

(19)



(10) **LT 6138 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patent numeris: **6138** (51) Int. Cl. (2015.01): **G01R 21/00**

(21) Paraiškos numeris: **2014 072**

(22) Paraiškos padavimo data: **2014 05 29**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2014 12 29**

(45) Patent paskelbimo data: **2015 04 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:

Rimantas SIMNIŠKIS, LT
Žilvinas Andrius KANCLERIS, LT
Mindaugas DAGYS, LT
Paulius RAGULIS, LT

(73) Patent savininkas:

Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Fizinių ir technologijos mokslų centras,
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, LT

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Lina MEŠKAUSKIENĖ, Advokatų kontora Meškauskienė ir Tuzovaitė, A.
Mickevičiaus g. 6/Karaimų g. 1, LT-08119 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Mikrobangų galios jutiklio temperatūrinio kompensavimo sistema

(57) Referatas:

Pasiūlyme aprašyta mikrobangų galios jutiklio temperatūrinio kompensavimo sistema. Tokie elektromagnetinės spinduliuotės jutikliai yra plačiai naudojami matuoti radarų spinduliuojamų impulsų galią, mikrobangų spinduliuotės trikdžius, o taip pat dažnai taikomi elektroninės įrangos elektromagnetinio atsparumo bandymo aikštelėse bei karinėje technikoje. Varžinio jutiklio jautris stipriai priklauso nuo paties varžinio elemento darbo temperatūros. Jutiklio temperatūra, o taip pat ir juo užregistruotas signalas kinta tiek kintant aplinkos temperatūrai, tiek jo veikos metu, t. y. dėl sąveikos su mikrobangų spinduliuote. Šiuo išradimu siekiama išspręsti ankščiau paminėtas problemas, susijusias su aukštų dažnių impulsinės elektromagnetinės spinduliuotės galios matuoklio temperatūriniu kompensavimu ir sukurti sistemą, kurioje jutiklio temperatūros matavimą būtų galima tiesiogiai atlikti pačiu varžiniu jutikliu.

TECHNIKOS SRITIS

Šis išradimas priklauso puslaidininkinių prietaisų sričiai ir yra susijęs su puslaidininkiniais didelės galios mikrobangų spinduliuotės jutikliais. Tiksliau, šis išradimas yra susijęs su mikrobangų spinduliuotės galios matavimo tikslumo užtikrinimu plačiame temperatūros intervale.

TECHNIKOS LYGIS

Pasiūlyme aprašyta mikrobangų galios jutiklio temperatūrinio kompensavimo sistema. Tokie elektromagnetinės spinduliuotės jutikliai yra plačiai naudojami matuoti radarų spinduliuojamų impulsų galią, mikrobangų spinduliuotės trikdžius, o taip pat dažnai taikomi elektroninės įrangos elektromagnetinio atsparumo bandymo aikštelėse bei karinėje technikoje.

Šiuo metu mikrobangų dažnių srities impulsų registravimui bei jų galios matavimui naudojamos kelios skirtingos jutiklių sistemos. Vienoje iš minėtų sistemų yra vienalaikiškai matuojama vidutinė mikrobangų galia bei spinduliuotės veikos trukmė. Užregistruota suvidurkinta spinduliuotės galia yra dažniausiai padalinama iš veikos trukmės - taip gaunama vieno aukšto dažnio spinduliuotės impulso galia. Žinoma, norint taip išmatuoti mikrobangų impulso galią, reikia užregistruoti pakankamai ilgą impulsų seką, tad pavienio impulso arba impulso su ypatingai mažu pasikartojimo dažniu galios registravimas tampa beveik neįmanomu. Taip pat šiose sistemose dažniausiai naudojamas stačiakampio formos mikrobangų impulso artinys, tačiau ypač didelės galios aukšto dažnio spinduliuotės impulsai dažniausiai nėra tikslaus stačiakampio formos, tad taip išmatuotos suvidurkintos vieno impulso galios tikslumas dažnai yra nepakankamas tokios matavimo technologijos panaudojimui praktikoje.

