

(11) Patent numeris: **4625**

(51) Int. Cl.⁶: **G01J 9/00**
G01K 11/12

(21) Paraiškos numeris: **98-049**

(22) Paraiškos padavimo data: **1998 04 06**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **1999 10 25**

(45) Patent paskelbimo data: **2000 02 25**

(72) Išradėjas:

Algirdas Audzijonis, LT
Antanas Stasiukynas, LT
Leonardas Žigas, LT
Lina Audzijonienė, LT
Vincas Kaminskas, LT

(73) Patent savininkas:

Algirdas Audzijonis, Architektų g. 182-8, 2049 Vilnius, LT
Vilniaus pedagoginis universitetas, Studentų g. 39, 2034 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Feroelektrinių kristalų dvejopo lūžio temperatūrinės priklausomybės ir jos histerizės matavimo įrenginys

(57) Referatas:

Feroelektrinių kristalų dvejopo lūžio temperatūrinės priklausomybės matavimo įrenginys priklauso optikos sričiai ir gali būti pritaikytas feroelektrinių kristalų optinių savybių ir fazinių virsmų tyrimui.

Įrenginį sudaro šviesos šaltinis (1), monochromatorius (2), poliarizatorius (3), kriostatas (4) su jame įtaisytu bandinio laikikliu ir temperatūros matuokliu (5), $\lambda/4$ fazinė plokštelė (6), analizatorius (7), fotoimtuvai (8,9), sumatoriai (10,11), įtampos dalybos blokai (13,14), analoginis skaitmeninis blokas (12), kvadratinės signalų blokai (15,16), trikampio formos signalo formavimo blokas (17), specialus fazių skirtumo matuoklis (18) ir dvikordinatis registratorius (19).

Išradimas priklauso optikos sričiai ir gali būti pritaikytas feroelektrinių kristalų optinių savybių ir fazinių virsmų tyrimui.

Žinomas kristalų dvejo lūžio temperatūrinės priklausomybės matavimo įrenginys, susidedantis iš šviesos šaltinio, monochromatoriaus, šviesos poliarizatoriaus, kriostato su bandinio laikiklio, temperatūros matuoklio, analizatoriaus, fotoimtuvo, registratoriaus (buv. TSRS a.l. Nr. 807079). Šiame įrenginyje keičiant bandinio temperatūrą T , registratorius užrašo praėjusios pro analizatorių šviesos intensyvumo I temperatūrinę priklausomybę $I(T)$. Žinant praėjusios šviesos pro analizatorių temperatūrinę priklausomybę $I(T)$ ir praėjusio pro analizatorių didžiausio intensyvumo vertę I_0 , randamas dviejų tarpusavyje statmenų dvejo lūžio Δn sukurtų tiesiškai poliarizuotų bangų, fazių skirtumas $\Delta\varphi$, o po to ir fazių skirtumo temperatūrinė priklausomybė $\Delta\varphi(T)$.

Iš lygties

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta n l}{\lambda},$$

kur $\Delta\varphi$ – fazių skirtumas, Δn – dvejopas lūžis, l – bandinio storis, randama dvejo lūžio temperatūrinė priklausomybė $\Delta n(T)$.

Taip pat žinomas feroelektrinių kristalų dvejo lūžio temperatūrinės priklausomybės matavimo įrenginys, susidedantis iš šviesos šaltinio, monochromatoriaus, poliarizatoriaus, kristalo su bandinio laikiklio, temperatūros matuoklio, kompensatoriaus, analizatoriaus, fotoimtuvo ir

dvikordinačio registratoriaus (buv. TSRS a.l. Nr.566150). Šiame įrenginyje iš bandinio išeina dvi tarpusavyje statmenos dvejopo lūžio Δn sukurtos tiesiškai poliarizuotos bangos, turinčios fazių skirtumą $\Delta\varphi$. Kompensatorius atstato dvejopo lūžio Δn sukurtą fazių skirtumą $\Delta\varphi$, kurio dydis matomas kompensatoriaus skalėje.

