové instrukce, díky kterým řídicí počítač 5 dokáže pro skenovaný objekt vyhodnotit výsledky hyperspektrálního skenování, a to od základního přiřazení rozklíčovaných dat, po pokročilou interpretaci informací získaných z naměřených dat, jež je posléze poskytnuta uživateli ve srozumitelné formě.

Průmyslová využitelnost

- 40 Zařízení pro hyperspektrální skenování reliéfních 3D povrchů podle technického řešení nalezne uplatnění zejména v uměnovědných oborech a v ochraně kulturního dědictví.

NÁROKY NA OCHRANU

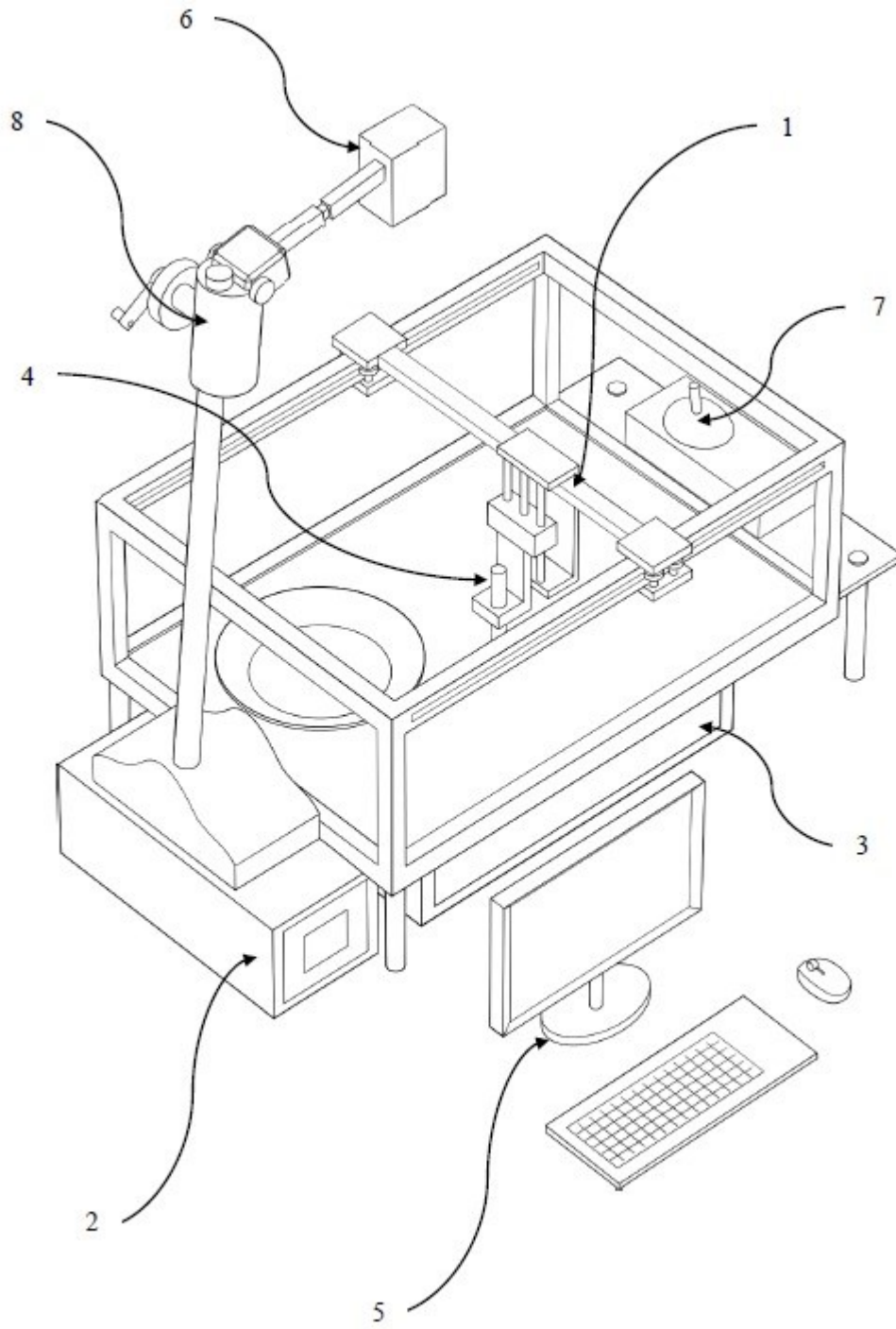
- 5 1. Zařízení pro hyperspektrální skenování reliéfních 3D povrchů zahrnující polohovací stolec (1) pro unášení měřicí reflektanční sondy (4) ve směrech os x, y, z kartézského systému souřadnic, dále alespoň jeden zdroj (2) světla pro osvětlování skenovaného objektu, dále spektrometr (3) vybavený alespoň jednou měřicí reflektanční sondou (4) pro detekci odraženého světla směřujícího od skenovaného objektu, dále řídicí počítač (5) s datovým úložištěm pro archivaci výsledků měření a pro uložení alespoň jednoho softwarového modulu, přičemž je řídicí počítač (5) komunikačně
10 připojený ke spektrometru (3) pro sběr dat ze spektrometru (3), a který je rovněž komunikačně připojený k polohovacímu stolku (1) pro jeho ovládání, **vyznačující se tím**, že zařízení dále zahrnuje alespoň jednu kameru (6) se senzorem pro záznam vzdálenosti mezi sebou samým a všemi předměty spadajícími do jeho úhlu záběru, komunikačně připojenou k řídicímu počítači (5), a současně datové úložiště řídicího počítače (5) obsahuje uživatelský softwarový modul a rekonstrukční softwarový modul.
- 15 2. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že polohovací stolec (1) je elektronicky připojen k pákovému ovladači (7) pro manuální řízení chodu polohovacího stolku (1).
3. Zařízení podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že zdroj (2) světla zahrnuje halogenové světlo a rtuťovou výbojku.
- 20 4. Zařízení podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že kamera (6) je upevněna k výškově nastavitelnému stativu (8).
5. Zařízení podle některého z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že datové úložiště obsahuje vyhodnocovací softwarový modul.

1 výkres

25

Seznam vztahových značek:

- 1 polohovací stolec
- 2 zdroj světla
- 3 spektrometr
- 4 měřicí reflektanční sonda
- 5 řídicí počítač
- 6 kamera
- 7 pákový ovladač
- 8 stativ



Obr. 1