

(19)



(10) **LT 4876 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patento numeris: **4876**

(51) Int. Cl.⁷: **G01J 3/433**

(21) Paraiškos numeris: **99-155**

(22) Paraiškos padavimo data: **1999 12 30**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2001 07 25**

(45) Patento paskelbimo data: **2001 12 27**

(62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —

(85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —

(30) Prioritetas: —

(72) Išradėjas:

Algirdas AUDZIJONIS, LT
Antanas STASIUKYNAS, LT
Leonardas ŽIGAS, LT
Manefa MIŠKINIENĖ, LT
Donatas BALNIONIS, LT
Lina AUDZIJONIENĖ, LT
Janas SIROICAS, LT
Vidas PAULIKAS, LT
Raimundas ŽALTAUSKAS, LT
Antanas KRIKŠČIŪNAS, LT
Gediminas GAIGALAS, LT

(73) Patento savininkas:

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

(74) Patentinis patikėtinis:

—

(54) Pavadinimas:

Kristalo moduluotos šviesos atspindžio ir sugerties koeficientų matavimo būdas

Kristalo moduluotos šviesos atspindžio ir sugerties koeficientų matavimo būdas priklauso optikos sričiai ir gali būti panaudotas diferencialinėje spektroskopijoje. Išradimo tikslas padidinti kristalo moduluotos šviesos atspindžio ir sugerties koeficientų matavimo tikslumą. Tuo tikslu panaudojamas kristalo moduluotos šviesos atspindžio ir sugerties koeficientų matavimo būdas, kuriame monochromatinė šviesa moduluojama bangiškai ir pagal intensyvumą, komutuojama veidrodžių optine sistema, ko pasekoje gaunami signalai, proporcingi krintančios į bandinį ir praėjusios pro bandinį šviesos intensyvumams ir signalai, proporcingi bangiškai moduluotiems krintančios į bandinį ir praėjusios pro bandinį šviesos intensyvumams. Visi signalai keturiais atminties elementais ir trimis keitikliais ir dviem diferencialiais stiprintuvais paverčiami signalais, proporcingais kristalo bangiškai moduluotos šviesos atspindžio ir sugerties koeficientams.

Išradimas priklauso optikos sričiai ir gali būti panaudotas bangiškai moduluotos šviesos kristalų atspindžio ir sugerties koeficientų spektro tiksliam matavimui.

Žinomas kristalo moduluotos šviesos atspindžio ir sugerties koeficientų matavimo būdas, pagrįstas nustatymu dydžių (gavimu spektro) $\frac{\partial R(\lambda)}{\partial(\lambda)} \cdot \frac{1}{R(\lambda)}$,

kur R – tiriamojo bandinio šviesos atspindžio koeficientas,

λ – bangos ilgis. (M. Welkovsky, R. Braunstein, A double bean single detector wavelength modulation spectrometer, Rev. Sci. Instrum., V. 43, No.3, p. 339–407 (1972)).

Tam monochromatoriaus sukurti du šviesos spinduliai paduodami į optinę sistemą, kurioje iš vieno spindulio gaunamas vienas dažniu ω bangiškai moduluotas krintantis į bandinį spindulys ir antras – dažniu ω_2 moduluotas krintantis spindulys. Abu skirtingais laiko tarpais atsispindėję spinduliai nuo bandinio paviršiaus sukuria du atsispindėjusius spindulius: vienas atsispindėjęs spindulys yra dažniu ω bangiškai moduluotas, o antras yra dažniu ω_2 moduluotas pagal šviesos intensyvumą. Visi keturi spinduliai paduodami į du fotoimtuvus, kurie prijungti prie sinchroninių stiprintuvų. Išėjusieji iš sinchroninių stiprintuvų du signalai dažnio ω ir ω_2 ir du signalai proporcingi dažnio ω ir ω_2 krintančių į bandinį šviesos intensyvumui sudalomi panaudojant elektromechaninius mazgus. Gautieji dalybos signalai dažnio ω ir ω_2 paduodami į registratorius. Šis kristalo moduluotos šviesos atspindžio ir sugerties koeficiento matavimo būdas turi trūkumų. Matavimo tikslumą mažina dviejų fotoimtuvų, elektromechaninių mazgų ir kintančių laikui bėgant skirtingo dydžio signalų nevienalaikis matavimas.