Aukščiau minėtuose dvejopo lūžio temperatūrinės priklausomybės matavimo įrenginiuose $\Delta\varphi(T)$ ir $\Delta n(T)$ matavimo paklaidas sukelia sekančios priežastys:

1. Praėjusios pro analizatorių šviesos intensyvumas $I(T)$ silpnai priklauso nuo temperatūros srityje arti $\Delta\varphi \approx n \frac{\pi}{2}$ ($n=0,1,2,3\dots$).
2. Praėjusios pro bandinį ir analizatorių šviesos intensyvumas $I_0(T)$ priklauso nuo bandinio temperatūros, nes bandinio sugerties koeficientas priklauso nuo temperatūros.
3. Šviesos intensyvumų I ir I_0 svyravimus sukelia šviesos šaltinio nestabilumai duodantys $\Delta\varphi$ nestabilumus.

Išradimo tikslas – fazių skirtumo $\Delta\varphi(T)$ ir dvejopo lūžio $\Delta n(T)$ temperatūrinės priklausomybės nustatymo tikslumo padidinimas.

Minėtas tikslas pasiekiamas feroelektrinių kristalų dvejopo lūžio temperatūrinės priklausomybės $\Delta n(T)$ matavimo įrenginiu, susidedančiu iš šviesos šaltinio (1), monochromatoriaus (2), šviesos poliarizatoriaus (3), kriostato (4) su jame įtaisytu bandinio laikikliu ir temperatūros matuokliu (5), kompensatoriaus ir analizatoriaus (7), fotoimtuvo (8) ir dvikordinačio registratoriaus (19). Papildomai įstatyti antruoju šviesos spinduliu optiškai sujungti antrasis fotoimtuvas (9) ir vietoje kompensatoriaus pastatyta $\lambda/4$

fazinė plokštelė (6). Fotoimtuvų (8, 9) išėjimai sujungti su sumatoriaus (10, 11) pirmaisiais įėjimais, o jų antrieji įėjimai sujungti su analoginio – skaitmeninio bloko (12) pirmaisiais išėjimais. Sumatorių blokų (10, 11) išėjimai sujungti su įtampų dalybos blokų (13, 14) ir analoginio – skaitmeninio bloko (12) pirmaisiais įėjimais. Analoginio – skaitmeninio bloko (12) antrieji išėjimai sujungti su įtampų dalybos blokų (13, 14) antraisiais įėjimais. Įtampų dalybos blokų (13, 14) išėjimai sujungti su kvadratūrinių signalų blokų (15, 16) įėjimais, kurių išėjimai sujungti su specialaus fazių skirtumo $\Delta\varphi$ matuoklio (18) pirmaisiais įėjimais, kurio antrieji įėjimai sujungti su kvadratūrinių signalų blokų (15, 16) įėjimais. Fazių skirtumo $\Delta\varphi$ matuoklio (18) ir temperatūros matuoklio (5) išėjimai sujungti su dvikoordinačio registratoriaus (19) dviem įėjimais.

Siūlomas feroelektrinių kristalų dvejopo lūžio temperatūrinės priklausomybės matavimo įrenginys turi didesnę fazių skirtumo $\Delta\varphi(T)$ ir dvejopo lūžio $\Delta n(T)$ matavimo tikslumą, nes registravimui panaudojamas trikampio formos, susidedantis iš tiesinių dalių, U_T signalas, kurio amplitudė nepriklauso nuo bandinio temperatūros. Šis trikampio formos U_T signalas paduodamas į specialų fazių skirtumo $\Delta\varphi(T)$ matuoklį, kuris sukuria signalą proporcingą $\Delta\varphi(T)$ arba $\Delta n(T)$ ir įvertina $\Delta\varphi$ ir Δn ženklą. Dinaminis, nenutrūkstamas bandinio temperatūros keitimas, panaudojant specialųjį fazių skirtumo $\Delta\varphi(T)$ matuoklį, išryškina $\Delta\varphi(T)$ ir $\Delta n(T)$ smulkiąją struktūrą ir padidina histerezės kilpos matavimo tikslumą fazinio virsmo srityje.

Išradimas aiškinamas brėžiniais, kur fig 1 – siūlomo įrenginio blokinė schema, fig 2 – signalo priklausomybė nuo $\Delta\varphi$ (nuo fotoimtuvų (8, 9) iki

įtampų dalybos bloką (13, 14)), fig 3 – signalo priklausomybė nuo $\Delta\varphi$ (nuo įtampų dalybos bloką (13, 14) iki registratoriaus (19)).

