

(19)



(10) **LT 6457 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patent numeris: **6457**

(51) Int. Cl. (2017.01): **A61M 16/00**
A61B 5/00

(21) Paraiškos numeris: **2015 106**

(22) Paraiškos padavimo data: **2015-12-22**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2017-06-26**

(45) Patent paskelbimo data: **2017-09-25**

(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:

Romualdas RIMEIKA, LT
Daumantas ČIPLYŠ, LT
Ramutė GIRIŪNIENĖ, LT

(73) Patent savininkas:

Vilniaus Universitetas, Universiteto g. 3, LT-01513 Vilnius, LT

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Ramutė GIRIŪNIENĖ, Saulėtekio g. 9, Fizikos fakultetas, LT-10221 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Akustinis drėgmės matavimo būdas ir drėgmės jutiklis

(57) Referatas:

Pasiūlymai yra iš elektronikos srities, o būtent iš drėgmės matavimo bei detekcijos būdų ir juos realizuojančių įtaisų sričių, ir gali būti vartojami aplinkos drėgmės matavimui bei indikacijai – detekcijai, pavyzdžiui, automobilių salonuose komfortui užtikrinti, pramoninėse patalpose bei buityje ventiliacijos automatikos srityje, šilumos ūkyje, medienos apdirbimo pramonėje, maisto ir biotechnologijų pramonėje, medicinoje paciento sveikatos stebėjimui, žmonių patiriančių didelius fizinius krūvius sveikatos būklei nustatyti, ir t. t. Pasiūlytame būde matuojamas paviršinės akustinės bangos (PAB) amplitudės U_0 , dažnio f_0 ir fazės φ_0 kitimas laike t , įtakoti aplinkos drėgmės, o būdą realizuojančiame jutiklyje drėgmei jautrusis elementas yra porfirino plėvelė. Palyginus su analogais pasiūlytas drėgmės matavimo būdas ir jį realizuojantis drėgmės jutiklis pasižymi labai trumpa atsako trukme $\Delta t < 0,1$ s, ir atsako signalas neturi histerezės, o tai sąlygoja tikslesnius drėgmės momentinių verčių ir jų pokyčių laike matavimus.

Pasiūlymas yra iš elektronikos srities, o būtent iš drėgmės matavimo bei detekcijos būdų ir juos realizuojančių įtaisų sričių, ir gali būti vartojami aplinkos drėgmės matavimui bei indikacijai – detekcijai, pavyzdžiui, automobilių salonuose komfortui užtikrinti, pramoninėse patalpose bei buityje ventiliacijos automatikos srityje, šilumos ūkyje, medienos apdirbimo pramonėje, maisto ir biotechnologijų pramonėje, medicinoje paciento sveikatos stebėjimui, žmonių patiriančių didelius fizinius krūvius sveikatos būklei nustatyti, ir t. t.

Drėgmės matavimui bei detekcijai naudojami įvairūs būdai bei juos realizuojantys įtaisai, veikiantys fizikiniais reiškiniais, jautriais drėgmės momentiniai vertei ir jos kitimui laike. Drėgmės matavimo būdo analogas veikia paviršinio laidumo matavimo principu, kuriame puslaidininkinės plėvelės paviršiuje, jautriame drėgmės poveikiui, sudaro paviršinių kontaktų grandinę ir joje matuoja srovės stiprį, keisdami analoginę vertę į skaitmeninį kodą, o gautą skaitmeninę informaciją apdoroja mikrokontrolieriu (patentas – US 2010/0175699 A1). Šiuo būdu veikiančių jutiklių trūkumas yra didelė atsako trukmė ir atsako signalo histerezė, bei jų konstrukcija yra sudėtinga.

Drėgmės matavimo analogo būde jutiklis veikia paviršinio laidumo matavimo principu ir jis sudarytas iš inertinio substrato medžiagos sluoksnio, ant kurio pagrindinio paviršiaus padaryti elektrodai, sudarantys dvi poras darbo ir skaitiklio elektrodų, kurie turi atitinkamas matmenų proporcijas, o skaitiklio elektrodai sujungti su informacijos apdorojimo mikrokontrolieriu (patentas – US 2010/0175699 A1).

