



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

231247

(11)

(B1)

(22) Přihlášeno 25 05 83
(21) (PV 3681-83)

(40) Zveřejněno 15 02 84

(45) Vydáno 15 06 86

(51) Int. Cl.³
H 01 S 3/101,
G 01 B 9/02

(75)

Autor vynálezu

PETRŮ FRANTIŠEK ing. CSc., VESELÁ ZDENKA ing., BRNO

(54) Optická soustava detekční jednotky v laserovém interferometru

Soustava sestává z přibližně nepolarizujícího děliče a polarizujících děličů umístěných v každém z rozdělených svazků světla.

Podstatou soustavy je, že polarizující děliče jsou v prostoru orientovány vůči sobě pod úhlem

$$\theta_3 = \arctg \sqrt{\frac{R_{\perp}}{R_{\parallel}}}$$

kde $R_{\perp}$ a $R_{\parallel}$ jsou odrazivosti přibližně nepolarizujícího děliče v rovině kolmé a rovnoběžné k rovině dopadu dopadajícího svazku světla.

Optická soustava je určena zejména pro detekci interferenčních signálů v laserovém interferometru.

Vynález se týká optické soustavy detekční jednotky v laserovém interferometru určené pro detekci interferenčních signálů.

Laserový interferometru sestává principiálně ze zdroje záření, kterým je jednofrekvenční laser, vlastního interferometru a detekční jednotky, v níž se získávají interferenční signály z výstupního svazku světla z vlastního interferometru, obsahující informaci o smyslu pohybu vlnoploch obou interferujících svazků světla mezi sebou. Pro získání dvou signálů v kvadratuře se obvykle používá interference dvou kruhově polarizovaných svazků světla opačné orientace, z nichž se vyberou vhodné kmitoměry svazků světla, které dopadají na detektory.

Dosavadní uspořádání detekčních jednotek používá obvykle dělicích destiček s tzv. přibližně nepolarizujícími vrstvami, které rozdělí svazky paprsků, vystupující z interferometru a výběr vhodných kmitoměrů se v každém rozděleném svazku provede pomocí polarizačního filtru, za kterým jsou umístěny detektory. Nevýhodou tohoto uspořádání je, že polarizační filtry mají značné ztráty a zeslabí svazky paprsků, dopadajících na detektory. Použití polarizačních filtrů tzn. polarizátorů má dále nevýhodu v tom, že pouze potlačí a nedovolí využít ortogonální složky kruhově polarizovaných svazků, vystupujících z interferometru. Z obou těchto důvodů je účinnost dělení v dosavadním uspořádání detekčních jednotek malá. Dosavadní detekční jednotky nejsou rovněž univerzální a nedovolují použití interferometrů, pracujících s ortogonálními lineárně polarizovanými svazky světla.

Značného zlepšení uspořádání detekční jednotky se dosáhne použitím ideálně nepolarizujícího děliče ($R_{\parallel} = R_{\perp}$, $T_{\parallel} = T_{\perp}$, $\delta_R = \delta_T = 0$) a polarizujících děličů, které jsou vůči sobě natočeny o úhel 45° v prostoru. Ideálně nepolarizující dělič se dá jen velmi obtížně realizovat. Daleko snáze lze vyrobit přibližně nepolarizující dělič. Polarizující dělič je potom nutné natočit vůči sobě o úhel jiný než 45° , a oba polarizující dělice musí být vhodně orientovány vůči děliči přibližně nepolarizujícímu. Rovina dopadu svazku světla přibližně nepolarizujícího děliče a jednoho z polarizujících děličů musí být shodná.

Dosavadní nevýhody tedy odstraňuje optická soustava detekční jednotky v laserovém interferometru, sestávající z přibližně nepolarizujícího děliče a polarizujících děličů, umístěných v každém z rozdělených svazků světla, jejíž podstatou vynálezu je to, že polarizující dělice jsou v prostoru vůči sobě orientovány pod úhlem

$$\theta = \arctg \sqrt{\frac{R_{\perp}}{R_{\parallel}}},$$

kde $R_{\perp}$ a $R_{\parallel}$ jsou odrazivosti přibližně nepolarizujícího děliče v rovině kolmé a rovnoběžné k rovině dopadu dopadajícího svazku světla.

Předností optické soustavy detekční jednotky podle vynálezu je, že neklade vysoké nároky na parametry optických elementů, celkové uspořádání je jednoduché a poskytuje plný kontrast interferenčních signálů.

Vynález blíže objasňuje přiložený výkres, na němž je vysvětlen princip funkce navržené detekční jednotky.