Kitas mikrobangų spinduliuotės galiai matuoti skirtas sprendimas remiasi kalibruoto puslaidininkinio diodo panaudojimu. Tokiu jutikliu mikrobangų impulsas yra verčiamas srovės impulsu. Kadangi minėtas jutiklis tiesiogiai matuoja momentinę impulso apvalkalo galią, gaunamas įvertinimas yra žymiai tikslesnis ir, kitaip nei suvidurkintos galios matavimo atveju, nėra apribotas impulso formos. Žinoma, dėl mažo diodo nuskurdintos srities pločio joje susidarantis elektrinis laukas yra stiprus netgi registruojant mažos galios impulsus, tad norint išmatuoti didelės galios spinduliuotę, ji privalo būti slopinama, o taip yra sumažinamas matavimo rezultatų tikslumas. Taip pat tokiu atveju stipriai sumažėja signalo ir triukšmo, kurio aukštos

galios mikrobangų šaltinių aplinkoje nepavyksta išvengti, santykis.

Tikslingiausia didelės galios mikrobangų spinduliuotės registravimui yra panaudoti varžinį jutiklį, kurio sandara ir teorinis pagrindimas buvo aprašyti mokslinėje M. Dagio et al. publikacijoje IEEE Antennas and Propagation Magazine 43(5), 64-79, (2001) ir priklauso šios srities specialistams žinomam technikos lygiui. Kaip ir kalibruotas diodas, varžinis jutiklis gali išmatuoti momentinę mikrobangų impulso apvalkalo galią, tačiau dėl homogeniško lauko pasiskirstymo jutiklio tūryje, toks jutiklis gali būti lengvai panaudojamas didelės galios mikrobangų impulsams matuoti.

Kaip ir kitų aukščiau minėtų jutiklių atvejais, varžinio jutiklio jautris stipriai priklauso nuo jo darbo temperatūros. Jutiklio temperatūra, o taip pat ir juo užregistruoto signalo dydis kinta tiek kintant aplinkos temperatūrai, tiek jo veikos metu, t. y. dėl sąveikos su mikrobangų spinduliuote. Dėl šios priežasties, norint pakankamai tiksliai matuoti aukšto dažnio impulsų galią plačiame temperatūros intervale, yra privaloma tam tikru būdu kompensuoti šią jutiklio jautrio temperatūrinę priklausomybę, be to minėtas kompensavimas turi būti atliekamas nuolat.

Sprendimas, kuriuo buvo siekiama kompensuoti aukšto dažnio impulsinės elektromagnetinės spinduliuotės jutiklių matavimo tikslumą kintant temperatūrai, yra pateiktas Jungtinių Amerikos Valstijų patentinėje paraiškoje Nr. US3237101, aprašančioje dviejų termistorių panaudojimą mikrobangų galiai matuoti. Vienas iš termistorių yra naudojamas aukšto dažnio spinduliuotės galios matavimui, tuo tarpu kitas termistorius yra panaudojamas galios matavimo termistoriaus temperatūriniam kompensavimui. Šioje sistemoje abiejų termistorių aplinkos temperatūra turi būti kuo panašesnė. Tačiau, kadangi termistoriai privalo būti pakankamai arti vienas kito norint išlaikyti gerą šiluminį kontaktą, pati jutiklio sistema tampa didele ir nepatogia naudoti mažo dydžio bangolaidžiuose. Norint šią sistemą naudoti ir mažuose bangolaidžiuose, temperatūrai matuoti skirtas termistorius gali būti patalpinamas bangolaidžio išorėje, tačiau vienodą temperatūrą abiejų termistorių aplinkoje tokiu atveju užtikrinti tampa sudėtinga. Dėl šios priežasties, matuojamo signalo jautris tokiame temperatūriškai kompensuotame jutiklyje lieka priklausomas nuo temperatūros ir netinka didelio tikslumo mikrobangų galios matavimams. Papildomo temperatūrai jautraus elemento, pavyzdžiui, iš didelės savitosios varžos silicio kristalo pagaminto temperatūros jutiklio, panaudojimas mikrobangų impulso galios

jutiklio temperatūriniam kompensavimui buvo pritaikyti ir varžinio jutiklio jautrio temperatūriniam kompensavimui, tačiau aukščiau paminėtų problemų, susijusių su netiksliu temperatūros matavimu, išvengti nepavyko.

IŠRADIMO ESME

Šiuo išradimu siekiama išspręsti ankščiau paminėtas problemas, susijusias su aukštų dažnių impulsinės elektromagnetinės spinduliuotės galios matuoklio temperatūriniam kompensavimu ir sukurti sistemą, kurioje temperatūriniam jutiklio kompensavimui būtų galima tiesiogiai panaudoti galiai matuoti skirtą varžinio jutiklio parametrus.