Kitas – artimiausias jutiklio analogas veikia paviršinių akustinių bangų (PAB) pagrindu ir jis sudarytas iš PAB bangolaidžio sluoksnio, pavyzdžiui, ZnO plono sluoksnio ant padėklo, pavyzdžiui, Si_3N_4 , o ant ZnO sluoksnio paviršiaus priešinguose kraštuose sudaryti PAB žadinantis ir detektuojantis metaliniai elektrodai, kurie padaryti „šukų“ pavidalu ir tarp šių elektrodų ant ZnO sluoksnio paviršiaus patalpintas drėgmei jautrus sluoksnis – puslaidininkinis metalo oksidas, pavyzdžiui, alavo arba cinko oksidas, kurių masė priklauso nuo drėgmės koncentracijos ir yra matuojamas PAB dažnio pokytis (patentas – US 2010/0058857 A1). Tokių drėgmės jutiklių trūkumas yra didelė atsako trukmė ir atsako signalo histerezė.

Analogo trūkumams pašalinti drėgmės matavimo būde, kuriame jautrų drėgmei jutiklį patalpina matuojamoje aplinkoje ir skaitmenine matavimo įranga,

sujungta su jutiklio kontaktų grandine, matuoja jutiklio elektrinio laidumo parametrus, kitaip sudaro matuojamuosius elektrinius parametrus, o būtent, jautrų drėgmei jutiklį patalpina ant PAB bangolaidžio sluoksnio – ličio niobato (LiNbO_3), kurio paviršiuje sužadina PAB ir matuoja PAB sklidimo parametrų: dažnio (f)-periodo(T), amplitudės (U_0) ir fazės (φ) pokyčių atitinkamai Δf - ΔT , ΔU_0 ir $\Delta \varphi$ kitimą laike, ir iš Δf - ΔT ir $\Delta \varphi$ nustato drėgmės kitimo dažnį f_{dr} , pavyzdžiui, žmogaus ar gyvūno kvėpavimo dažnį f_{kv} , ir drėgmės stiprį – vandens garų kiekį – masę $m_{\text{H}_2\text{O}}$ tūrio vienetu ΔV , o iš U_0 ir ΔU_0 nustato momentinę drėgmę ir jos kitimo stiprį, pavyzdžiui, kvėpavimo gylį įkvėpimo ir iškvėpimo metu.

Analogo trūkumams pašalinti drėgmės matavimo jutiklyje, kuris sudarytas iš PAB bangolaidžio sluoksnio, kuris sumontuotas – užneštas ant izoliacinio padėklo, o ant bangolaidžio sluoksnio paviršiaus priešinguose kraštuose sudaryti PAB žadinantis ir detektuojantis metaliniai elektrodai, kurie padaryti „šukų“ pavidalu ir tarp šių elektrodų ant bangolaidžio sluoksnio paviršiaus patalpintas drėgmei jautrus sluoksnis, PAB žadinantis elektrodai sujungti su harmoninių virpesių generatoriumi, o detektuojantis elektrodai – su matavimo įranga, kuri turi sinchronizacijos ryšį su generatoriumi, kitaip padarytas drėgmei jautrus sluoksnis, o būtent iš porfirino plėvelės.

Fig. 1 parodyta drėgmės jutiklio konstrukcija – planarinis kontaktų išdėstymo vaizdas (a) ir pjūvio vaizdas (b). Fig. 2 parodyta drėgmei jautrus sluoksnio – porfirino fragmentas. Fig. 3 parodytas PAB signalo amplitudės $U_0(t)$ ir fazės $\varphi(t)$ atsakas laike t į staigų drėgmės pokytį. Fig. 4 parodytas kvėpavimo įtakotas PAB amplitudės kitimas laike t . Fig. 1 skaičiais pažymėta: 1 – PAB bangolaidžio sluoksnis – ličio niobatas (LiNbO_3); 2 – izoliacinis padėklas – Si_3N_4 ; 3 – drėgmei jautrus sluoksnis – porfirino plėvelė; 4 ir 5 – PAB žadinantis „šukų“ pavidalo metaliniai elektrodai; 6 ir 7 – PAB detektuojantis „šukų“ pavidalo metaliniai elektrodai; 8 – harmoninių virpesių generatorius; 9 – PAB elektrinių parametrų matavimo įranga – grandinių analizatorius; 10 – sinchronizacijos ryšio grandinė tarp matavimo įrangos 9 ir generatoriaus 8.