Sjednocené svazky a a b , referenční a měřicí, vystupující z vlastního interferometru, jsou buď ortogonálně lineárně polarizované nebo kruhově polarizované opačné orientace. V prvním případě lineárně polarizovaných svazků je na vstupu detekční jednotky potřebná čtvrtvlnná zpožďovací destička l , která vytváří z referenčního, resp. měřicího svazku kruhově polarizované světlo s opačnou orientací pro referenční, resp. měřicí svazek.

Vyjádříme referenční, resp. měřicí svazek, které jsou ortogonálně lineárně polarizovány po výstupu z vlastního interferometru, Jonesovým vektorem:

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix},$$

kde E_1 je elektrický vektor referenčního svazku a ,

$E_2 = K_1 e^{i\varphi_1} E_1$ je elektrický vektor měřicího svazku b .

Pro vrstvy přibližně nepolarizujícího děliče 2 předpokládáme, že platí:

$$R_{\parallel} = T_{\perp}; \quad R_{\perp} = T_{\parallel}; \quad \delta_{\perp} - \delta_{\parallel} = (\beta_{\perp} - \beta_{\parallel} - 180^\circ) = 0,$$

kde $R_{\parallel}$, $R_{\perp}$ je odrazivost přibližně nepolarizujícího děliče 2 pro složku záření rovnoběžnou, resp. kolmou k rovině dopadu,

$T_{\parallel}$, $T_{\perp}$ je propustnost přibližně nepolarizujícího děliče 2 pro složku záření rovnoběžnou, resp. kolmou k rovině dopadu,

δ_R , δ_T ; β_R , β_T je fázový posuv na odraz, resp. průchod.

Tato podmínka zajišťuje, že světlo propuštěné i odražené přibližně nepolarizujícím děličem bude mít stejnou intenzitu, přičemž azimut tohoto vytvořeného elipticky polarizovaného světla bude 0° nebo 90° .

Pro první svazek a_1 , b_1 světla procházející přibližně nepolarizujícím děličem 2, který je dále odražen polarizujícím děličem 3, platí:

$$\varepsilon_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sqrt{T_{\perp}} e^{i\frac{\delta_T}{2}} & 0 \\ 0 & \sqrt{T_{\parallel}} e^{-i\frac{\delta_T}{2}} \end{bmatrix} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \begin{bmatrix} 1 & i \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix} =$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{T_{\perp}} e^{i\frac{T}{2}} \cdot \begin{bmatrix} E_1 [1 - K_1 (\sin \varphi_1 + \cos \varphi_1)] \\ 0 \end{bmatrix}$$

kde Jonesovy matice pro:

polarizující dělič 3:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

přibližně nepolarizující dělič 2 na průchod:

$$\begin{bmatrix} \sqrt{T} e^{i\frac{\delta_T}{2}} & 0 \\ 0 & \sqrt{T_{\parallel}} e^{-i\frac{\delta_T}{2}} \end{bmatrix}$$

čtvrtvlnnou zpožďovací destičku 1:

$$\frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 & i \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Pak intenzita světla na detektoru 2 je:

$$I_2 = \frac{T_{\perp}}{4} A^2 [1 + K_1^2 - 2 K_1^2 \sin \varphi_1]$$

kde A je amplituda elektrické složky pole pro $K_1 = 1$:

$$I_2 = \frac{T_{\perp}}{2} A^2 [1 - \sin \varphi_1]$$

Pro druhý svazek a_2 , b_2 světla odražený přibližně nepolarizujícím děličem 2, který prochází polarizujícím děličem 4, platí:

$$E_1 = \begin{bmatrix} C_2^2 & C_2 S_2 \\ C_2 S_2 & S_2^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sqrt{R_1} e^{i\frac{\delta R}{2}} & 0 \\ 0 & \sqrt{R_2} e^{-i\frac{\delta R}{2}} \end{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 & i \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix} =$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} C_2^2 \sqrt{R_1} e^{i\frac{\delta R}{2}} (E_1 + iE_2) + C_2 S_2 \sqrt{R_2} e^{-i\frac{\delta R}{2}} (E_2 + iE_1) \\ C_2 S_2 \sqrt{R_1} e^{i\frac{\delta R}{2}} (E_1 + iE_2) + S_2^2 \sqrt{R_2} e^{-i\frac{\delta R}{2}} (E_2 + iE_1) \end{bmatrix}$$

kde: $C_2 = \cos \theta_3$, $S_2 = \sin \theta_3$ jsou $\cos$ a $\sin$ azimutálního úhlu roviny propustnosti polarizujícího děliče 4

a Jonesovy matice pro:

polarizující dělič 4

pod úhlem θ_3 :

$$\begin{bmatrix} C_2^2 & C_2 S_2 \\ C_2 S_2 & S_2^2 \end{bmatrix}$$

a přibližně nepolarizující dělič 2 na odraz:

$$\begin{bmatrix} \sqrt{R_1} e^{i\frac{\delta R}{2}} & 0 \\ 0 & \sqrt{R_2} e^{-i\frac{\delta R}{2}} \end{bmatrix}$$

Za předpokladu $\delta_R \rightarrow 0$, $K_1 = 0$ a platí-li pro natočení polarizujícího děliče

$$\theta_3 = \arctg \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} \quad \text{a dále}$$

dostaneme pro intenzitu na detektoru 6:

$$I_1 = \frac{(R_2 + R_1) \cdot R_1 C_2^4}{R_2} \cdot A^2 (1 + \cos \varphi_1)$$

kde A je amplituda elektrické složky pole.

