

PATENTOVÝ SPIS

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2002-3313**
(22) Přihlášeno: **04.10.2002**
(40) Zveřejněno: **12.05.2004**
(Věstník č. 5/2004)
(47) Uděleno: **27.11.2006**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **03.01.2007**
(Věstník č. 1/2007)

(11) Číslo dokumentu:

297 523

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:
G01J 3/32 (2006.01)

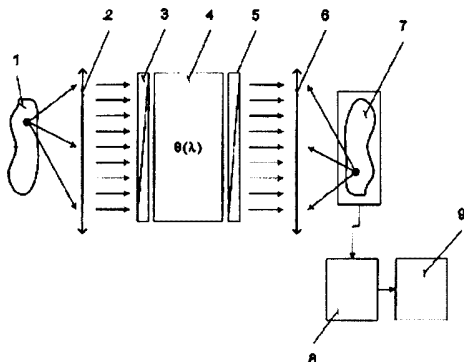
(56) Relevantní dokumenty:
US 6373569; CZ 288303; CZ 96 3225.

(73) Majitel patentu:
VEČEŘ Jaroslav, Velké Přílepy, CZ
HEŘMAN Petr, Praha, CZ

(72) Původce:
Večeř Jaroslav, Velké Přílepy, CZ
Heřman Petr, Praha, CZ

(54) Název vynálezu:
Způsob určení barvy světla

(57) Anotace:
Nový způsob přiřazení pseudobarvy elektromagnetického záření využívá fyzikálního jevu disperze optické rotace. Svazek polychromatického lineárně polarizovaného záření prochází prostředím stáječícím rovinu polarizace jeho spektrálních komponent o úhel $\theta(\lambda)$ v závislosti na vlnové délce λ . Po následném průchodu analyzátozem, jehož směr propustnosti svírá s rovinou polarizace analyzovaného záření o intenzitě I_0 úhel ϕ , je změřena intenzita světla I . Z poměru I/I_0 je pomocí kalibrační funkce určena barva záření. V zařízeních pracujících na výše uvedeném principu prochází kolimovaný polarizovaný svazek analyzovaného záření nejdříve optickým elementem vykazujícím disperzi optické rotace, tedy rotátorem (4), dále analyzátozem (5) a je po zobrazení detegován vhodným detektorem (7), který střídavě měří hodnoty I a I_0 dostatečně rychle v čase. Z těchto hodnot je určena barva záření. V případě, že přepínání mezi měřením I a I_0 není pro daný rotátor dostatečně rychlé, je možno měřit referenční intenzitu I_0 samostatným detektorem.



CZ 297523 B6

Způsob určení barvy světla

Oblast techniky

5

Vynález se týká určování barvy polychromatického elektromagnetického záření a tvorby barevného kontrastu pozorovaných objektů v reálném čase.

10 Dosavadní stav techniky

Barva světla je subjektivní veličina, která je dána kvantitativním zastoupením spektrálních komponent záření ve sledovaném spektrálním oboru. Ve viditelné části světelného spektra (400 až 760 nm) je možno barvu každého detegovaného zařízení kvalitativně získat kombinací tří základních spektrálních komponent – červené, zelené a modré. V principu, změříme-li intenzitu světelného paprsku černobílým detektorem přes červený, zelený a modrý filtr, jsme schopni rekonstruovat jeho barvu. Barevná detekce obrazů ve viditelném světelném oboru v reálném čase je v současné době zcela běžnou metodou. Barevné obrazy ve viditelné části světelného spektra je možno snímat v reálném čase barevnými kamerami. Jiná je však situace vně viditelné oblasti spektra elektromagnetického záření (infračervená, UV, popřípadě RTG část spektra), kde komerčně dostupné kamery poskytují pouze intenzitní informaci, tj. černobílé obrazy, a kdy je tudíž spektrální (barevná) informace obsažená v detegovaném záření ztracena.

Pomocí vynálezu je barevného kontrastu pozorovaného obrazu v libovolné části elektromagnetického spektra možno dosáhnout využitím jevu disperze optické rotace. Lineárně polarizované světlo při průchodu vhodným optickým elementem (rotátorem) otáčí rovinu polarizace v závislosti na vlnové délce, a tohoto jevu je využito k určení jeho barvy. Pro účely vizuálního pozorování může být barva záření reprezentována pseudobarvou z viditelné oblasti spektra pro vytvoření barevného kontrastu obrazu snímaného objektu, a to i v reálném čase.