Siūlomas feroelektrinių kristalų dvejopo lūžio temperatūrinės priklausomybės $\Delta n(T)$ matavimo įrenginys susideda iš optiškai sujungtų šviesos šaltinio (1), monochromatoriaus (2), poliarizatoriaus (3), kriostato (4), su jame įtaisytu bandinio laikikliu (5), $\lambda/4$ fazinės plokštelės (6), analizatoriaus (7), dviejų fotoimtuvų (8, 9) prie kurių išėjimų prijungti dviejų sumatorių bloką (10, 11) pirmieji įėjimai, o jų antrieji išėjimai prijungti prie analoginio – skaitmeninio bloko (12) įėjimų ir įtampų dalybos bloką (13, 14) pirmųjų įėjimų. Analoginio – skaitmeninio bloko (12) pirmieji išėjimai sujungti su sumatorių bloką (10, 11) antraisiais įėjimais, o analoginio – skaitmeninio bloko (12) antrieji išėjimai sujungti su įtampų dalybos bloką (13, 14) antraisiais įėjimais. Įtampų dalybos bloką (13, 14) išėjimai sujungti su kvadratūrinių signalų bloką (15, 16) įėjimais ir $\Delta\varphi$ matuoklio (18) pirmaisiais įėjimais. Kvadratūrinių signalų (15, 16) išėjimai sujungti su trikampio formos signalo U_T formavimo bloko (17) įėjimais, kurio išėjimai sujungti su $\Delta\varphi$ matuoklio (18) antraisiais įėjimais. $\Delta\varphi$ matuoklio (18) išėjimas sujungtas su dvikoordinačio registratoriaus (19) pirmuoju įėjimu. Dvikoordinačio registratoriaus (19) antras įėjimas sujungtas su temperatūros matuoklio (5) išėjimu. Bandinys dedamas į kriostatą (4) įrengtą bandinio laikiklį.

Įrenginys veikia sekančiai. Iš šaltinio (1) balta šviesa patenka į monochromatorių (2), kur išskiriamas tam tikro bangos ilgio λ spindulys, poliarizuotas poliarizatoriumi (3). Pirmasis šviesos spindulys kriostate (4) patenka į anizotropinį kristalą. Kristale dėl dvejopo lūžio Δn susikuria tarpusavyje statmenos tiesiškai poliarizuotos bangos, tarp kurių fazių skirtumas

$\Delta\varphi$. Praeinant antram šviesos spinduliui per $\lambda/4$ fazinę plokštelę (6) (λ – monochromatinės šviesos bangos ilgis), tarp dviejų tarpusavyje statmenų tiesiškai poliarizuotų bangų atsiranda papildomas fazių skirtumas, lygus $90^\circ = \pi/2$. Analizatorius (7) dvi statmenas tarpusavyje bangas paverčia į dvi koherentines interferuojančias bangas (vyksta poliarizuotos šviesos interferencija). Fotoimtuvai (8, 9) sukuria du elektrinius signalus U_1 ir U_2 . Fotoimtuvas (9) sukuria signalą $U_1 = 2A \cos^2 \Delta\varphi / 2$, o fotoimtuvas (8) signalą $U_2 = 2A \cos^2(\Delta\varphi / 2 - \pi/4)$, kur $2A$ – signalų U_1 ir U_2 amplitudė, $\Delta\varphi$ – dviejų tarpusavyje statmenų tiesiškai poliarizuotų bangų fazių skirtumas. Fotoimtuvų (8, 9) išėjime veikiantys signalai (fig. 2 – 1 (a, b)) paduodami į sumatorių (10, 11) pirmuosius įėjimus. Signalai U_1 ir U_2 sudaryti iš pastoviosios A ir kintamųjų komponentių $A \cos \Delta\varphi$, $A \cos(\Delta\varphi - \pi/2)$:

$$U_1 = 2A \cos^2 \frac{\Delta\varphi}{2} = A + A \cos \Delta\varphi,$$

$$U_2 = 2A \cos^2 \left(\frac{\Delta\varphi}{2} - \frac{\pi}{4} \right) = A + A \cos \left(\Delta\varphi - \frac{\pi}{2} \right),$$

kur $2A$ – signalų U_1 ir U_2 amplitudė, $\Delta\varphi$ – fazių skirtumas.