Drėgmės jutiklis (Fig. 1) sudarytas iš PAB bangolaidžio sluoksnio 1, pavyzdžiui, ličio niobato (LiNbO_3), kuris sumontuotas – užneštas ant izoliacinio padėklo 2, pavyzdžiui, Si_3N_4 . Ant bangolaidžio sluoksnio 1 paviršiaus priešinguose kraštuose sudaryti PAB žadinantis (4-5) ir detektuojantis (6-7) metaliniai elektrodai 4–

7, kurie padaryti „šukų“ pavidalu ir tarp šių elektrodų 4-5 ir 6-7 ant bangolaidžio sluoksnio 1 paviršiaus patalpintas drėgmei jautrus sluoksnis 3 – porfirino plėvelė. PAB žadinantis elektrodai 4-5 sujungti su harmoninių virpesių generatoriumi 8, o detektuojantis elektrodai 6-7 – su matavimo įranga 9, pavyzdžiui, grandinių analizatoriumi, kuris turi sinchronizacijos ryši 10 su generatoriumi 9.

Drėgmės jutiklis (Fig. 1) veikia tokiu būdu.

Ijungia grandinių analizatorių 9 ir generatorių 8. Grandinių analizatorius 9 per ryšio liniją 10 pasiunčia elektrinį paleidimo video impulsą ir generatorius 8 generuoja užduotos trukmės Δt radijo impulsą su pastovia užpildos virpesių amplitude U_0 , dažniu f_0 ir pradine faze φ_0 . Šie virpesiai iš generatoriaus 8 patenka į PAB žadinančius elektrodus 4-5 ir sužadinta PAB bangolaidžio sluoksniu 1 sklinda link detektuojančių elektrodų 6-7. Čia PAB pakeičiama į atitinkamus elektrinius virpesius, kurie patenka į grandinių analizatorių 9. Tarp elektrodų 4-5 ir 6-7 patalpintas drėgmei jautrus sluoksnis 3 – porfirino plėvelė savo savybėmis įtakoja sklindančios PAB elektrinius parametrus: U_0 , f_0 ir φ_0 , kurių vertės labai stipriai priklauso nuo aplinkos drėgmės – vandens garų kiekio – masės tūrio vienetė. Ši porfirino plėvelės 3 savybė sąlygota dideliu sąveikos paviršiumi, kuris, savo ruožtu, sąlygotas dideliu paviršiaus porėtumu (Fig. 2). Fig. 3 parodytas PAB amplitudės $U_0(t)$ ir fazės $\varphi(t)$ kitimas laike t , kai yra sukeliamas staigus drėgmės pokytis jutiklio aplinkoje. Iš Fig. 3 matome, kad jutiklio atsako trukmė Δt_r į staigų drėgmės pokytį aplinkoje yra apie 0,1 s. Fig. 4 parodyta kvėpavimo sukeltas PAB amplitudės $U_0(t)$ kitimas laike t . Iš čia matome, kad iškvėpimo metu stebimas staigus PAB amplitudės U_0 sumažėjimas. Todėl iš PAB amplitudės U_0 kitimo laike $U_0(t)$ galima nustatyti kvėpavimo dažnį f_{kv} ir stiprumo pobūdį – gylį, t. y. kaip gyliai yra įkvepiama ir iškvepiama. Taigi, grandinių analizatoriumi 9 matuojant PAB parametrus: dažnio (f)-periodo(T), amplitudės (U_0) ir fazės (φ) pokyčius laike t , atitinkamai Δf - ΔT , ΔU_0 ir $\Delta \varphi$, iš gautų Δf - ΔT ir $\Delta \varphi$ verčių nustato drėgmės kitimo dažnį f_{dr} , pavyzdžiui, žmogaus ar gyvūno kvėpavimo dažnį $f_{kv} \equiv f_{dr}$, ir drėgmės stiprį – vandens garų kiekį – masę m_{H_2O} tūrio vienetė ΔV , iš U_0 ir ΔU_0 nustato momentinę drėgmę ir jos kitimo stiprį, pavyzdžiui, kvėpavimo gylį – kaip gyliai yra įkvepiama ir iškvepiama.

Palyginus su analogais pasiūlytas drėgmės matavimo būdas ir jį realizuojantis drėgmės jutiklis pasižymi labai trumpa atsako trukmė $\Delta t < 0,1$ s, ir

