



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

# POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

215816

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>  
H 02 P 7/00

(22) Přihlášeno 17 03 80

(21) (PV 1838-80)

(40) Zveřejněno 10 09 81

(45) Vydáno 20 12 83

[75]

Autor vynálezu

HOTMAR ZDENĚK ing., ROŽNOV POD RADHOŠTĚM

## [54] Zapojení pro korekci naměřených hodnot elipsometrického měření

Vynález se týká zapojení pro korekci naměřených hodnot elipsometrického měření, získané na zařízení s rotujícím analyzátozem, pomocí změřených hodnot skutečné úhlové rychlosti motoru. Vynález se dále týká zařízení pro měření skutečné úhlové rychlosti a obvodu pro určení korekce k naměřeným elipsometrickým hodnotám.

Doposud známá řešení používají přesnou stabilizaci otáček motoru. Kolísání otáček motoru je malé, ale vzhledem k požadované přesnosti měření úhlového posuvu optické frekvence, která je dvojnásobkem kmitočtu otáčení motoru, lze říci, že při kolísání otáček 0,1 % a v nejlepším případě 0,01 % je přesnost hodnot elipsometrického měření maximálně 2,5 úhlové minuty.

Při zpracování údajů z elipsometrického měření mají hlavní vliv na přesnost naměřených údajů chyby způsobené optickou cestou a chyby v elektronické části. Použití stabilizace otáček motoru pro pohyb rotačního analyzátoru řeší uvedený problém, ovšem za cenu požadavku vysoké přesnosti a stability pohonu.

Při regulaci úhlové rychlosti s vysokou přesností je potřeba motoru, čidla i regulační soustavy se špičkovými parametry. Pro vysokou přesnost měření skutečné úhlové rychlosti motoru je vhodné inkrementální čidlo, protože vý-

sledná kvalita korekce naměřených hodnot elipsometrického měření závisí v první řadě na kvalitě čidla. Pro přesné odečítání úhlové rychlosti je pak nutný dostatečně přesný časový normál a stabilita cesty zpracovávající velikost skutečné úhlové rychlosti motoru.

Nevýhody řešení stabilizace otáček motoru s vysokou přesností odstraňuje zapojení pro korekci naměřených hodnot elipsometrického měření u elipsometru s rotujícím analyzátozem podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že zdroj záření je elektromagnetickou vazbou spojen přes vzorek s rotujícím analyzátozem, který je současně spojen s motorem. Motor je dále spojen s inkrementálním čidlem, jehož první výstup je připojen na blok vyhodnocení odchylky a druhý výstup pak na druhý vstup vzorkovacího obvodu a druhý vstup bloku korekce, kde blok vyhodnocení odchylky je připojen na první vstup bloku korekce, jehož výstup je připojen na druhý vstup sumátoru. První vstup rotujícího analyzátoru je spojen se vzorkovacím obvodem přes sériově zapojené bloky snímače a dolnofrekvenční filtr. Výstup vzorkovacího obvodu je spojen s analogově digitálním převodníkem, jehož výstup je připojen na první vstup sumátoru. Výstup sumátoru je spojen s blokem naměřených hodnot.

Pomocí naměřených hodnot skutečné úhlové rychlosti motoru se provede transformace skutečně naměřených hodnot na hodnoty nové, tj. přesnější. Měřený průběh vstupního signálu ze snímače je po průchodu dolní propustí, která odstraní ze signálu šum, vzorkován v bodech odpovídajících jednotlivým bodům inkrementálního čidla, nezávisle na skutečné úhlové rychlosti motoru, a kvantován v analogově-digitálním převodníku tak, aby mohl být dále zpracováván číslicově. Smyčka vyhodnocení úhlové rychlosti motoru dodává potřebnou velikost korekční odchylky, která po vynásobení konstantou definuje korekci naměřených hodnot elipsometrického měření po následujícím sečtení změřené a korekční hodnoty je vypočtena přesná hodnota velikosti signálu v daném bodě.

