

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **05.03.2013**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **02.01.2014**
(Věstník č. 1/2014)

(21) Číslo dokumentu:

2013-164

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:
G01P 13/00 (2006.01)

(71) Přihlašovatel:

Univerzita Palackého, Olomouc, CZ

(72) Původce:

Horváth Pavel RNDr. Ph.D., Olomouc, CZ

Šmíd Petr RNDr. Ph.D., Olomouc, CZ

Hrabovský Miroslav Prof. RNDr. DrSc., Olomouc, CZ

Stanke Ladislav Mgr., Havířov - Podlesí, CZ

(74) Zástupce:

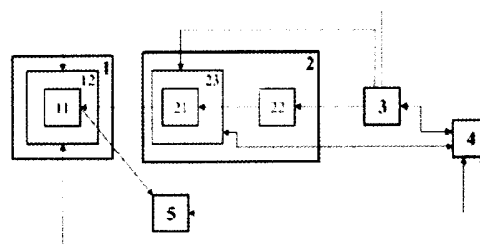
Ing. Petr Soukup, Vídeňská 8, Olomouc, 77200

(54) Název přihlášky vynálezu:

Způsob bezkontaktní detekce absolutní polohy pohybujícího se předmětu s využitím jevu koherenční zrnitosti a zařízení k provádění tohoto způsobu

(57) Anotace:

Způsob bezkontaktní detekce absolutní polohy otáčejícího se nebo posunujícího se předmětu s využitím jevu koherenční zrnitosti, kdy sledovaný objekt (11) je osvětlován svazkem koherentního nebo kvazikoherentního záření ze zdroje (22) záření, pracujícího ve viditelné, blízké infračervené nebo blízké ultrafialové, oblasti spektra. Podstata řešení spočívá v tom, že nejprve, ve fázi kalibrace, je pole koherenční zrnitosti generované zkoumaným otáčejícím se nebo posunujícím se objektem (11) pro každou polohu jeho otočení nebo posunutí zaznamenáváno na obrazový snímáček (5) spolu s informací o velikosti otočení nebo posunutí, když tyto informace jsou ukládány do paměti snímáče (5) či řídícího a vyhodnocovacího systému (4) zaznamenávajícího změnu polí koherenční zrnitosti. Následně, ve fázi měření a vyhodnocování detekce polohy otočení nebo posunutí předmětu, je zaznamenané pole koherenční zrnitosti pro neznámou polohu zkoumaného objektu (11) porovnáváno se snímky polí koherenčních zrnitosti uloženými během kalibrace a jsou identifikovány kalibrační a měřicí výstupní snímky s vysoce korelovanými záznamy polí koherenčních zrnitosti, kterým odpovídá vždy jedna konkrétní poloha otočení nebo posunutí zkoumaného předmětu.





- 1 -

Způsob bezkontaktní detekce absolutní polohy pohybujícího se předmětu s využitím jevu koherenční zrnitosti a zařízení k provádění tohoto způsobu.

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu bezkontaktní detekce absolutní polohy pohybujícího se předmětu s využitím jevu koherenční zrnitosti v optice, vznikajícího při odrazu koherentního nebo částečně koherentního světla od povrchu zkoumaného předmětu, a zařízení k provádění tohoto způsobu.

Dosavadní stav techniky

Řešení problematiky bezkontaktní detekce polohy pohybujícího se předmětu v optice zaznamenala během svého vývoje dvě důležité etapy. První etapa je spojena s metodou holografické interferometrie a svého vrcholu dosáhla v sedmdesátých letech 20. století. Jednalo se především o práci *"On direct measurements of strain and rotation in holographic interferometry using the line of complete localization"* (Dubas, M., Schumann, W. Opt. Acta, 22 (10), 1975, str. 807), ve které byl stanoven tenzor deformace na povrchu předmětu a tedy také popsány jeho složky otočení a složky posunutí. Obecná metoda navržená v této práci však, kromě běžných postupů známých z holografické interferometrie, vyžadovala velmi přesnou lokalizaci interferenčních proužků. Přesnost lokalizace byla přitom rozhodujícím ukazatelem pro vyhodnocení otočení a posunutí povrchu zkoumaného předmětu.