30

Podstata vynálezu

Podstata vynálezu spočívá v navržení nové metody pro určení barvy světla v reálném čase založené na jevu disperze optické rotace. Jedná se o modifikaci metod námi patentovaných v CZ 284282, CZ 288303 a US 6 373 569. Na rozdíl od metod a zařízení popsanych v těchto patentech se nejedná o kvantitativní určení spektrálního složení světla (spektrální analýzu), ale o podstatně zjednodušený způsob kvalitativního rychlého přiřazení barvy detegovanému záření na základě jeho spektrálního složení, které lze s výhodou použít k vytváření barevného kontrastu v reálném čas. Detailní kvantitativní spektrální složení detegovaného záření není a nemůže být touto metodou určeno. Podstatou způsobu určení barvy světla je, že se analyzovaný svazek záření převede na lineárně polarizovaný svazek záření a toto polarizované záření prochází prostředím s disperzí optické rotace (rotátorem), kde dochází k otočení roviny polarizace spektrálních komponent záření v závislosti na jejich vlnové délce, přičemž rozsah této rotace je vhodně zvolen podle intervalu vlnových délek, v němž analýza záření probíhá. Takto vzniklý částečně depolarizovaný svazek záření prochází druhým polarizátorem, tzv. analyzátozem, jehož směr propustnosti svírá s původní rovinou polarizace analyzovaného záření pevně zvolený úhel φ . Záření je tak opět lineárně polarizováno v rovině svírající úhel φ s rovinou polarizace záření před jeho vstupem do rotátoru. Z porovnání intenzit lineárně polarizovaného záření po rotaci a před rotací je možno v reálném čase určit barvu záření. Rotátor může být vyroben např. z některého z opticky aktivních materiálů, např. křemene, může to být magnetooptický rotátor, rotátor na bázi tekutých krystalů, opticky aktivních kapalin apod.

Při určování barvy světla bodového světelného zdroje prochází svazek polarizovaného záření rotátorem a výstupní intenzita světla může být měřena jednokanálovým detektorem.

55

Při určování barvy světla plošného světelného zdroje prochází svazek vhodně kolimovaného polarizovaného záření rotátorem a výstupní intenzita světla je měřena například mnohokanálovým detektorem.

5

Zařízení k provádění uvedeného způsobu sestává z vstupního optického systému, detektoru a vyhodnocovací elektroniky, která může zahrnovat zobrazovací zařízení (zobrazovač).

Jeho podstatou je, že mezi vstupní optický systém a detektor je zařazen polarizátor, rotátor a analyzátor. Velikost optické rotace rotátoru může být pevná nebo modulovatelná vhodným vnějším zásahem, například mechanicky, elektricky, magneticky, apod. Součástí vstupního optického systému může být též filtr vymezující spektrální obor analyzovaného záření, případně depolarizátor sloužící k depolarizaci vstupního záření. Při analýze kolimovaného polarizovaného záření zařízení nemusí obsahovat vstupní kolimační optický systém a polarizátor. Referenční signál analyzovaného záření před rotací je možno získat měřením odštěpené části světelného paprsku před jeho vstupem do rotátoru. K tomu lze s výhodou použít samostatný referenční detektor. Při měření s jedním detektorem lze referenční signál získat rychlým přepínáním rotátoru mezi zvoleným stupněm rotace polarizačních rovin a rotací nulovou. Oba detektory mohou být tvořena různými oblastmi jediného plošného detektoru, např. CCD čipu. Součástí detektorů může být i zesilovač obrazu nebo podobné elektrooptické zařízení. Signály detektorů je možno zpracovávat v reálném čase.

Výhodou nového způsobu určování barvy elektromagnetického záření podle vynálezu je, že pracuje nejen ve viditelné oblasti, kde umožňuje zvýraznit slabý barevný kontrast, ale především se dá při použití vhodného rotátoru aplikovat např. na ultrafialový a infračervený spektrální obor, kde je barevná detekce záření nesnadná nebo nemožná.