Artimiausias siūlomam būdai yra kristalo moduliacinio šviesos atspindžio ir sugerties koeficientų matavimo būdas, pagrįstas gavimu spektro $\frac{\partial R(\lambda)}{\partial(\lambda)} \cdot \frac{1}{R(\lambda)}$,

kur R – tiriamojo bandinio šviesos atspindžio koeficientas,

λ – bangos ilgis. (R. Zucca, Y. R. Shen, Wide range wavelength modulation spectrometer, Applied Optics, V. 12, No. 6, p. 1293–1298 (1973)).

Jame monochromatoriaus sukurtas vienas šviesos spindulys, per bangos ilgio moduliatorių paduodamas į optinę sistemą, kurioje optinis perjungiklis suskirsto šviesos spindulį į krintantį ir atsispindėjusį nuo bandinio. Visi spinduliai patenka į fotoimtuvą ir stiprintuvus, iš kurių išeina signalas proporcingas atspindžio koeficiento

pirmajai išvestinei pagal bangos ilgį $\frac{\partial R}{\partial \lambda}$, padalintai iš atspindžio koeficiento R . Tokius signalus padeda sukurti grįžtamieji elektroninio ryšio grandinės tarp sinchroninių stiprintuvo išėjimo ir elektromechaninio bloko, kuris valdo monochromatoriaus įėjimo plyšio plotį. Kintant bangos ilgiui λ plyšio plotis keičiamas taip, kad atspindžio koeficientas $R(\lambda)$ būtų pastovus. Šio matavimo būdo trūkumas tas, kad būtina panaudoti elektromechaninį bloką ir plyšį ekranuojančią fotometrinę diafragmą, kas duoda sisteminės matavimo paklaidas.

Išradimo tikslas – patobulinti bangiškai moduluotos šviesos kristalų atspindžio koeficiento $\frac{\partial R}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{R}$ ir sugerties koeficiento $l \frac{\partial R}{\partial \lambda}$,

kur R – bandinio šviesos atspindžio koeficientas,

K – bandinio šviesos sugerties koeficientas,

l – bandinio storis,

matavimo būdą, padidinant matavimo tikslumą ir sutrumpinant matavimo laiką.

Minėtas tikslas pasiekiamas kristalo moduluotos šviesos atspindžio ir sugerties koeficientų matavimo būdu, kuriame monochromatinė šviesa bangiškai moduluojama ir registruojama. Papildomai moduluojamas šviesos intensyvumas, o po to komutuojamas veidrodžių optinė sistema, ko pasekoje gaunami signalai, proporcingi

$$I_a(\lambda), I_0(\lambda), \frac{\partial I_a(\lambda)}{\partial(\lambda)}, \frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial(\lambda)},$$

kur I_0 – krintančios į bandinį šviesos intensyvumas,

I_a – atspindėjęs nuo bandinio šviesos intensyvumas,

λ – bangos ilgis,

ir perstačius veidrodžius komutuojuant gaunami signalai, proporcingi $\frac{\partial I(\lambda)}{\partial(\lambda)}, \frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial(\lambda)},$

$$I(\lambda), I_0(\lambda),$$

kur I_0 – krintančios į bandinį šviesos intensyvumas,

I_a – atspindėjęs nuo bandinio šviesos intensyvumas,

I – praėjusios pro l storio bandinį šviesos intensyvumas,

λ – bangos ilgis,

kurie keturiais atminties elementais ir trimis įtampų keitikliais paverčiami

signalais, proporcingais $\frac{\partial I(\lambda)}{\partial(\lambda)} \cdot \frac{1}{I(\lambda)}$ ir $\frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial(\lambda)} \cdot \frac{1}{I_0(\lambda)},$