Oba signály I_1 a I_2 jsou tedy v kvadratuře a za předpokladu stejných intenzit obou interferujících svazků světla ($K_1 = 1$) mají plný kontrast.

Na obrázku je praktický příklad provedení. Předpokládáme pravouhlý souřadný systém x, y, z , kde osa z je osou šíření svazku světla a roviny kmitů referenčního a měřicího svazku spadají do os x , resp. y . V cestě sjednoceného svazku a, b světla z vlastního interferometru je vložena čtvrtvlnná zpožďovací destička 1 a za ní přibližně nepolarizující dělič 2. Propuštěný svazek jako první rozdělený svazek a_1, b_1 světla dopadá na první polarizující dělič 3 a jeho odražená část, tj. třetí svazek a_3, b_3 přichází na první detektor 5. Druhý rozdělený svazek a_2, b_2 světla odražený od přibližně nepolarizujícího děliče 2, dopadá na druhý polarizující dělič 4, který je natočený kolem osy svazku o úhel θ_3 vůči ose z a jeho propuštěná část, tj. čtvrtý svazek a_4, b_4 přichází na druhý detektor 6.

Funkce detekční jednotky podle obrázku je následující: Sjednocený svazek a, b z vlastního interferometru obsahuje v sobě referenční svazek a a měřicí svazek b , které jsou ortogonálně lineárně polarizovány a mají společnou osu šíření. Předpokládáme-li pravouhlý souřadný systém x, y, z , je osou šíření sjednoceného svazku a, b světla osa z . Vektory elektrického pole referenčního a měřicího svazku a, b světla spadají do os x , resp. y . Čtvrtvlnná zpožďovací destička 1 vytváří při azimutu $\theta = 45^\circ$ z referenčního, resp. měřicího svazku s azimutem 0° , resp. 90° kruhově polarizované světlo s opačnou orientací pro referenční, resp. měřicí svazek a, b . Průchodem a odrazem od přibližně nepolarizujícího děliče 2 vzniká elipticky polarizované světlo opačné orientace, jak pro první svazek a_1, b_1 , tak i pro druhý rozdě-

lený svazek a_2 b_2 světla. Při dodržení podmínek pro přibližně nepolarizující dělič 2:

$$R_{\parallel} = T_{\perp}, \quad R_{\perp} = T_{\parallel}, \quad \delta_{\perp} - \delta_{\parallel} = (\gamma_{\perp} - \gamma_{\parallel} - 180^{\circ}) = 0$$

bude mít světlo propuštěné i odražené přibližně nepolarizujícím děličem 2 stejnou intenzitu, přičemž azimut tohoto vytvořeného elipticky polarizovaného světla bude 0° nebo 90° dle parametrů děliče. První rozdělený svazek a_1 b_1 světla se dělí dále na prvním polarizujícím děliči 3 a jeho odražená část, tj. třetí svazek a_3 b_3 vytváří dopadem na první detektor 2 základní elektrický signál s nulovou fází. Elektrický signál v kvadratuře se získává z druhého detektoru 2, na který dopadá část tvořící čtvrtý svazek a_4 b_4 druhého rozděleného svazku a_2 b_2 světla propuštěná druhým polarizujícím děličem 4, otočným kolem své osy a nastaveným na úhel

$$\theta_3 = \arctg \sqrt{\frac{R_{\perp}}{R_{\parallel}}}$$

vůči prvnímu polarizujícímu děliči 3. Přitom je dosaženo plného kontrastu u obou signálů.

Optická soustava je určena zejména pro detekci interferenčních signálů v laserovém interferometru.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Optická soustava detekční jednotky v laserovém interferometru, sestávající z přibližně nepolarizujícího děliče a polarizujících děličů, umístěných v každém z rozdělených svazků světla, vyznačená tím, že polarizující děliče (3, 4) jsou v prostoru vůči sobě orientovány pod úhlem

$$\theta_3 = \arctg \sqrt{\frac{R_{\perp}}{R_{\parallel}}}$$

kde $R_{\perp}$ a $R_{\parallel}$ jsou odrazivosti přibližně nepolarizujícího děliče v rovině kolmé a rovnoběžné k rovině dopadu dopadajícího svazku světla.

1 výkres