Šiame išradime vietoje dviejų elementų, iš kurių vienas yra skirtas matuoti j krintančios elektromagnetinės spinduliuotės galiai, o kitas naudojamas pirmojo elemento temperatūriniam kompensavimui atlikti, yra naudojamas vienas jutiklis. Tiek spinduliuotės galia, tiek temperatūros kontrolė yra atliekami pasitelkiant unikalias varžinio jutiklio savybes.

Šiame išradime kaip varžinis jutiklis yra naudojamas legiruotas n -tipo silicio kristalas, kuris yra talpinamas elektromagnetinės spinduliuotės impulsų sklidimo kelyje, pavyzdžiui, bangolaidyje. Varžinio jutiklio specifinė varža bei matmenys parenkami pagal naudojamą bangolaidžio tipą bei norimą išmatuoti impulsinės mikrobangų spinduliuotės dažnių intervalą.

Per varžinį jutiklį tekant nuolatinei srovei yra išmatuojama jutiklio varža $R(T)$. Jei ši varža skiriasi nuo minėto jutiklio varžos R_{Tk} jam esant kambario temperatūros T_k , jutiklio maitinimo srovė keičiama pagal sąryšį:

$$I = I_0 \left(\frac{R(T)}{R_{T0}} \right)^{-\left(\frac{\gamma}{\alpha} + 1 \right)}$$

Kadangi ši mikrobangų galios jutiklio temperatūrinio kompensavimo sistema yra taikoma jutikliams, skirtiems matuoti impulsinės mikrobangų spinduliuotės, kurios pasikartojimo dažnis dažniausiai yra mažas palyginti su pačios elektromagnetinės spinduliuotės dažniu, galiai, minėtieji žingsniai gali būti lengvai kartojami bet kuriuo matavimo metu, t. y. kai minėtas jutiklis nėra veikiamas mikrobangų spinduliuotės impulsu. Tai ne tik leidžia nuolat registruoti elemento temperatūrą, tačiau taip pat lengvai patikslinti varžinio jutiklio temperatūrinį kompensavimą po kiekvieno

užregistruoto impulso.

TRUMPAS BRĖŽINIŲ FIGŪRŲ APRAŠYMAS

Norint geriau suprasti išradimą ir įvertinti jo praktinius pritaikymus, pateikiami šie aiškinamieji brėžiniai. Brėžiniai pateikiami tik kaip pavyzdžiai ir jokių būdu neriboja išradimo apimtį. Santykinio varžinio jutiklio jautrio kitimo nuo temperatūros grafikas taip pat jokių būdu nenurodo maksimalaus jutiklio kompensuotos veikos intervalo ir yra pateikiamas tik kaip pavyzdys. Brėžiniuose trumpomis plonomis linijomis su ir be rodyklių vaizduojami elektriniai ryšiai, o stora linija su rodykle vaizduoja impulsinės mikrobangų spinduliuotės sklaidimo kryptį.

Fig. 1. Mikrobangų galios jutiklio temperatūrinio kompensavimo sistemos schema;

Fig. 2. Varžinio jutiklio įtampos priklausomybė nuo laiko, kai per jį teka nuolatinė maitinimo šaltinio srovė bei jį veikia trumpi didelės galios mikrobangų spinduliuotės impulsai;

Fig. 3. Kompensuoto varžinio jutiklio santykinio jautrio kitimo nuo temperatūros priklausomybė.

TINKAMIAUSI ĮGYVENDINIMO VARIANTAI

Šiuo išradimu siekiama išspręsti ankščiau paminėtas problemas, susijusias su aukštų dažnių impulsinės elektromagnetinės spinduliuotės galios matuoklio temperatūriniu kompensavimu ir sukurti sistemą, kurioje temperatūriniam jutiklio kompensavimui būtų galima tiesiogiai panaudoti galiai matuoti skirtą varžinio jutiklio parametrus.