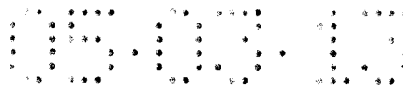
Další etapa je již spojena s fenoménem koherenční zrnitosti, jehož základní vlastnosti a možný aplikační potenciál jsou zdařile popsány v publikacích *"Laser Speckle and Application in Optics"* (Francon, M., Academic Press, New York, 1979) a *"Laser speckle and related phenomena"* (Ed. by Dainty, J. C., Springer-Verlag, Berlin, 1984). Metody založené na tomto jevu zaznamenaly prudký rozvoj v polovině sedmdesátých let 20. století. V literatuře můžeme nalézt mnoho způsobů, jak měřit



relativní otočení nebo relativní posunutí předmětu užitím jevu koherenční zrnitosti. Jedná se především o metodu fotografickou a korelační.

Ve fotografii na bázi koherenční zrnitosti popsané v článcích "*Displacement Measurement from Double-exposure Laser Photographs*" (Archbold, E., Ennos, A. E., Opt. Acta 19, 1972, str. 253) a "*A study of the use of laser speckle to measure small tilts of optically rough surfaces accurately*" (Tiziani, H. J. Opt. Commun., 5, 1972, str. 271) jsou nejprve dvě struktury koherenční zrnitosti navzájem posunuté ve směru ortogonálním ke směru pozorování, vlivem malého otočení předmětu okolo osy ležící v rovině jeho povrchu, nebo malého posunutí předmětu v rovině jeho povrchu, zaznamenány dvojexpozicí do vrstvy světlocitlivého materiálu. Po jejím vyvolání a osvětlení pak směr a velikost relativního otočení nebo relativního posunutí zkoumaného předmětu plyne z analýzy směru a periody interferenčních proužků v oblasti Fourierovy transformace. Vyhodnocení otočení předmětu je v tomto případě analogické detekci sklonu povrchu předmětu. Důležitou roli pro stanovení rozlišovací schopnosti metody představuje také velikost zrn ve struktuře koherenční zrnitosti. Posuv pole koherenční zrnitosti odpovídající vykonanému otočení nebo posunutí předmětu musí být větší než je rozměr samotných zrn. Vývoj moderních optoelektronických komponent, především maticových snímačů, pak vedl od poloviny devadesátých let 20. století k digitální modifikaci výše zmíněné metody, viz například článek "*Some Recent Advances in Electronic Speckle Photography*" (Sjödahl, M. Opt. Lasers Eng., 29 (2-3), 1998, str. 125).

Metoda korelační nevyžaduje omezující podmínku na velikost zrn ve struktuře koherenční zrnitosti a rovněž nepracuje s interferenčními proužky. Je založena na statistickém přístupu, jak je uvedeno v článcích "*Speckle displacement and decorrelation in the diffraction and image fields for small object deformation*" (Yamaguchi, I. Opt. Acta, 28 (10), 1981, str. 1359) a "*Laser speckle rotary encoder*" (Yamaguchi, I., Fujita, T. Appl. Opt., 28 (20), 1989, str. 4401) nebo v monografii "*Koherenční zrnitost v optice*" (Hrabovský, M., Bača, Z., Horváth, P., Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 2001). Poloha maxima funkce vzájemné korelace struktur koherenčních zrnitostí zaznamenaných světlocitlivým obrazovým snímačem před a po otočení nebo posunutí předmětu generujícího pole koherenční zrnitosti



poskytuje informaci o velikosti relativního posunutí tohoto pole. Z posuvu pole lze následně určit i požadovanou informaci o relativní změně stavu, například otočení nebo posunutí povrchu zkoumaného předmětu. Tato problematika je všeobecně známá.

Ze spisu CZ 295817 je rovněž známo zařízení pro bezkontaktní snímání stability polohy předmětu, které řeší využití obráceného efektu jevu koherenční zrnitosti pouze k registraci změny polohy předmětu, avšak bez možnosti jejího přesného kvantifikovaného, tedy číselného, vyhodnocení. Dále ve spise CZ 302107 je popsáno zařízení pro kvantitativní vyhodnocování pohybu lidského oka či obecných fyzických objektů, tedy dynamického chování všech složek tzv. tenzoru malé deformace elementu povrchu zkoumaného objektu. U tohoto zařízení je nutné při vyhodnocování stanovit konkrétní složku otočení nebo posunutí tenzoru malé deformace dle odvozeného modelu měření uvedeného, například, v publikacích *"Theory of speckle displacement and decorrelation and its application in mechanics"* (Hrabovský, M., Bača, Z., Horváth, P., Opt. Lasers Eng. 32 (4), 2000, str. 395) a *"Full theory of speckle displacement and decorrelation in the image field by wave and geometrical description and its application in mechanics"* (Horváth, P., Hrabovský, M., Šmíd, P. J. Mod. Opt., 51 (5), 2004, str. 725).