kur I – praėjusios pro l storio bandinį šviesos intensyvumas,

I_0 – krintančios į bandinį šviesos intensyvumas,

λ – bangos ilgis,

kurie diferenciniais stiprintuvais paverčiami į signalus proporcingus

$$\frac{\partial R}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{R(\lambda)} = \frac{\partial I_a(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{I_0(\lambda)} - \frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{I_0(\lambda)},$$

o perstačius veidrodžius paverčiami signalais, proporcingais

$$\left[l \frac{\partial K(\lambda)}{\partial \lambda} \right]_0 = \frac{\partial I(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{\partial(\lambda)} - \frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{I_0(\lambda)},$$

kur K – bandinio šviesos sugerties koeficientas,
 I_0 – krintančios į bandinį šviesos intensyvumas,
 I – praėjusios pro l storio bandinį šviesos intensyvumas,
 λ – bangos ilgis,

iš kurių registratoriumi gaunamas bangiškai moduluotos šviesos kristalų atspindžio koeficientas $\frac{\partial R(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{R(\lambda)}$ ir bangiškai moduluotos šviesos kristalų sugerties koeficientas

$$l \cdot \frac{\partial K(\lambda)}{\partial \lambda} = \left[l \frac{\partial K(\lambda)}{\partial \lambda} \right]_0 - \frac{R\lambda}{1 - R(\lambda)}.$$

Išradimas iliustruojamas brėžiniu, kur fig 1. pavaizduota bangiškai moduluotos šviesos spektrometro blokinė schema.

Šviesos šaltinio (1) šviesa moduluojama dažnio ω_2 optinio intensyvumo moduliatoriumi (2) ir paduodamas į monochromatorių (3), kuriame šviesa dažniu ω moduluojama bangiškai su bangos ilgio moduliatoriumi (4), patenka į optinį komutatorių (5), kuris paeiliui komutuoja į fotoimtuvą (6) krintančią ir atspindėjusią nuo bandinio (7) šviesą dažniu ω_1 . Fotoimtuvo (6) signalas susideda iš keturių skirtingų signalų: dažnio ω_2 signalo, proporcingo krintančios šviesos į bandinį (7) intensyvumui – $I_0(\lambda)$, kur λ – monochromatinės šviesos bangos ilgis; dažnio ω signalo, proporcingo krintančios šviesos į bandinį (7) intensyvumo pagal bangos ilgį λ pirmajai išvestinei – $\frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial \lambda}$; dažnio ω_2 signalo, proporcingo atspindžio šviesos nuo tiriamojo bandinio (7) intensyvumui – $I_a(\lambda)$; dažnio ω signalo, proporcingo atspindžio šviesos nuo tiriamojo bandinio (7) intensyvumo pagal bangos ilgį λ pirmajai išvestinei – $\frac{\partial I_a(\lambda)}{\partial \lambda}$. Keturi signalai proporcingi $I_a(\lambda)$, $\frac{\partial I_a(\lambda)}{\partial \lambda}$, $I_0(\lambda)$, $\frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial \lambda}$ paduodami į sinchroninius stiprintuvus (8,9), kuriems atraminius signalus sukuria signalų davikliai (11,12). Sinchroniškai detektuoti signalai nuo sinchroninių stiprintuvų (8, 9) proporcingi $\frac{\partial I_a(\lambda)}{\partial \lambda}$ ir $I_a(\lambda)$ paduodami į atminties elementus (13,15) atatinkamai.

Sinchroniškai detektuoti signalai nuo sinchroninių stiprintuvų (8,9) proporcingi $\frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial \lambda}$

ir $I_0(\lambda)$ paduodami į atminties elementus (14,16) atatinkamai. Iš atminties elementų (13, 16) vienu metu išeinančius signalus sudalina įtampų dalybos keitikliai (17 – 19). Įtampų dalybos keitiklis (17) sudalina signalus išeinančius iš atminties elementų (13 ir 15). Įtampų dalybos keitiklio (17) išėjime gaunamas signalas yra proporcingas $\frac{\partial I_a(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{I_a(\lambda)}$. Įtampų dalybos keitiklis (18) sudalina signalus išeinančius iš atminties elementų (14 ir 16). Įtampų dalybos keitiklio (18) išėjime gaunamas signalas, proporcingas $\frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{I_0(\lambda)}$. Įtampų dalybos keitiklis (19) sudalina signalus

išeinančius iš atminties elementų (15 ir 16). Įtampų dalybos keitiklio (19) išėjime gaunamas signalas, proporcingas bandinio šviesos atspindžio koeficientui $\frac{I_a(\lambda)}{I_0(\lambda)} = R$.