Tinkamiausiame išradimo įgyvendinimo variante mikrobangų galios jutiklio temperatūrinio kompensavimo sistemos schema yra pateikta Fig. 1 ir yra sudaryta iš srovės šaltinio (1), varžinio jutiklio (2), mikrovaldiklio su analoginiams signalams matuoti, keisti į skaitmeninius bei šaltiniams valdyti reikalingais papildomais priedais (3) bei įrenginio, kuris gali būti skirtas jutiklio išėjimo signalui vaizdinti, pavyzdžiui, oscilografo (4). Varžinis jutiklis, talpinamas aukšto dažnio impulsinės elektromagnetinės spinduliuotės sklaidimo erdvės dalyje, yra maitinamas nuolatine srove I_0 . Pavyzdinis varžinio elemento signalas esant maitinimo srovei bei į jutiklį krentant impulsinei mikrobangų spinduliuotei yra pateiktas Fig. 2. Jutiklio temperatūrinis kompensavimas vyksta tuo metu, kai varžinis jutiklis nėra veikiamas

didelės galios elektromagnetinės spinduliuotės impulso (pavyzdžiui, laiko momentu t_m). Minėtuoju laiko momentu yra išmatuojama nuolatinė įtampa U , susidariusi tarp minėto jutiklio kontaktų. Žinant šią įtampą, maitinimo srovę bei tam tikrus varžinio jutiklio parametrus, pavyzdžiui, temperatūrinį varžos koeficientą bei jutiklio varžą kambario temperatūros sąlygomis ($T_k=293$ °K), galima apskaičiuoti momentinę jutiklio temperatūrą. Žinant jutiklio temperatūrą, jo maitinimo srovė gali būti keičiama taip, kad varžinio jutiklio išėjimo signalo dydis jį veikiant elektromagnetinės spinduliuotės impulsui būtų toks pat, kaip ir signalo dydis veikiant tokios pat galios elektromagnetinės spinduliuotės impulsui, tačiau jutikliui esant kambario temperatūros T_k . Tokios sistemos kompensuoto varžinio jutiklio santykinio jautrio priklausomybė nuo jutiklio veikos temperatūros yra pateikta Fig. 3.

Pradėjus matavimą, prie minėto varžinio jutiklio (2) yra prijungiama nuolatinė maitinimo šaltinio (1) maitinimo srovė I_0 , kurios dydis yra pakankamas matavimui, jei jutiklio temperatūra yra lygi temperatūrai $T_k=293$ °K. Per varžinį jutiklį (2) tekant nuolatinei srovei yra išmatuojama tarp minėto varžinio jutiklio (2) kontaktų susidaranti nuolatinė įtampa U . Pagal Omo dėsnį iš šių dviejų verčių yra apskaičiuojama jutiklio (2) varža $R(T)$. Jei ši varža skiriasi nuo minėto jutiklio (2) varžos R_{T_k} jam esant kambario temperatūros T_k , mikrovaldiklis (3) apskaičiuoja srovės dauginimo koeficientą:

$$I = I_0 \left(\frac{R(T)}{R_{T_0}} \right)^{-\left(\frac{\gamma}{\alpha} + 1 \right)}$$

Į šį koeficientą įeina minėto varžinio jutiklio (2) varža jam esant kambario temperatūros R_{T_k} , jutiklio (2) varžos temperatūrinis koeficientas α bei koeficientas γ , kuris yra susijęs su karštųjų elektronų dalies temperatūriniu pokyčiu. Pagal suskaičiuotą srovės daugiklį mikrovaldiklis (3) keičia nuolatinę minėto jutiklio (2) maitinimo srovę.

Kitaip nei naudojant atskirą temperatūrai matuoti skirtą prietaisą ar elementą, šia sistema varžinio jutiklio temperatūra yra išmatuojama tiksliai, kadangi tam yra naudojamas paties jutiklio varžos kitimas, taip pat sumažėja temperatūros kompensavimui realizuoti reikalingų elementų skaičius, o visas sistemos grandynas tampa pigesniu, ilgaamžiškesniu bei paprastesniu naudoti. Taip pat ši sistema įgalina minėtą temperatūriškai kompensuotą jutiklį panaudoti ir mažesniuose

bangolaidžiuose.