Snahou předkládaného vynálezu je navrhnout takový způsob bezkontaktní detekce absolutní polohy pohybujícího se předmětu s využitím jevu koherenční zrnitosti v optice, kdy sledovaný objekt je osvětlován svazkem koherentního nebo kvazikoherentního záření ze zdroje záření, pracujícího ve viditelné, blízké infračervené nebo blízké ultrafialové, oblasti spektra, přičemž součástí vynálezu je i zařízení k provádění tohoto způsobu. Předkládaným vynálezem je umožněna registrace změny polohy předmětu s možností jejího přesného kvantifikovaného, tedy číselného, vyhodnocení, přičemž není nutné při vyhodnocování stanovit konkrétní složku otočení nebo posunutí tenzoru malé deformace dle odvozeného modelu měření, neboť hledaná hodnota složky otočení nebo posunutí se neurčuje pomocí odvozeného modelu měření, tj. z funkční závislosti mezi detekovaným posuvem pole koherenční zrnitosti a odpovídající velikostí složky relativního otočení nebo relativního posunutí předmětu pro dané geometrické parametry experimentální sestavy.

Podstata vynálezu

Uvedeného cíle je dosaženo vynálezem, kterým je způsob bezkontaktní detekce absolutní polohy pohybujícího se předmětu s využitím jevu koherenční zrnitosti, kdy sledovaný objekt je osvětlován svazkem koherentního nebo kvazikoherentního záření ze zdroje záření, pracujícího ve viditelné, blízké infračervené nebo blízké ultrafialové, oblasti spektra, kde podstata řešení spočívá v tom, že nejprve, ve fázi kalibrace, je pole koherenční zrnitosti generované zkoumaným otáčejícím se nebo posunujícím se objektem pro každou polohu jeho otočení nebo posunutí zaznamenáváno na obrazový snímač spolu s informací o velikosti otočení nebo posunutí, když tyto informace jsou ukládány do paměti snímače či řídicího a vyhodnocovacího systému zaznamenávajícího změnu polí koherenční zrnitosti, a následně, ve fázi měření a vyhodnocování detekce polohy otočení nebo posunutí předmětu, je zaznamenané pole koherenční zrnitosti pro neznámou polohu zkoumaného objektu porovnáváno se snímky polí koherenčních zrnitostí uloženými během kalibrace a jsou identifikovány kalibrační a měřicí výstupní snímky s vysoce korelovanými záznamy polí koherenčních zrnitostí, kterým odpovídá vždy jedna konkrétní poloha otočení nebo posunutí zkoumaného předmětu.

Také je podstatou vynálezu zařízení pro bezkontaktní detekci absolutní polohy pohybujícího se předmětu s využitím jevu koherenční zrnitosti obsahující osvětlovací blok sestávající jednak ze zdroje záření pracujícího ve viditelné, blízké infračervené nebo blízké ultrafialové, oblasti spektra, a jednak z osvětlovací optické soustavy polohovatelně ustavené v motorickém posuvném systému, který je uložen mezi objektem a vlastním zdrojem záření a je napojen na řídicí a vyhodnocovací systém, přičemž zdroj záření, motorický posuvný systém a řídicí a vyhodnocovací systém jsou napojeny na napájecí zdroj a ve zvolené rovině pozorování objektu je umístěn obrazový snímač napojený na řídicí a vyhodnocovací systém, kde objekt je umístěn na otočném a posuvném členu tvořícím s objektem jeden segment pro kalibraci a následnou detekci absolutní polohy objektu, přičemž otočný a posuvný člen je napájen zdrojem elektrického napětí a je propojen s řídicím a vyhodnocovacím systémem.



- 5 -

Také je výhodné, když mezi objekt sledovaného segmentu a obrazový snímač je vložena zobrazovací optická soustava.

Způsobem podle vynálezu se dosahuje nového a vyššího účinku v tom, že pro přesnou kvantifikaci polohy otočení nebo posunutí zkoumaného předmětu již není nutné znát hodnoty geometrických parametrů experimentální sestavy. Požadovaná informace se získá pouze statistickým, korelačním, porovnáváním zaznamenaného snímku pole koherenční zrnitosti při měření se snímky polí koherenčních zrnitostí zaznamenaných při kalibraci, přičemž přesná kvantifikace polohy otočení nebo posunutí zkoumaného předmětu je absolutní.