Nová metoda využívá pro určení barvy dopadajícího záření vyhodnocení porovnávací funkce $R(I_1, I_2)$ jeho intenzit při dvou zvolených rotacích rovin polarizace svazku. S výhodou lze využít např. poměru $R = R(I, I_0) = I/I_0$, kde I je výstupní intenzita záření při zvolené nenulové rotaci a I_0 je intenzita svazku při rotaci nulové. Tehdy měřený signál obsahuje spektrálně nezávislou celkovou intenzitu detegovaného svazku záření, čehož lze s výhodou využít v zobrazovacích aplikacích. Pro svazek polarizovaného polychromatického světelného záření obsahující spektrální komponenty v intervalu vlnových délek (λ_1, λ_2) je po průchodu rotátorem a analyzátozem v závislosti na zvolené rotaci $\theta(\lambda)$ naměřena výstupní intenzita I ve tvaru:

$$I = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} T(\lambda) I(\lambda) \cos^2 [\theta(\lambda) - \varphi] d\lambda$$

kde $I(\lambda)$ je spektrum analyzovaného záření v intervalu vlnových délek (λ_1, λ_2) , $T(\lambda)$ je transmisní funkce systému daná transmisními vlastnostmi jednotlivých optických komponent, φ je úhel mezi směrem propustnosti analyzátoru a polarizátoru a $\theta(\lambda)$ je úhel rotace roviny polarizace záření o vlnové délce λ po průchodu rotátorem. Pro monotónní závislost funkce $\theta(\lambda)$ na vlnové délce λ má funkce I při daném spektrálním složení analyzovaného záření také monotónní průběh za podmínky, že rozdíl úhlů rotace spektrálních složek s maximální a minimální rotací, tj. složek λ_1 a λ_2 , je menší nebo maximálně roven $\pi/2$. Barva záření potom může být jako subjektivní veličina určena z porovnávací funkce.

45

V zařízení pracujícím na výše uvedeném principu prochází lineárně polarizovaný svazek záření nejdříve rotátorem, kde dochází k otočení roviny polarizace jednotlivých spektrálních komponent záření v závislosti na jejich vlnové délce, dále analyzátozem a dopadá na detektor, kterým je změřena hodnota I . Tato hodnota je elektronicky porovnána s referenčním signálem, je vyhodnocena porovnávací funkce a výsledné hodnotě je přiřazena pseudobarva z viditelné části spektra. Ta může být dále v reálném čase zobrazena zobrazovačem za účelem vizuálního pozorování.

50

Přehled obrázků na výkresech

- 5 Podstata způsobu určování barvy elektromagnetického záření a zařízení k jeho provádění jsou vysvětleny pomocí přiložených výkresů na obr. 1 a 2.

Příklady provedení vynálezu

10

Příklad 1

- 15 Vytvoření barevného kontrastu v reálném čase v libovolném optickém zobrazovacím přístroji (mikroskop, teleskop, ...) s černobílou detekcí v libovolném spektrálním oboru (λ_1, λ_2), pro který existuje vhodný rotátor. Nová metoda je vhodná buď pro zvýraznění slabého barevného kontrastu ve viditelné oblasti spektra, nebo k vytvoření barevného kontrastu v ultrafialové nebo infračervené části spektra.

- 20 V zařízení na obr. 1 je pozorovaný objekt 1 zobrazen vstupním a výstupním optickým systémem 2 a 6 má mnohokanálový detektor 7. Svazek záření vystupující ze vstupního optického systému 2 je lineárně polarizován polarizátorem 3, potom prochází rotátorem 4, kde dochází k otočení roviny polarizace jednotlivých spektrálních komponent záření v závislosti na jejich vlnové délce, a dále analyzátozem 5, a je tak opětovně lineárně polarizován. Tento svazek je potom výstupním
25 optickým systémem 6 zobrazen na detektor 7, kterým je změřena hodnota I v každém bodě obrazu. Tyto hodnoty jsou vyhodnocovány elektronikou 8 porovnány s příslušným referenčním signálem I_0 . Ten je získán měřením intenzit I při takovém nastavení rotátoru, že $\theta(\lambda) = 0$ pro všechna λ . Dále je vyhodnocen poměr $R = I/I_0$ v každém bodě obrazu a výsledným hodnotám jsou přiřazeny pseudobarvy z viditelné části spektra. Ty mohou být v reálném čase zobrazeny
30 zobrazovačem 9.