Tam, kad panaikinti signaluose U_1 ir U_2 pastoviąją komponentę A kurios vertė lygi amplitudei, iš analoginio – skaitmeninio bloko (12) pirmųjų išėjimų į sumatorių blokų (10, 11) antruosius įėjimus paduodamas neigiamas signalas, kurio vertė lygi amplitudei ($-A$). Atlikus signalų U_1 ir U_2 ir ($-A$) sumavimą iš sumatorių blokų (10, 11) išėjimų išeina signalai (fig. 2 – 2 (a, b)):

$$U_1 = A \cos \Delta\varphi,$$

$$U_2 = A \cos\left(\Delta\varphi - \frac{\pi}{2}\right) = A \sin \Delta\varphi,$$

kur A – signalų U_1 ir U_2 amplitudė, $\Delta\varphi$ – fazių skirtumas.

Kintant bandinio temperatūrai T amplitudė A kinta. Įtampų dalybos blokai (13, 14) ir analoginis – skaitmeninis blokas (12) atlieka dalybos operaciją U_1/A ir U_2/A .

Tokiu būdu įtampos dalybos blokų (13, 14) pirmo ir antro išėjimuose veikia signalai (fig. 3 – 1 (a, b)): pirmame išėjime $U_{N1} = \cos\Delta\varphi$, antrame $U_{N2} = \sin\Delta\varphi$, kur $\Delta\varphi$ – fazių skirtumas.

Signalai U_{N1} ir U_{N2} paduodami į kvadratūrinių signalų blokų (15, 16) įėjimus. Šiuose blokuose (15, 16) atliekamas dvipusis lyginimas (fig. 3 – 2 (a, b)). Signalai iš blokų (15, 16) paduodami į trikampio formos signalo U_T formavimo bloko (17) įėjimus. Bloke (17) atliekama atėmimo operacija ir gaunasi trikampio formos signalas

$$U_T = |\sin\Delta\varphi| - |\cos\Delta\varphi|,$$

kur $\Delta\varphi$ – fazių skirtumas. Šios operacijos dėka gauto trikampio formos signalo U_T (fig. 3 – 3), tiesiškumas fazių skirtumo intervale $\Delta\varphi = \pm 45^\circ$ yra apie 2%. Trikampio formos signalas U_T paduodamas į $\Delta\varphi$ matuoklio (18) pirmuosius įėjimus, o į antruosius $\Delta\varphi$ matuoklio (18) įėjimus iš įtampų dalybos blokų (13, 14) išėjimų paduodami signalai U_{N1} ir U_{N2} . $\Delta\varphi$ matuoklyje (18) iš trikampio formos signalo U_T gaunamas signalas $U_{\Delta\varphi}$ tiesiai proporcingas $\Delta\varphi$ (fig. 3 – 4). Signalas $U_{\Delta\varphi}$ iš $\Delta\varphi$ matuoklio (18) išėjimo paduodamas į dvikoordinačio registratoriaus (19) pirmąjį įėjimą, o į antrąjį dvikoordinačio registratoriaus

(19) įėjimą paduodamas signalas iš temperatūros matuoklio (5) išėjimo. Dvikoordinatis registratorius (19) nubrėžia grafiką $\Delta\varphi(T)$ arba $\Delta n(T)$.

Kadangi feroelektrinių kristalų dvejojo lūžio temperatūrinės priklausomybės matavimo įrenginys gali matuoti $\Delta n(T)$ temperatūrai augant ir mažėjant, tai jis gali būti panaudotas $\Delta n(T)$ histerezės tyrimui. Pagal $\Delta n(T)$ eigos pobūdį ir histerezės kilpos dydį sprendžiama apie fazinio virsmo rūšį ir tipą (pirmos arba antros rūšies faziniai virsmai, kriziniai faziniai virsmai).