Naudodamasis ankščiau aprašytu pavyzdžiu, šios srities specialistas gali pasiūlyti ir daugiau mikrobangų galios jutiklio temperatūrinio kompensavimo sistemos konstrukcijų, temperatūrinio kompensavimo eigos algoritmų bei teorinių modelių, tačiau šio išradimo apsauga turėtų apimti visas mikrobangų galios jutiklio temperatūrinio kompensavimo sistemas, kuriose spinduliuotės impulsų registravimui bei temperatūros stabilizavimui yra panaudojamas varžinis elementas ir jo parametrų kitimo nuo temperatūros priklausomybės.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Mikrobangų galios jutiklio temperatūrinio kompensavimo sistema, turinti bangolaidžio dalį aukšto dažnio elektromagnetinės spinduliuotės nukreipimui į jutiklį, impulsinės mikrobangų galios matavimo jutiklį, elektrines jungtis jutiklio signalams perduoti, maitinimo šaltinį bei valdymo bloką ir indikacinį prietaisą išmatuotai mikrobangų galiai vaizdinti, besiskirianti tuo, kad galios matavimo jutiklis yra varžinis, o minėto jutiklio varžos pokytis yra panaudojamas tiek mikrobangų galios matavimui, tiek temperatūriniam kompensavimui atlikti.
2. Sistema pagal 1 punktą, besiskirianti tuo, kad temperatūrinis kompensavimas bei aukšto dažnio elektromagnetinės spinduliuotės impulso galios matavimas atliekamas skirtingais laiko momentais.
3. Sistema pagal vieną iš 1-2 punktų, besiskirianti tuo, kad minėtoje sistemoje, kurioje prie minėto varžinio jutiklio yra tiesiogiai prijungtas valdymo bloko kontroliuojamas maitinimo šaltinis, temperatūrinis kompensavimas atliekamas parenkant varžiniu jutikliu tekančią nuolatinę maitinimo srovę.
4. Sistema pagal vieną iš 1-3 punktų, besiskirianti tuo, kad minėtas valdymo blokas yra pritaikytas išmatuoti minėto jutiklio varžą bei nustatyti minėto jutiklio temperatūrą tuo metu, kai minėtas jutiklis nėra veikiamas išorinės elektromagnetinės spinduliuotės impulsu.
5. Sistema pagal vieną iš 1-4 punktų, besiskirianti tuo, kad valdymo blokas nustato tokią maitinimo srovę, jog išmatuota aukšto dažnio elektromagnetinės spinduliuotės impulso galia nepriklausytų nuo varžinio jutiklio temperatūros.