Objasnění výkresů

Konkrétní příklady provedení vynálezu jsou schématicky znázorněny na připojených výkresech, kde

obr.1 je blokové schéma základního provedení zařízení se zkoumaným objektem, který je umístěn na otočném a posuvném členu tvořícím s objektem jeden segment,

obr.2 je blokové schéma zařízení v alternativním provedení,

obr.3 je příklad výstupů vzájemné korelace intenzitních signálů ve struktuře polí koherenčních zrnitostí, kde mezi všemi intenzitními signály jsou identifikovány dva vysoce korelované signály kalibrační a měřicí a bylo nalezeno korelační maximum,

obr.4 je příklad výstupů vzájemné korelace intenzitních signálů ve struktuře polí koherenčních zrnitostí, kde všechny intenzitní signály kalibrační a měřicí jsou identifikovány jako rozdílné a nebylo nalezeno korelační maximum.

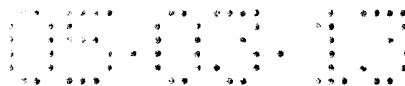
Výkresy, které znázorňují představovaný vynález, a následně popsané příklady konkrétních provedení v žádném případě neomezují rozsah ochrany uvedený v definici, ale jen objasňují podstatu vynálezu.

Příklady uskutečnění vynálezu

V základním provedení podle obr. 1 je objekt 11 umístěn na otočném a posuvném členu 12 tak, že otočný a posuvný člen 12 vytváří se snímaným objektem 11 jeden pohybující se segment 1 zajišťující řízenou kalibraci zařízení pro následnou detekci absolutní polohy objektu 11. Zařízení pro bezkontaktní snímání pohybu objektu 11 je pro osvětlování objektu 11 koherentním nebo kvazikoherentním zářením tvořeno osvětlovacím blokem 2 sestávajícím jednak z vlastního zdroje 22 záření, realizovaného například laserem nebo laserovou diodou, pracujícím ve viditelné, blízké infračervené nebo blízké ultrafialové, oblasti spektra, a jednak z osvětlovací optické soustavy 21 polohovatelně ustavené v motorickém posuvném systému 23. Motorický posuvný systém je uložen mezi zkoumaným objektem 11 a vlastním zdrojem 22 záření a je napojen na řídicí a vyhodnocovací systém 4 tvořený například počítačovým systémem. Otočný a posuvný člen 12, zdroj 22 záření, motorický posuvný systém 23 a řídicí a vyhodnocovací systém 4 jsou napojeny na napájecí zdroj 3 pracující buď autonomně, nebo je ovládán z řídicího a vyhodnocovacího systému 4. Ve zvolené rovině pozorování objektu 11 je umístěn obrazový snímač 5, například maticový nebo lineární snímač na bázi technologií CCD (Charged Coupled Device) nebo CMOS (Complementary Metal Oxid Semiconductor), který je rovněž napojen na řídicí a vyhodnocovací systém 4.

Popsané zařízení uvedené na obr. 1 není jediným možným provedením podle vynálezu, ale jak plyne z obr. 2, lze pro zvýšení citlivosti sledování změn pohybu vložit mezi sledovaný segment 1 a obrazový snímač 5 zobrazovací optickou soustavu 6, například spojnou čočku, rozptylnou čočku nebo zobrazovací objektiv. Pokud je užito více obrazových snímačů 5, je možno vkládat odpovídající počet zobrazovacích optických soustav 6.

Při detekci absolutní polohy osvětleného otáčejícího se nebo posunujícího se zkoumaného objektu 11 je nejprve, ve fázi kalibrace, pole koherenční zrnitosti generované tímto objektem zaznamenáno na obrazový snímač 5 a uloženo do jeho paměti nebo do paměti řídicího a vyhodnocovacího systému 4, a to pro každou polohu objektu 11 ve zvoleném rozsahu pohybu otočného a posuvného členu 12.