Siūlomas įrenginys, palyginus su kitais panašaus tipo aukščiau aprašytais įrenginiais, turi didesnį $\Delta\varphi(T)$ arba $\Delta n(T)$ matavimo tikslumą dėl sekančių priežasčių:

1. Signalų $U_{N1} = \cos\Delta\varphi$, $U_{N2} = \sin\Delta\varphi$ ir $U_T = |\sin\Delta\varphi| - |\cos\Delta\varphi|$ amplitudės nepriklauso nuo bandinio temperatūros. Signalas U_T , kuris paduodamas į $\Delta\varphi$ matuoklį, sudarytas iš tiesinių $\Delta\varphi(T)$ priklausomybių. Tokiu būdu $\Delta\varphi(T)$ matavimo tikslumas nepriklauso nuo temperatūros intervalo dydžio ΔT .
2. Panaudotas specialus $\Delta\varphi(T)$ matuoklis, kuris sukuria signalą $U_{\Delta\varphi}$ tiesiai proporcingą $\Delta\varphi(T)$. Matuoklis, įvertindamas $\Delta\varphi$ ženklą, padidina histerezės kilpos matavimo tikslumą fazinio virsmo srityje.
3. Įrenginys matuoja $\Delta\varphi(T)$ arba $\Delta n(T)$, kai tiriamojo feroelektrinio kristalo temperatūra kinta labai lėtai ($0,1^\circ\text{C}$ per 1 min.) ir nenutrūkstamai. Toks dinaminis temperatūros režimas išryškina $\Delta\varphi(T)$ arba $\Delta n(T)$ smulkiąją struktūrą ir padidina matavimo tikslumą.
4. Automatizuotas elektrooptinis įrenginys, neturintis judančių mechaninių mazgų, jautriau ir tiksliai reguoja į $\Delta\varphi(T)$ pokyčius, palengvina įrenginio montażą ir jo suderinimą mažiausiai matavimo paklaidai.

5. Įrenginio elektrooptinė schema parinkta taip, kad šviesos šaltinio nestabilumai neturi įtakos į $\Delta n(T)$ matavimo tikslumą. Tai sudaro galimybes sumažinti įrenginio matmenis, naudojant vietoje baltos šviesos šaltinio ir monochromatoriaus puslaidininkinį keičiamo bangos ilgio lazerį.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

Feroelektrinių kristalų dvejojo lūžio temperatūrinės priklausomybės matavimo įrenginys, susidedantis iš optiškai sujungtų šviesos šaltinio (1), monochromatoriaus (2), šviesos poliarizatoriaus (3), kriostato (4) su jame įtaisytu bandinio laikikliu ir temperatūros matuokliu (5), analizatoriaus (7), fotoimtuvo (8) ir dvikordinačio registratoriaus (19), b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad papildomai įstatyti antruoju šviesos spinduliu optiškai sujungti antrasis fotoimtuvas (9) ir prieš analizatorių pastatyta $\lambda/4$ fazinė plokštelė (6), fotoimtuvų (8, 9) išėjimai sujungti su sumatorių (10, 11) pirmaisiais įėjimais, o jų antrieji įėjimai sujungti su analoginio – skaitmeninio bloko (12) pirmaisiais išėjimais, sumatorių bloką (10, 11) išėjimai sujungti su įtampų dalybos bloką (13, 14) ir analoginio – skaitmeninio bloko (12) pirmaisiais įėjimais, analoginio – skaitmeninio bloko (12) antrieji išėjimai sujungti su įtampų dalybos bloką (13, 14) antraisiais įėjimais, įtampų dalybos bloką (13, 14) išėjimai sujungti su kvadratūrinių signalų bloką (15, 16) įėjimais, kurių išėjimai sujungti su trikampio signalo formavimo bloko (17) įėjimais, kurio išėjimai sujungti su specialaus fazių skirtumo $\Delta\varphi$ matuoklio (18) pirmaisiais įėjimais, kurio antrieji įėjimai sujungti su kvadratūrinių signalų bloką (15, 16) įėjimais, fazių skirtumo $\Delta\varphi$ matuoklio (18) ir temperatūros matuoklio (5) išėjimai sujungti su dvikordinačio registratoriaus (19) dviem įėjimais.