Tím je zaručeno, že přesnost zpracování údajů elipsometrického měření bude i při značném, dlouhodobém kolísání úhlové rychlosti dána jenom chybou, s jakou měříme skutečnou úhlovou rychlost motoru.

Výhodou tohoto zapojení pro korekci naměřených hodnot elipsometrického měření je to, že není nutná vysoce přesná a stabilní regulace otáčení motoru a přitom je přesnost měření, když neuvažujeme optickou cestu, dána chybou, s jakou měříme skutečnou úhlovou rychlost motoru.

Na výkresu je znázorněno blokové schéma zapojení pro korekci naměřených hodnot elipsometrického měření podle vynálezu.

Zdroj záření 1 je elektromagnetickou vazbou spojen přes vzorek 13 s rotujícím analyzátozem 2, který je současně spojen s motorem 7. Motor 7 je dále spojen s inkrementálním čidlem 8, jehož první výstup je připojen na blok vyhodnocení odchylky 9 a druhý výstup pak na druhý vstup vzorkovacího obvodu 5 a druhý vstup bloku korekce 10, kde blok vyhodnocení odchylky 9 je připojen na první vstup bloku korekce 10, jehož výstup je připojen na druhý vstup sumátoru 11. První vstup rotujícího analyzátoru 2 je spojen se vzorkovacím obvodem 5 přes sériově zapojené bloky snímače 3 a dolnofrekvenční filtr 4. Výstup vzorkovacího obvodu 5 je spojen s analogově digitálním převodníkem 6, jehož výstup je připojen na první vstup sumátoru 11, přičemž výstup sumátoru 11 je spojen s blokem naměřených hodnot 12.

Zdroj záření 1 vysílá elektromagnetické záření, které po odrazu od vzorku 13 prochází přes rotující analyzátor 2, jehož pohyb je určen motorem 7 na snímač 3, který provede přeměnu na elektrický signál a po zpracování v dolnofrekvenčním filtru 4 přichází do vzorkovacího obvodu 5, kde se provádí zapamatování okamžité hodnoty až do příchodu dalšího vzorkovacího pulsu. Za vzorkovacím obvodem je zařazen analogově digitální převodník 6, který zajistí převod naměřených hodnot do číslicové formy. Skutečná úhlová rychlost motoru 7 se snímá inkrementálním čidlem 8, které ovládá vzorkovací obvod 5

a blok korekce 10. Blok korekce 10 dostává údaj o pořadí vzorků z inkrementálního čidla 8 a současně hodnoty velikosti odchylky od doby referenční otáčky z bloku vyhodnocení odchylky 9. Po výpočtu korekce podle vztahu (1) v bloku korekce 10 se v sumátoru 11 provede sečtení s číslicovým údajem z analogově digitálního převodníku 6 a na vstupu bloku naměřených hodnot 12 jsou už správné výsledky.

Výše popsaným řešením lze zvýšit dosažitelnou přesnost měření až o dva řády, takže výsledná přesnost měření pak závisí jen na kvalitě optické informační cesty, tedy na parametrech zdroje záření, kvalitě polarizátoru, analyzátoru, mechanických parametrech optické cesty a nakonec na kvalitě snímače. Dále jsou uvedeny vztahy platné pro výpočet korekce.

$$A \cdot \sin \Omega t_i = A \cdot \sin \omega t_i - A \cdot \cos \omega t_i \cdot \frac{2\pi\tau}{T^2} \cdot dT \quad (1)$$

kde

$\tau$  = časová konstanta dolnofrekvenčního filtru

$T$  = doba referenční otáčky

$dT$  = odchylka od doby referenční otáčky

$A$  = amplituda zpracovávaného signálu

$$t_i = \frac{T \cdot i}{250} \quad \text{a } i = 0 + 250$$

označení vzorkovacích bodů

$$A \cdot \sin \Omega t_i - \text{opravená hodnota, kde } \omega = \Omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$A \cdot \sin \omega t_i - \text{změřená hodnota}$$