atsako signalas neturi histerezės, o tai sąlygoja tikslesnius drėgmės momentinių verčių ir jų pokyčių laike matavimus.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Akustinis drėgmės matavimo būdas, kuriame jautrų drėgmei jutiklį patalpina matuojamoje aplinkoje ir skaitmenine matavimo įranga, sujungta su jutiklio kontaktų grandine, matuoja jutiklio elektrinio laidumo parametrus, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad jautrų drėgmei jutiklį patalpina ant PAB bangolaidžio sluoksnio – ličio niobato (LiNbO_3), kurio paviršiuje sužadina PAB ir matuoja PAB sklidimo parametrų: dažnio (f)-periodo(T), amplitudės (U_0) ir fazės (φ) pokyčių, atitinkamai Δf - ΔT , ΔU_0 ir $\Delta \varphi$ kitimą laike t , ir iš Δf - ΔT ir $\Delta \varphi$ nustato drėgmės kitimo dažnį f_{dr} , pavyzdžiui, žmogaus ar gyvūno kvėpavimo dažnį $f_{kv} \equiv f_{dr}$, ir drėgmės stiprį – vandens garų kiekį – masę $m_{\text{H}_2\text{O}}$ tūrio vienete ΔV , o iš U_0 ir ΔU_0 nustato momentinę drėgmę ir jos kitimo stiprį, pavyzdžiui, kvėpavimo gylį įkvėpimo ir iškvėpimo metu.

2. Akustinis drėgmės matavimo jutiklis, kuris sudarytas iš PAB bangolaidžio sluoksnio, kuris sumontuotas – užneštas ant izoliacinio padėklo, o ant bangolaidžio sluoksnio paviršiaus priešinguose kraštuose sudaryti PAB žadinantis ir detektuojantis metaliniai elektrodai, kurie padaryti „šukų“ pavidalu ir tarp šių elektrodų ant bangolaidžio sluoksnio paviršiaus patalpintas drėgmei jautrus sluoksnis, PAB žadinantis elektrodai sujungti su harmoninių virpesių generatoriumi, o detektuojantis elektrodai – su matavimo įranga, kuri turi sinchronizacijos ryšį su generatoriumi, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad drėgmei jautrus sluoksnis padarytas iš porfirino plėvelės.