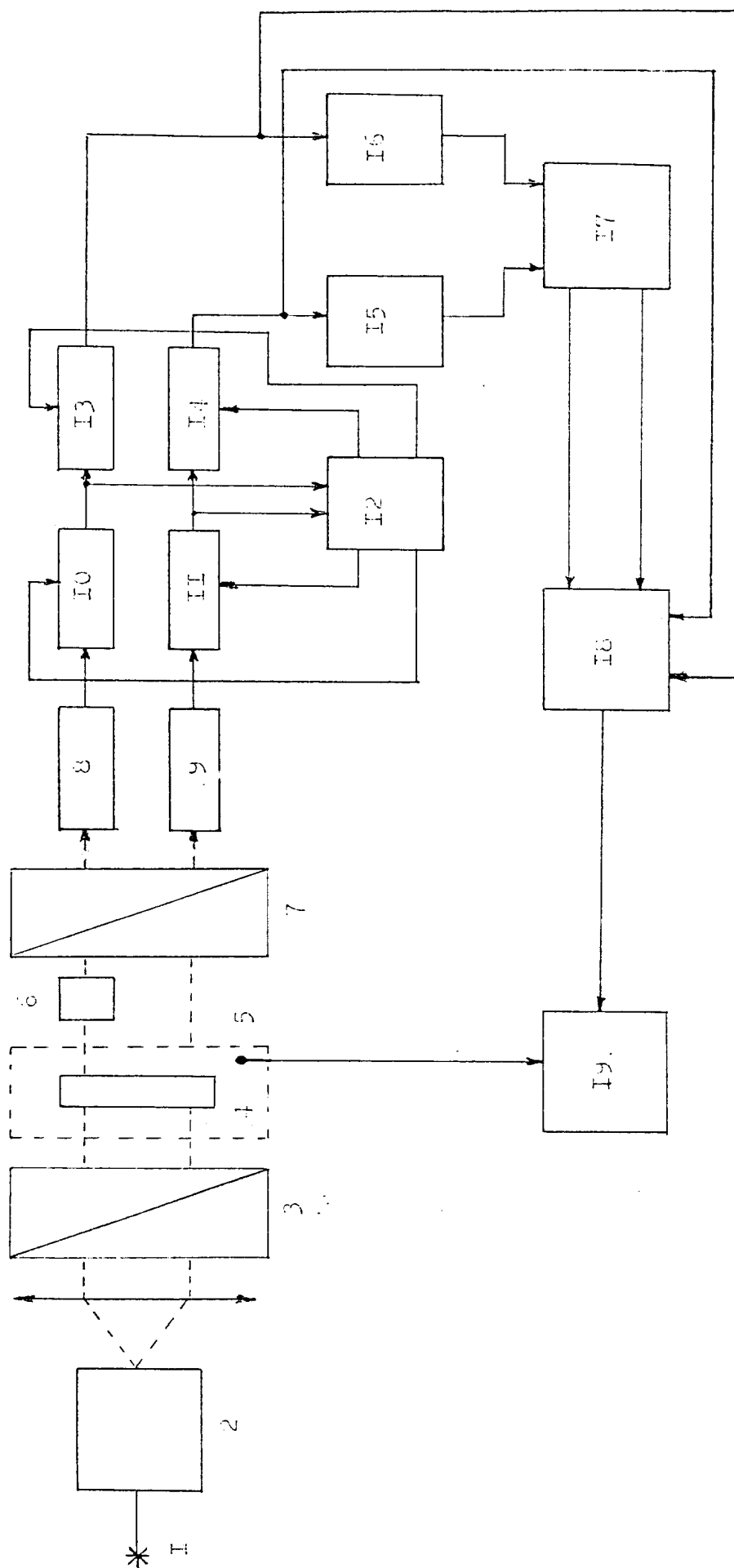


FIG. 1

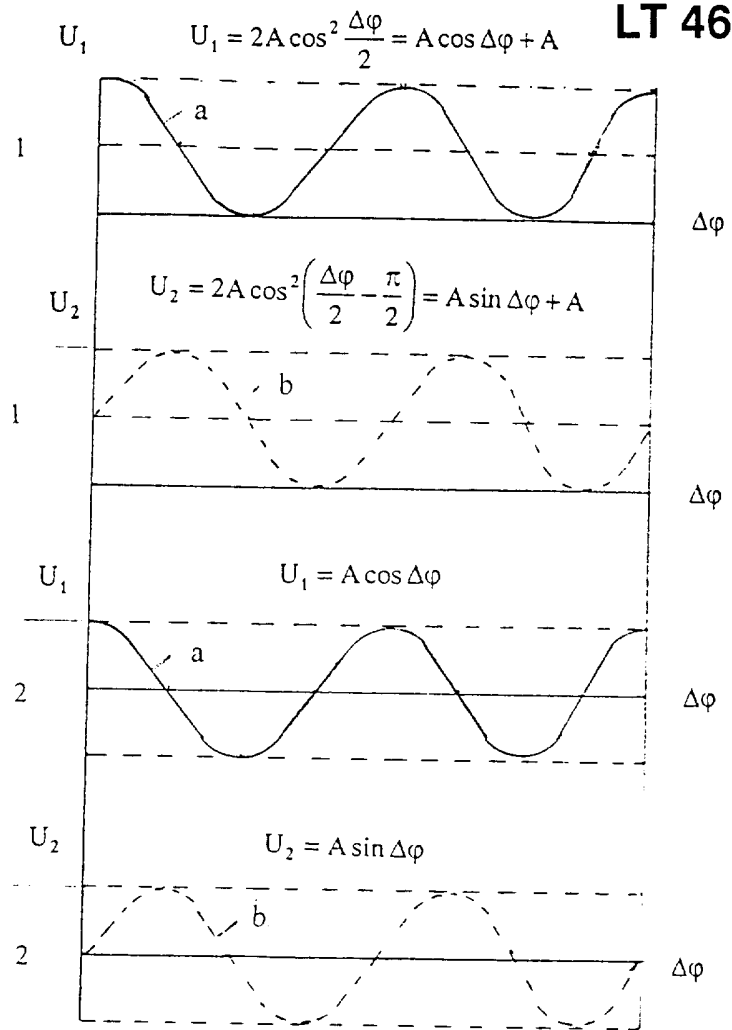