- Pro obvyklý případ funkce $\theta(\lambda)$ monotónně klesající s vlnovou délkou λ , rozdíl v rotaci okrajových komponent λ_1 a λ_2 analyzovaného spektrálního oboru $\theta(\lambda_1) - \theta(\lambda_2) = \pi/2$ a vhodně zvolený směr propustnosti ϕ analyzátoru 5, je možno nastavit maximální barevný kontrast obrazu tak, že
35 např. body obrazu na vlnové délce λ_1 mají poměr intenzit $I/I_0 = 1$ (rovina polarizace záření o vlnové délce λ_1 po průchodu rotátorem je rovnoběžná se směrem propustnosti analyzátoru), body obrazu na vlnové délce λ_2 hodnotu $I/I_0 = 0$ (rovina polarizace záření o vlnové délce λ_2 je po průchodu rotátorem kolmá ke směru propustnosti analyzátoru) a pro ostatní body obrazu leží poměr R v intervalu (0, 1). Těmto hodnotám je možno přiřadit pseudobarvy podle kalibrační funkce
40 (např. z viditelného spektra od fialové po červenou). Obsahuje-li obraz spektrální komponenty např. z oblasti 650 až 700 nm, potom se při detekci barevnou kamerou jeví celý jako červený s velmi malým barevným kontrastem, neboť barva světla se v uvedeném spektrálním intervalu mění velmi málo. Běžnou barevnou kamerou nelze tento slabý barevný kontrast dostatečně zachytit. Pomocí nové metody se barva struktur obrazu mění v pseudobarvách od fialové (přiřa-
45 zené vlnové délce 650 nm) po červenou (přiřazené vlnové délce 700 nm). Navíc lze detekci uskutečnit monochromní černobílou kamerou.

Příklad 2

50

Existující zařízení pro noční vidění postrádají barevný kontrast, neboť obsahují zesilovač obrazu, který z principu své funkce eliminuje spektrální informaci obsaženou v detegovaném záření. Vynález demonstrováný na obr. 1 umožňuje zkonstruovat přístroj pro noční vidění s barevným kontrastem či barevný zesilovač obrazu při použití detekce černobílou kamerou. Rychlým přepí-

náním optické rotace rotátoru mezi nulovou a optimálně zvolenou hodnotou je možno v reálném čase měřit a vyhodnocovat porovnávací funkci či poměr $R = I/I_0$, a každému bodu obrazu přiřadit pseudobarvu. Tím je generován barevný kontrast pro detegovaný interval vlnových délek (λ_1, λ_2). Pro tento účel je možno použít např. rychlý magnetooptický rotátor modulovaný magnetickým polem.

Příklad 3

Vytváření barevného kontrastu v reálném čase může být prováděno též pomocí zařízení demonstrovaném na obr. 2. Pozorovaný objekt 1 je zobrazen vstupním a výstupním optickým systémem 2 a 6 na mnohokanálový detektor 7. Zároveň je svazek záření vystupující ze vstupního optického systému 2 rozštěpen děličem paprsků 12 a odštěpená část svazku je promítnuta referenčním optickým systémem 10 na referenční mnohokanálový detektor 11, který měří intenzitu svazku I_0 v každém bodě referenčního obrazu. Neodštěpená část svazku prošlá děličem je lineárně polarizována polarizátorem 3, následně prochází rotátorem 4, kde dochází k otočení roviny polarizace jednotlivých spektrálních komponent záření v závislosti na jejich vlnové délce. Dále svazek prochází analyzátozem 5, kterým je opětovně lineárně polarizován. Tento svazek je potom výstupním optickým systémem 6 zobrazen na detektor 7, kterým je změřena hodnota I v každém bodě obrazu. Tato hodnota je vyhodnocovací elektronikou 8 porovnána s příslušnou hodnotou referenčního signálu I_0 z odpovídající oblasti (pixelu) referenčního obrazu. Je vyhodnocen poměr $R = I/I_0$ a výsledné hodnotě je přiřazena pseudobarva z viditelné části spektra. Ta může být dále v reálném čase zobrazena na zobrazovači 9. Konfigurace podle obr. 2 umožňuje velmi rychlou generaci barevného kontrastu, jelikož oba obrazy na detektorech 7 a 11 jsou měřeny současně a parametry rotátoru 4 mohou být pevně nastaveny a není je třeba měnit.

Z principu činnosti zařízení je zřejmé, že polarizátor 3 by mohl být v některých případech umístěn i před děličem paprsků 12, případně by mohl být dělič paprsků 12 a polarizátor 3 nahrazen jediným polarizačním děličem paprsků.