Signalai iš įtampų dalybos keitiklių (17) ir (18) patenka į diferencinį stiprintuvą (20) kurio išėjime gaunamas signalas proporcingas

$$\frac{\partial I_a(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{I_a(\lambda)} - \frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{I_0(\lambda)} = \frac{\partial R(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{R(\lambda)}.$$

Signalas proporcingas $\frac{\partial R(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{R(\lambda)}$ iš diferencinio stiprintuvo (12) išėjimo ir

signalas proporcingas $R(\lambda)$ iš įtampų dalybos keitiklio (19) išėjimo paduodami į dvikanalio registratoriaus (21) abiejų kanalų įėjimus.

Norint su spektrometru matuoti bangiškai moduluotos šviesos sugerties koeficiento $I \frac{\partial K(\lambda)}{\partial \lambda}$ spektrą, optiniame komutatoriuje (5) veidrodžiai perstatomi taip,

kad į fotoimtuvą (6) patektų krintanti ir praėjusi pro bandinį (7) šviesa dažniu ω_1 . Tuomet fotoimtuvo (6) signalas susideda iš keturių skirtingų signalų: dažnio ω_2 signalo, proporcingo krintančios šviesos į bandinį (7) intensyvumui $I_0(\lambda)$ kur λ – monochromatinės šviesos bangos ilgis; dažnio ω signalo, proporcingo krintančios į bandinį (7) intensyvumo pagal bangos ilgį λ pirmajai išvestinei – $\frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial \lambda}$; dažnio ω_2

signalu, proporcingo praėjusios šviesos pro bandinį (7) intensyvumui – $I(\lambda)$; dažnio ω signalu, proporcingo praėjusios šviesos pro bandinį (7) intensyvumui pagal bangos ilgį λ pirmajai išvestinei – $\frac{\partial I(\lambda)}{\partial \lambda}$. Keturi signalai proporcingi $I(\lambda)$, $\frac{\partial I(\lambda)}{\partial \lambda}$, $I_0(\lambda)$,

$\frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial \lambda}$ paduodami į stiprintuvus (8, 9), kuriems atraminius signalus sukuria signalų davikliai (11, 12). Sinchroniškai detektuoti signalai nuo sinchroninių stiprintuvų (8, 9) proporcingi $\frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial \lambda}$ ir $I_0(\lambda)$ paduodami atatinkamai į atminties elementus (13) ir (15).

Sinchroniškai detektuoti signalai nuo sinchroninių stiprintuvų (8, 9) proporcingi $\frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial \lambda}$ ir $I_0(\lambda)$ paduodami atatinkamai į atminties elementus (14) ir (16). Iš atminties

elementų (13, 16) vienu metu išeinančius signalus sudalina įtampų dalybos keitikliai (17 – 19). Įtampų dalybos keitiklio (17) išėjime gaunamas signalas yra proporcingas $\frac{\partial I(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{I(\lambda)}$. Įtampų dalybos keitiklis (18) sudalina signalus, išeinančius iš atminties

elementų (14) ir (16). Įtampų dalybos keitiklio (18) išėjime gaunamas signalas, proporcingas $\frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{I_0(\lambda)}$. Signalai iš įtampų dalybos keitiklių (17) ir (18) patenka į diferencinį stiprintuvą (20), kurio išėjime gaunamas signalas, proporcingas