Fig. 2

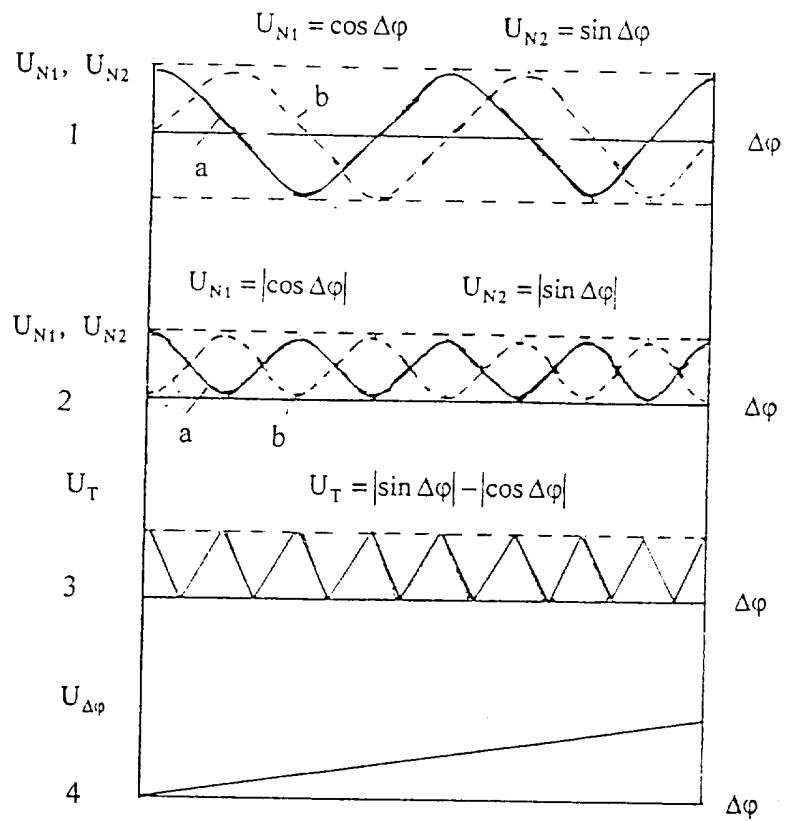


Fig. 3