Průmyslová využitelnost

Vynález lze použít všude tam, kde je třeba detegovat barvu záření, případně vytvořit nebo zvýraznit barevný kontrast objektů pozorovaných v ultrafialové, viditelné nebo infračervené části spektra. Může se jednat o objekty vyzařující, absorbující nebo odrážející elektromagnetické záření. Jedná se především o případy, kdy neexistuje nebo nelze použít vhodný spektrálně citlivý detektor, např. barevná CCD kamera. Vynález je možno aplikovat na stacionární objekty nebo při měření v reálném čase. Vynálezu je možno využít pro jednokanálová měření nebo ve spojení s libovolným zobrazovacím zařízením, kde je nebo musí být záření detegováno pomocí monochromního detektoru, např. černobílá CCD kamery. Jedná se o velmi široké pole aplikací ve vědě, astronomii, ekologii, kriminalistice a soudním znalectví, restaurátorství, medicíně, vojenství, umění a zábavě, např. v dosud nedostupné nebo velmi nesnadno realizovatelné barevné fotografii a videu v infračerveném a UV spektrálním oboru, apod. V neposlední řadě je vynálezu možno využít také v mikroskopii nebo v zařízeních využívajících zesilovače obrazu.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob určení barvy světla, **vyznačující se tím**, že se analyzovaný svazek elektromagnetického záření se spektrem $I(\lambda)$ z intervalu vlnových délek (λ_1, λ_2) lineárně polarizuje polarizátorem, poté se tento svazek záření o intenzitě I_0 zavede do rotátoru, který otočí rovinu polarizace jednotlivých spektrálních komponent analyzovaného záření o úhel $\theta(\lambda)$ v závislosti na jejich vlnové délce λ , takto vzniklý částečně depolarizovaný svazek záření se opětovně lineárně polarizuje analyzátozem v rovině svírající úhel φ s původní rovinou polarizace svazku analyzovaného záření před vstupem do rotátoru, načež se změří výstupní intenzita svazku záření I a porovnáním intenzit I_0 a I , s výhodou vypočtením jejich poměru, se určí barva analyzovaného světla pomocí kalibrační křivky.

2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že se místo intenzit I_0 a I porovnávají výstupní intenzity svazku I_1 a I_2 naměřené při dvou různých otočeních roviny polarizace $\theta_1(\lambda)$ a $\theta_2(\lambda)$, čehož je dosaženo dvěma různými nastaveními parametrů rotátoru.

3. Způsob podle nároků 1 a 2, **vyznačující se tím**, že výstupní intenzita svazku analyzovaného záření I je daná vztahem,

$$I = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} T(\lambda) I(\lambda) \cos^2 [\theta(\lambda) - \varphi] d\lambda$$

kde $I(\lambda)$ je spektrum analyzovaného záření v intervalu vlnových délek (λ_1, λ_2) , φ je úhel mezi směrem propustnosti analyzátoru a polarizátoru a $\theta(\lambda)$ je úhel rotace roviny polarizace záření o vlnové délce λ po průchodu opticky aktivním prostředím rotátoru.

4. Způsob podle nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že porovnávané intenzity jsou měřeny současně.

5. Způsob podle nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že porovnávané intenzity nejsou měřeny současně.

6. Způsob podle nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že při určování barvy světla je výstupní intenzita záření měřena jednokanálovým detektorem.