$$\frac{2\pi\tau A}{T^2} \cdot \cos \omega t_i \cdot dT - \text{korekce}$$

Při elipsometrickém měření se měří fázový úhel vzhledem k referenčnímu bodu. Pokud dojde při měření ke kolísání kmitočtu, pak se tato chyba způsobená vlivem fázového posuvu v dolní propusti přičítá k naměřeným hodnotám. Velikost chyby je dána vztahem:

$$d\varphi = \frac{2\pi\tau}{T^2} \cdot dT \quad (2)$$

Pokud chceme naměřený průběh posunout o tuto velikost  $d\varphi$ , použijeme vztahu:

$$\sin(\omega t + \varphi) = \sin \omega t \cos \varphi + \cos \omega t \sin \varphi \quad (3)$$

$$\text{Za předpokladu } \sin \varphi = \varphi \text{ a } \cos \varphi = 1 \quad (4)$$

dostaneme po úpravách vztah (1).

Například: Při použití motoru bez regulace se setrvačnickem, který zajistí maximální kolísání úhlové rychlosti motoru menší než 1 % během měření, lze pak dosáhnout všech podmínek pro platnost (1), a tím i možnost korekce naměřených hodnot elipsometrického měření. Volíme  $\tau, A$ .

$$\text{Tedy: } \tau = 0,5 \text{ ms} \quad A = 10 \text{ V} \quad \frac{dT}{T} = 10^{-2}$$

$$\varphi = 1^\circ = 0,0175 \text{ rad}$$

$$T \geq \frac{2\pi\tau A}{\varphi} \cdot \frac{dT}{T} = \frac{2\pi \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{0,0175} \cdot 10^{-2} =$$

$$= 17,9 \text{ ms, tj. } 56 \text{ otáček za vteřinu.}$$

$$\text{Platí: } n \leq \frac{1}{T} \quad (5)$$

A po dosažení výsledku předchozího vztahu  $T \geq 17,9 \text{ ms}$  dostaneme  $n \leq 3600 \text{ otáček za minutu}$ .

Za výše uvedených předpokladů jsme došli k závěru, že pro hodnotu menší než  $3600 \text{ ot/min}$

lze použít zapojení pro korekci naměřených hodnot elipsometrického měření podle vynálezu.

Popsané zapojení pro korekci naměřených hodnot elipsometrického měření je vhodné pro elipsometry s rotujícím analyzátozem, které mají dosáhnout vysoké přesnosti, ale nemají vysoce stabilní rychlost motoru. Způsob určení korekce a zařízení pro zpracování korekce pro dosažení vyšší přesnosti měření lze s výhodou použít u všech měření, kde se provádí zpracování periodických signálů.

#### PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Zapojení pro korekci naměřených hodnot elipsometrického měření, vyznačené tím, že zdroj záření (1) je elektromagnetickou vazbou spojen přes vzorek (13) s rotujícím analyzátozem (2), který je současně spojen s motorem (7), přičemž motor (7) je dále spojen s inkrementálním čidlem (8), jehož první výstup je připojen na blok vyhodnocení odchylky (9) a druhý výstup pak na druhý vstup vzorkovacího obvodu (5) a druhý vstup bloku korekce (10), kde blok vyhodnocení  $dT$  (9) je připojen na první vstup bloku ko-

rekce (10), jehož výstup je připojen na druhý vstup sumátoru (11), přičemž první vstup rotujícího analyzátozu (2) je spojen se vzorkovacím obvodem (5) přes sériově zapojené bloky snímáče (3) a dolnofrekvenční filtr (4), a kde výstup vzorkovacího obvodu (5) je spojen s analogově digitálním převodníkem (6), jehož výstup je připojen na první vstup sumátoru (11), přičemž výstup sumátoru (11) je spojen s blokem naměřených hodnot (12).