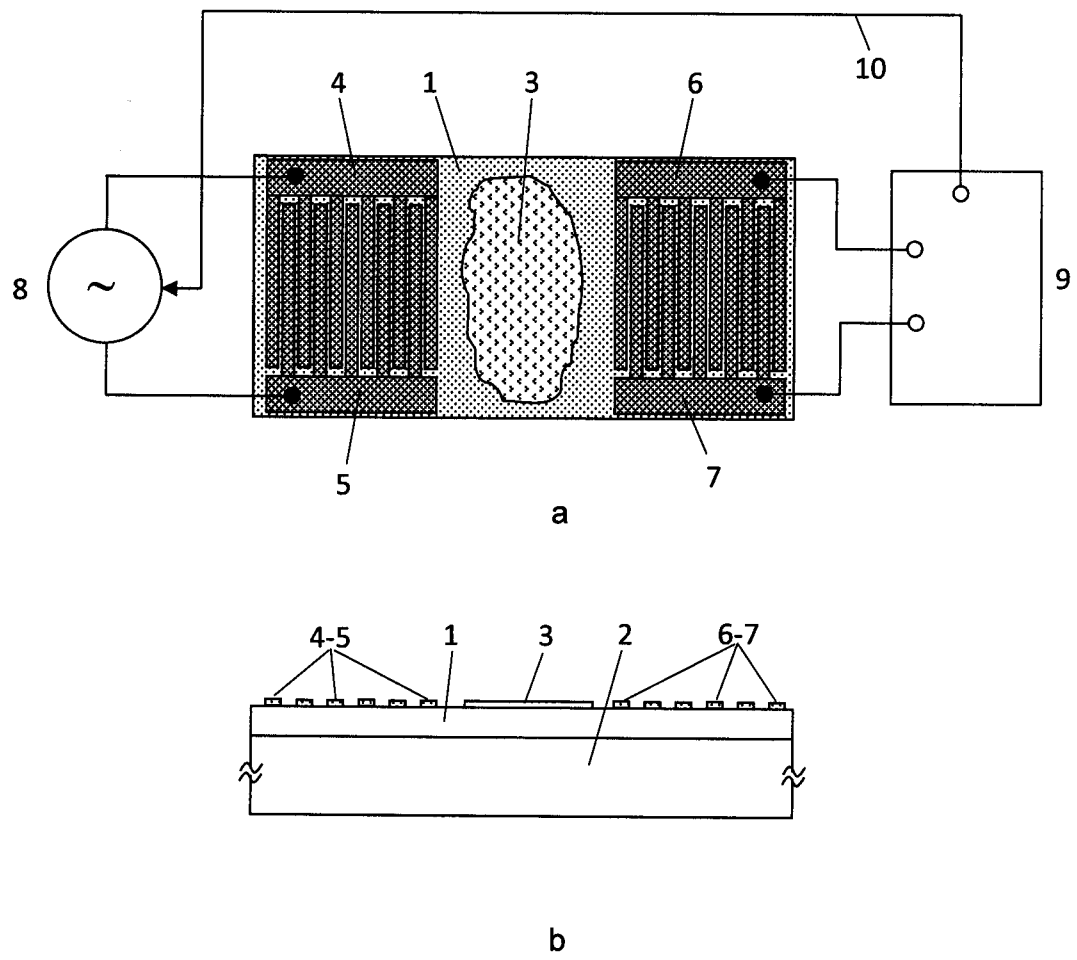


Fig. 1

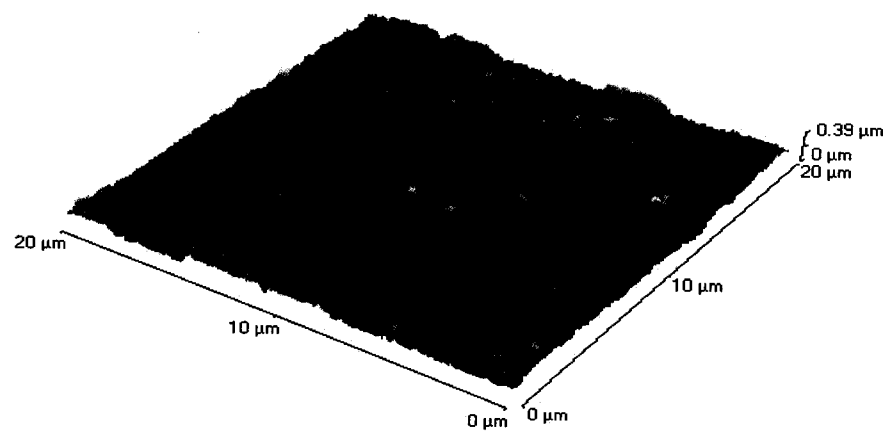


Fig. 2

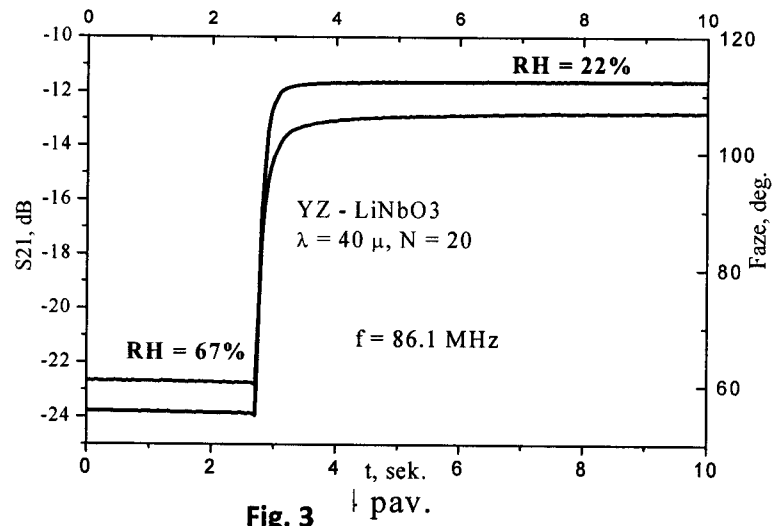


Fig. 3 pav.

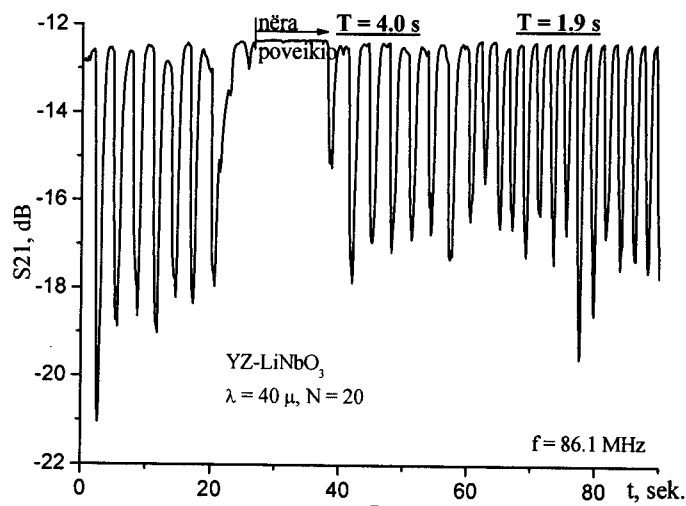


Fig. 4 5a pav.