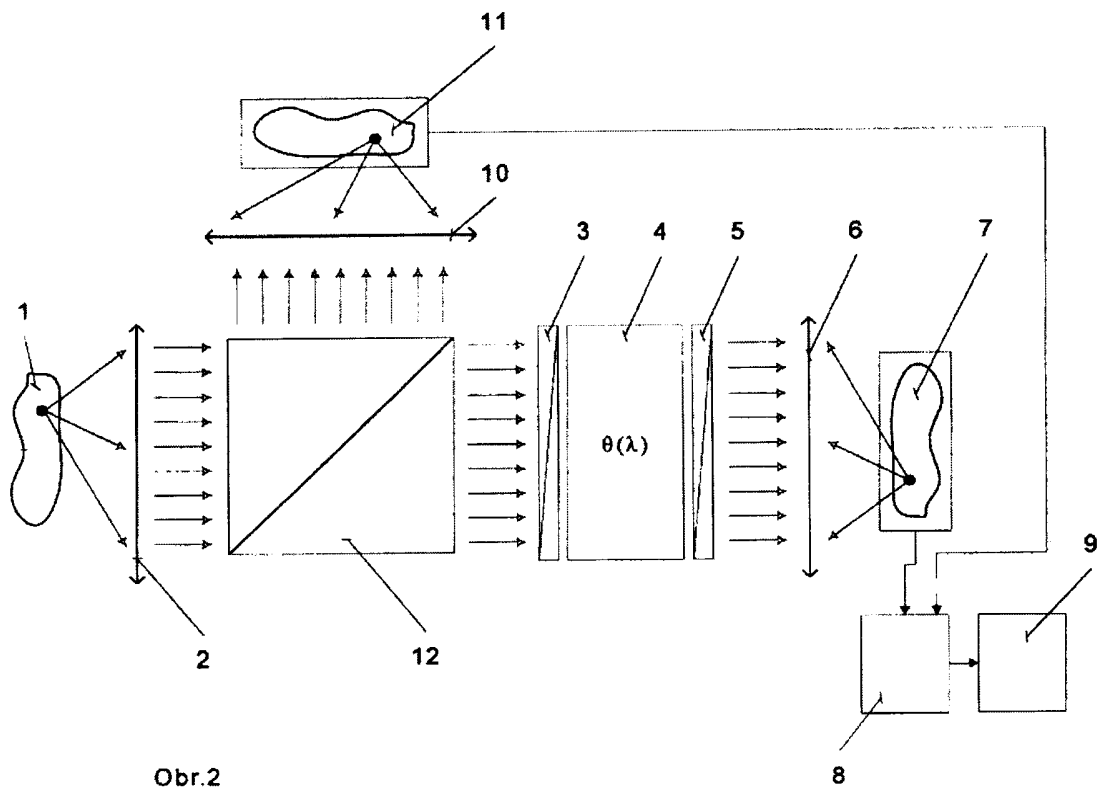
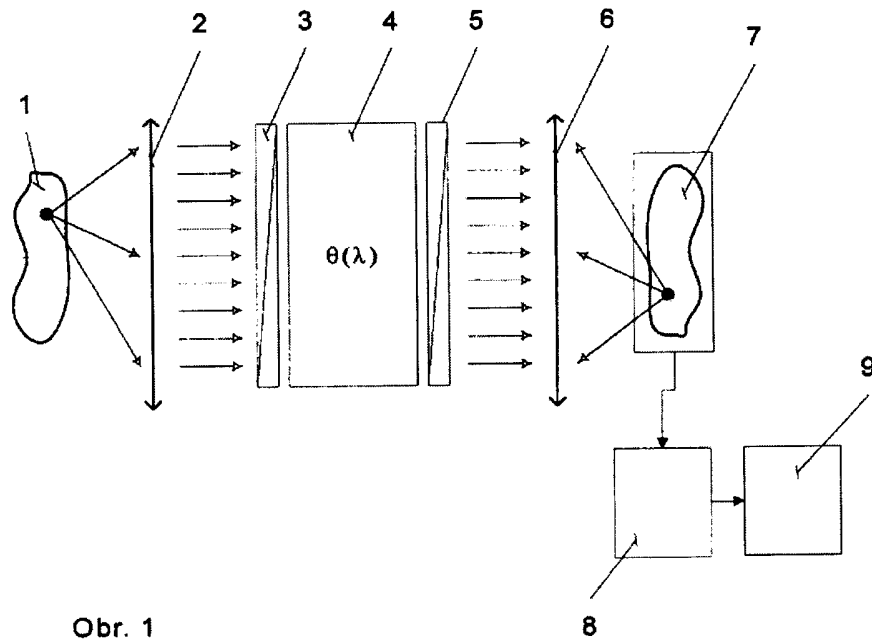
7. Způsob podle nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že při určování barvy světla plošného zdroje světla je výstupní intenzita záření v každém bodě obrazu měřena mnohokanálovým detektorem.

8. Zařízení k provádění způsobů podle nároků 1 až 7 sestávající ze vstupního optického systému (2) a jednokanálového nebo mnohokanálového detektoru (7), **vyznačující se tím**, že mezi vstupní optický systém (2) a detektor (7) je zařazen polarizátor (3), rotátor (4), analyzátor (5) a výstupní optický systém (6).

9. Zařízení podle nároku 8, **vyznačující se tím**, že mezi vstupním optickým systémem (2) a rotátorem (4) je umístěn dělič svazku (12) odštěpující část analyzovaného záření, které po průchodu referenčním optickým systémem (10) dopadá na samostatný referenční detektor (11) a umožňuje tak nezávislé měření referenčního signálu I_0 .

10. Zařízení podle nároku 8, **vyznačující se tím**, že mezi vstupním optickým systémem (2) a rotátorem (4) je umístěn dělič svazku (12) odštěpující část analyzovaného záření, které po průchodu referenčním optickým systémem (10) dopadá na detektor (7) a referenční signál I_0 je tak měřen stejným detektorem (7) jako signál I .

1 výkres



Konec dokumentu