- 7 -

nastaveného z řídicího a vyhodnocovacího systému 4. Následně, ve fázi měření a vyhodnocení detekce polohy otočení nebo posunutí objektu 11, je pro jeho konkrétní neznámou polohu zaznamenané pole koherenční zrnitosti porovnáváno se snímky polí koherenčních zrnitostí zaznamenaných při kalibraci. Pokud je poloha objektu při měření shodná s polohou při kalibraci, jsou identifikovány dva vysoce korelované intenzitní signály, měřicí a kalibrační, jak je příkladně uvedeno na obr. 3. V případě, že je neznámá poloha objektu 11 mimo kalibrační polohu, nejsou mezi měřicím intenzitním signálem a intenzitními signály kalibračními identifikovány žádné dva vysoce korelované signály, jak je příkladně uvedeno na obr. 4.

Průmyslová využitelnost

Způsob a zařízení podle vynálezu lze využít v případě požadavku na bezkontaktní detekci absolutní polohy pohybujícího se předmětu v celém rozsahu jeho pohybu, což je výhodné zejména v průmyslových a vědeckých aplikacích.

PATENTOVÉ NÁROKY

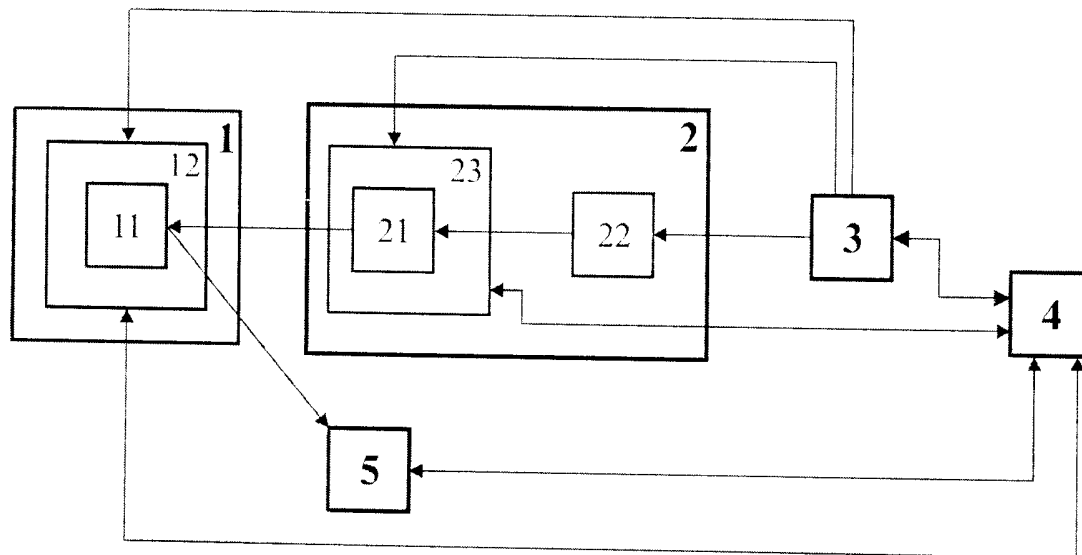
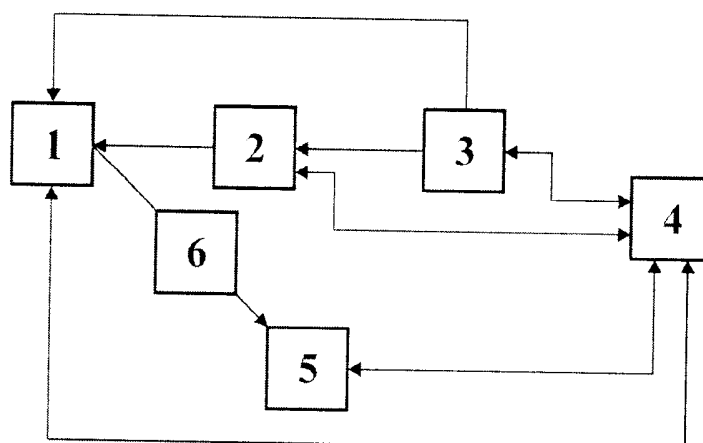
1. Způsob bezkontaktní detekce absolutní polohy otáčejícího se nebo posunujícího se předmětu s využitím jevu koherenční zrnitosti, kdy sledovaný objekt (11) je osvětlován svazkem koherentního nebo kvazikoherentního záření ze zdroje (22) záření, pracujícího ve viditelné, blízké infračervené nebo blízké ultrafialové, oblasti spektra, **vyznačující se tím**, že nejprve, ve fázi kalibrace, je pole koherenční zrnitosti generované zkoumaným otáčejícím se nebo posunujícím se objektem (11) pro každou polohu jeho otočení nebo posunutí zaznamenáváno na obrazový snímač (5) spolu s informací o velikosti otočení nebo posunutí, když tyto informace jsou ukládány do paměti snímače (5) či řídicího a vyhodnocovacího systému (4) zaznamenávajícího změnu polí koherenční zrnitosti, a následně, ve fázi měření a vyhodnocování detekce polohy otočení nebo posunutí předmětu, je zaznamenané pole koherenční zrnitosti pro neznámou polohu zkoumaného objektu (11) porovnáváno se snímky polí koherenčních zrnitostí uloženými během kalibrace a jsou identifikovány kalibrační a měřicí výstupní snímky s vysoce korelovanými záznamy polí koherenčních zrnitostí, kterým odpovídá vždy jedna konkrétní poloha otočení nebo posunutí zkoumaného předmětu.
2. Zařízení pro bezkontaktní detekci absolutní polohy pohybujícího se předmětu s využitím jevu koherenční zrnitost obsahující osvětlovací blok (2) sestávající jednak ze zdroje (22) záření pracujícího ve viditelné, blízké infračervené nebo blízké ultrafialové, oblasti spektra, a jednak z osvětlovací optické soustavy (21) polohovatelně ustavené v motorickém posuvném systému (23), který je uložen mezi objektem (11) a vlastním zdrojem (22) záření a je napojen na řídicí a vyhodnocovací systém (4), přičemž zdroj (22) záření, motorický posuvný systém (23) a řídicí a vyhodnocovací systém (4) jsou napojeny na napájecí zdroj (3) a ve zvolené rovině pozorování objektu (11) je umístěn obrazový snímač (5) napojený na řídicí a vyhodnocovací systém (4), **vyznačující se tím**, že objekt (11) je umístěn na otočném a posuvném členu (12) tvořícím s objektem jeden segment (1) pro kalibraci a následnou detekci absolutní polohy objektu (11), přičemž otočný