$$\frac{\partial I(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{I(\lambda)} - \frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{I_0(\lambda)} = \left[l \frac{\partial K(\lambda)}{\partial \lambda} \right]_0$$
 Dydis $l \frac{\partial K(\lambda)}{\partial \lambda} = \left[l \frac{\partial K(\lambda)}{\partial \lambda} \right]_0$, jeigu $R(\lambda)$ nepriklauso nuo λ . Tuo atveju, kai matuojamojo spektro srityje $R(\lambda)$ priklauso nuo λ , tai $l \frac{\partial K(\lambda)}{\partial \lambda} = \left[l \frac{\partial K(\lambda)}{\partial \lambda} \right]_0 - \frac{\partial R(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{[1 - R(\lambda)]}$. Dydis $\frac{\partial R(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{[1 - R(\lambda)]}$ nustatomas iš dvikanaliame registratoriuje (21) nubrėžtų dviejų grafikų $\frac{\partial R(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{R(\lambda)}$ ir $\frac{R(\lambda)}{1 - R(\lambda)}$. Dydis $\frac{\partial R(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{[1 - R(\lambda)]}$ randamas sudauginus $\frac{\partial R(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{R(\lambda)}$ ir $\frac{R(\lambda)}{1 - R(\lambda)}$ tam pačiam λ .

Išradime pateiktas kristalo moduluotos šviesos atspindžio koeficiento $\frac{\partial R(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{R(\lambda)}$, paprasto atspindžio koeficiento $R(\lambda)$ ir moduluotos šviesos sugerties koeficiento $l \frac{\partial K(\lambda)}{\partial \lambda}$ spektrų matavimo būdas padidina matavimo tikslumą dėl sekančių priežasčių:

1. Signalai $\frac{\partial I_a(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{I_a(\lambda)}$ arba $\frac{\partial I(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{I(\lambda)}$ ir $\frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{I_0(\lambda)}$, $\frac{I_a(\lambda)}{I_0(\lambda)}$ reikalingi $\frac{\partial R(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{R(\lambda)}$ (arba $l \frac{\partial K(\lambda)}{\partial \lambda}$) ir $R(\lambda)$ nustatymui matuojami vienu metu ir todėl nejaučia šviesos šaltinio (1) nestabilumą.
2. Matavimo metu nenaudojami elektromechaniniai blokai ir judančios diafragmos sukeliantys sistematines paklaidas.
3. Signalai proporcingi $\frac{\partial I_a(\lambda)}{\partial \lambda}$, $I_a(\lambda)$ (arba $\frac{\partial I(\lambda)}{\partial \lambda}$, $I(\lambda)$) atfiltruojami nuo fotoimtuvo (6) triukšmo signalų, nes naudojami sinchroniniai stiprintuvai (8, 9).
4. Kadangi spektrometre naudojamas tik vienas fotoimtuvas (6), tai išnyksta paklaidos, sąlygojamos fotoimtuvų jautrio kitimo laikui bėgant.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

Kristalo moduluotos šviesos atspindžio ir sugerties koeficientų matavimo būdas, kuriame monochromatinė šviesa bangiškai moduluojama, registruojama, besiskiriantis tuo, kad šviesos intensyvumą papildomai moduluoja, o po to komutuoja veidrodžių optine sistema, ko pasekoje gauna signalus, proporcingus

$$I_a(\lambda), I_0(\lambda), \frac{\partial I_a(\lambda)}{\partial(\lambda)}, \frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial(\lambda)}.$$

kur I_0 – krintančios į bandinį šviesos intensyvumas,

I_a – atspindėjusios nuo bandinio šviesos intensyvumas,

λ – bangos ilgis.

ir komutavus perstačius veidrodžius, gauna signalus, proporcingus

$$\frac{\partial I(\lambda)}{\partial(\lambda)}, \frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial(\lambda)}, I(\lambda), I_0(\lambda),$$

kur I_0 – krintančios į bandinį šviesos intensyvumas,

I_a – atspindėjusios nuo bandinio šviesos intensyvumas,

I – praėjusios pro l storio bandinį šviesos intensyvumas,

λ – bangos ilgis,

kuriuos keturiais atminties elementais ir trimis įtampų keitikliais paverčia signalais, proporcingais

$$\frac{\partial I(\lambda)}{\partial(\lambda)} \cdot \frac{1}{I(\lambda)} \text{ ir } \frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial(\lambda)} \cdot \frac{1}{I_0(\lambda)},$$