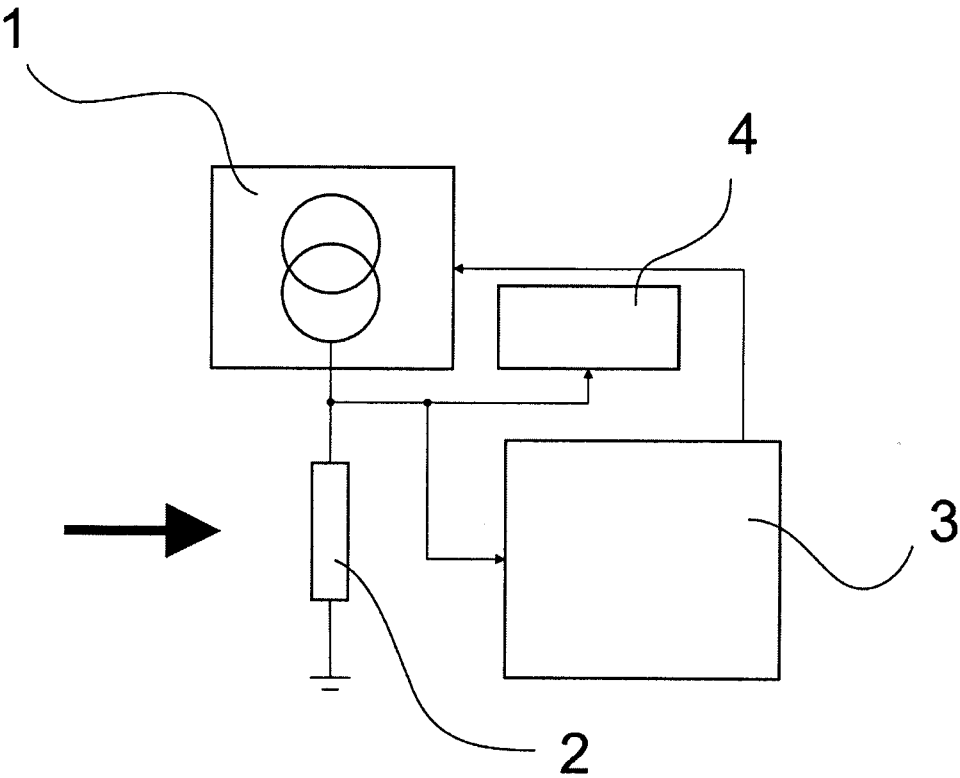


Fig. 1

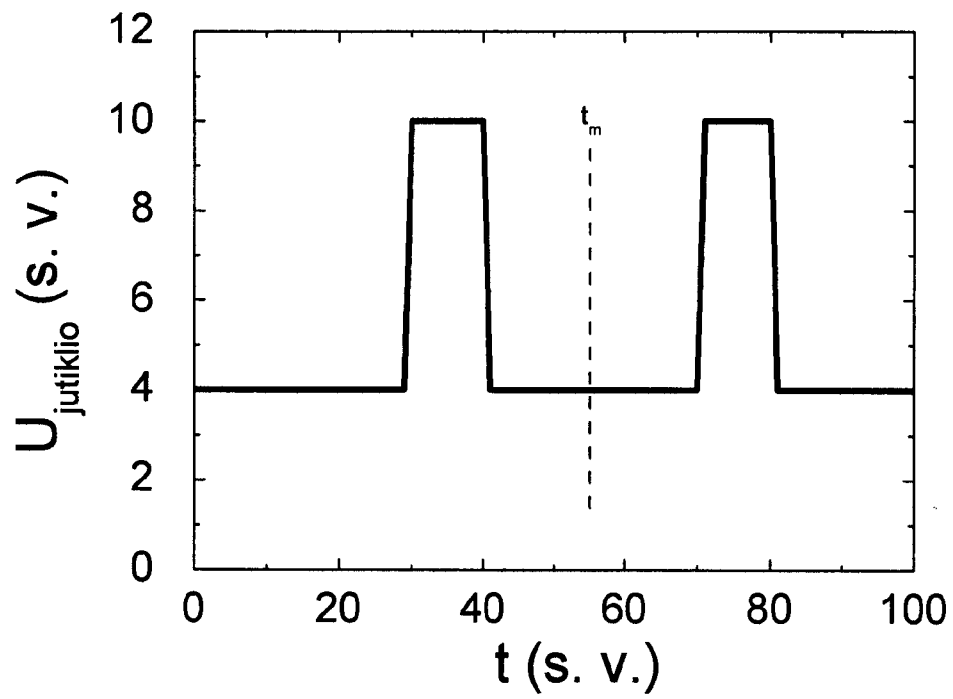


Fig. 2

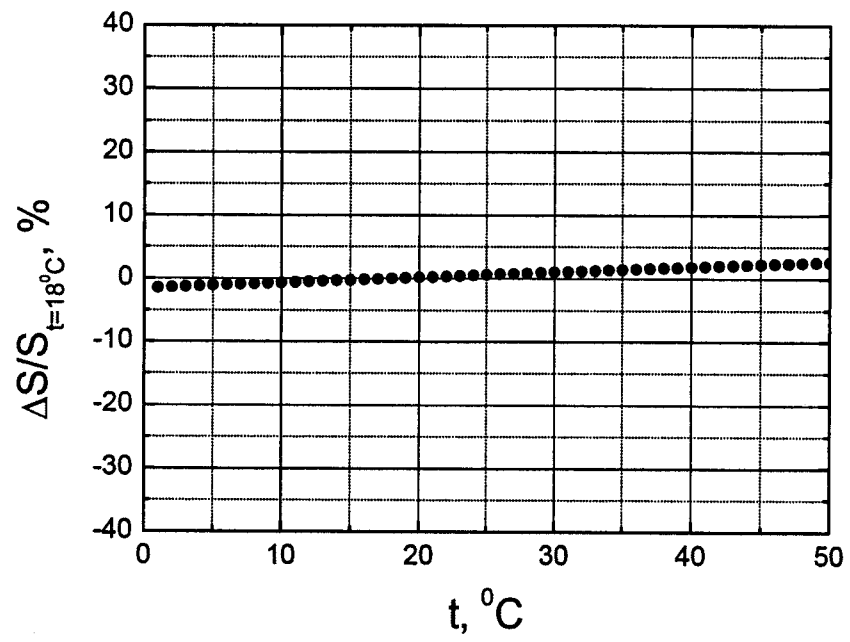


Fig. 3