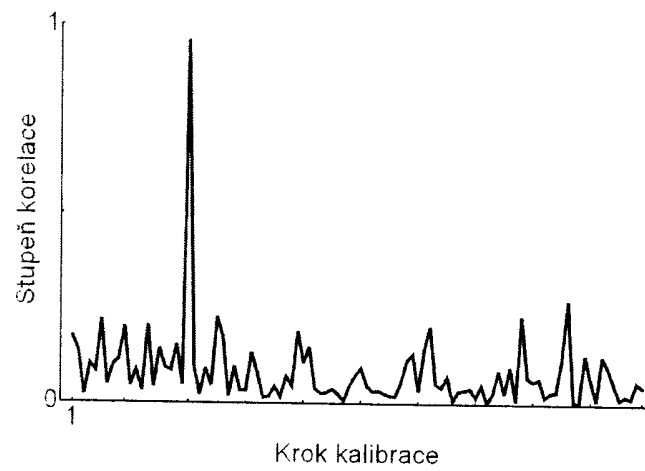
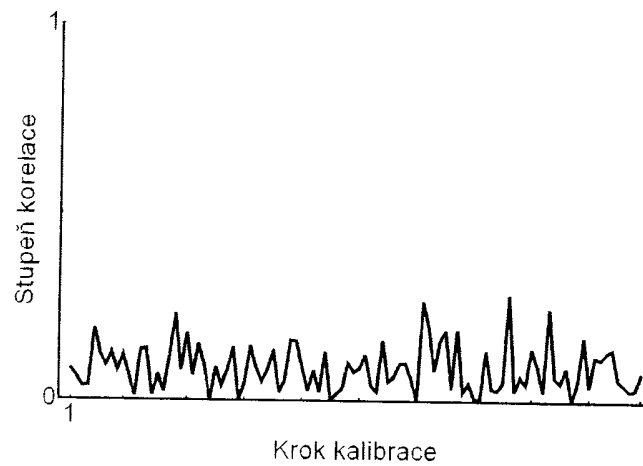


- 9 -

a posuvný člen (12) je napájen zdrojem elektrického napětí (3) a je propojen s řídicím a vyhodnocovacím systémem (4).

3. Zařízení podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že mezi objekt (11) sledovaného segmentu (1) a obrazový snímač (5) je vložena zobrazovací optická soustava (6).

**OBR. 1****OBR. 2**

**OBR. 3****OBR. 4**