kur I – praėjusios pro l storio bandinį šviesos intensyvumas,

I_0 – krintančios į bandinį šviesos intensyvumas,

λ – bangos ilgis,

kurie diferenciniais stiprintuvais paverčiami į signalus

$$\frac{\partial R}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{R(\lambda)} = \frac{\partial I_a(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{I_0(\lambda)} - \frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{I_0(\lambda)},$$

o perstačius veidrodžius paverčiami signalais, proporcingais

$$\left[l \frac{\partial K(\lambda)}{\partial \lambda} \right]_0 = \frac{\partial I(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{\partial(\lambda)} - \frac{\partial I_0(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{I_0(\lambda)},$$

kur K – bandinio šviesos sugerties koeficientas,

I_0 – krintančios į bandinį šviesos intensyvumas,

I – praėjusios pro l storio bandinį šviesos intensyvumas,

λ – bangos ilgis,

iš kurių registratoriumi gauna kristalo bangiškai moduluotos šviesos atspindžio

koeficientą $\frac{\partial R(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{R(\lambda)}$ ir kristalo bangiškai moduluotos šviesos sugerties

koeficientą

$$l \cdot \frac{\partial K(\lambda)}{\partial(\lambda)} = \left[l \frac{\partial K(\lambda)}{\partial \lambda} \right]_0 - \frac{R\lambda}{1 - R(\lambda)}.$$

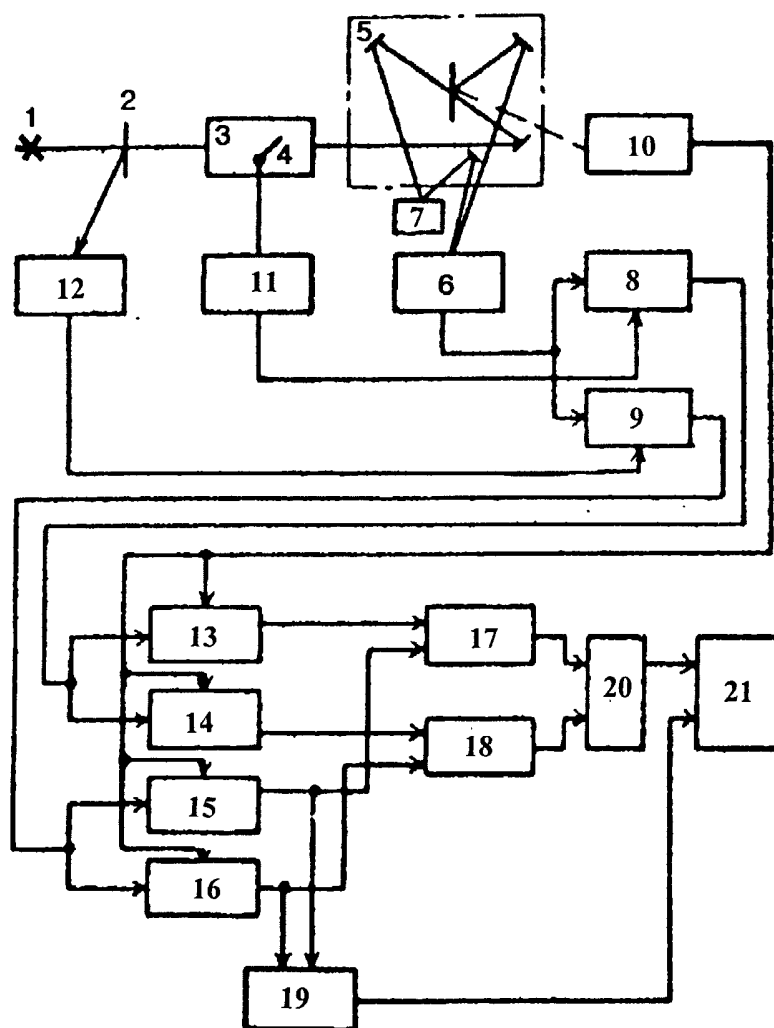


Fig. 1