(19) Lietuvos Respublikos valstybinis patentų biuras

(10) **LT 2017 516 A**

(12) **PARAIŠKOS APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2017 516**

(51) Int. Cl. (2018.01): **B05D 5/00** **C23C 8/00**

(22) Paraiškos padavimo data: **2017-06-28**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2019-01-10**

(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: —

(71) Pareiškėjas:

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS, K. Donelaičio g. 73, 44249 Kaunas, LT**

(72) Išradėjas:

**Daiva MILAŠIENĖ, LT**
**Remigijus IVANAUSKAS, LT**

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

**Reda ŽABOLIENĖ, Advokatų profesinė bendrija „Žabolienė ir partneriai METIDA", Verslo centras VERTAS, Gynėjų g. 16, LT-01109 Vilnius, LT**

(54) Pavadinimas:

# Multifunkcinių medžiagų su EML slopinimo savybėmis gavimas modifikuojant minkštąsias polimerines medžiagas sidabro selenidais (Ag2Se)

(57) Referatas:

Šis išradimas yra susijęs su polimerinių medžiagų cheminiu modifikavimu tikslu suteikti joms specifines funkcines savybes ir yra skirtas minkštųjų polimerinių medžiagų (tokių kaip natūralių, sintetinių ir mišrių žaliavų austa ir neaustinė tekstilė, minkštieji polimeriniai kompozitai, minkštieji polimeriniai putplasčiai) modifikavimui sidabro selenidais ($Ag_2Se$) taip gaunant multifunkcines medžiagas su EML slopinimo savybėmis. Tikslui pasiekti modifikuojamos įvairios prigimties minkštosios polimerinės medžiagos apdorojamos daugiacikliu dvipakopiu sorbciniu–difuziniu metodu. Taip modifikuotose įvairių struktūrų medžiagose sidabro selenidų ($Ag_2Se$) kristalų sluoksniai suformuojami ne tik ant apdorojamų medžiagų paviršiaus, bet ir jų mikrostruktūros lygmenyje. EML spinduliuotės slopinimo efektyvumą lemia modifikuojamos medžiagos struktūra, suformuoto $Ag_2Se$ sluoksnio storis ir tankis.

LT 2017 516 A

# Multifunkcinių medžiagų su EML slopinimo savybėmis gavimas modifikuojant minkštąsias polimerines medžiagas sidabro selenidais ($Ag_2Se$)

## IŠRADIMO SRITIS

Šis išradimas yra susijęs su polimerinių medžiagų cheminiu modifikavimu, siekiant suteikti joms specifines funkcines savybes, ir yra skirtas minkštųjų polimerinių medžiagų (tokių kaip natūralių, sintetinių ir mišrių žaliavų austa ir neaustinė tekstilė, minkštieji polimeriniai kompozitai, minkštieji polimeriniai putplasčiai, minkštieji polimeriniai laminatai) modifikavimui sidabro selenidais ($Ag_2Se$), gaunant multifunkcines medžiagas su elektromagnetinio lauko (EML) slopinimo savybėmis.

## TECHNIKOS LYGIS

Iki šiol žinomos kompozicinės medžiagos, skirtos EML spinduliuotės slopinimui, yra polimerinės medžiagos, turinčios metalizuotų dalelių, arba lydinių sluoksnius, kurie yra gaunami sudėtingais technologiniais būdais ir naudojami elektronikoje, optikoje, saulės energiją gaminančiuose prietaisuose ir kt. Taip pat žinomos medžiagos su dangomis iš elektrai laidžiųjų polimerų, tokių kaip polianilinas (PANI), polipirolinas (PPY), polimeriniai kompozitai su EML izoliacinių savybių turinčiais nanoužpildais.

US4435465 aprašo kompozicinę medžiagą, apimančią polimerinę matricą, kuri turi metalizuotų dalelių ir priedų, pasižyminčią dideliu ekranavimo poveikiu prieš elektromagnetinį spinduliavimą.

CN205467631 aprašo kompozitus, gautus iš žinomų ekranavimo medžiagų nuo EML spinduliuotės, kur slopinimo funkciją atlieka laidžių elektrai sidabro nanovielučių sluoksnis ant tekstilinio pagrindo. Jį sudaro organinės arba neorganinės kilmės pluoštelių audinys. Ant šio pagrindo yra užliejamas bei jis įmirkomas suspensija, kuri yra pagaminta iš sidabro nanovielučių ir polimero, atliekančio klijų vaidmenį. Kaip tirpiklis suspensijai paruošti naudojamas tam tikro spirito tirpalas. Iš suspensijos išgaravus tirpikliui, sidabro nanovielučių sluoksnis stipriai prilimpa prie jį nešančio audinio.

CN201890978 yra aprašytas porėtas, lankstus elektromagnetinį lauką slopinantis audinys, kurio 0,2-2 mm poros sulaiko dalį elektromagnetinio lauko spinduliuotės ir tuo pačiu audinys yra laidus orui.

Žinomas CN103114457, kuriame aprašyti EML spinduliuotės slopinimo kompozitai, kur slopinimo funkciją atlieka įvairių metalų ir jų lydinių sluoksniai ant tekstilinės kilmės

pagrindo užnešami daugiaciklių operacijų metu vakuume arba elektrochemiškai. Vario arba nikelio arba nikelio chromo lydinio sluoksniai ant specialiai paruošto audinio yra užpurškiami vakuume magnetiniu purkštuvu. Po to operacija gali būti kartojama. Vario EML spinduliavimą slopinantys sluoksniai gali būti nusodinami iš vario pirofosfato elektrochemiškai variuojant audinį, kuris atlieka pagrindo funkciją. Elektrocheminiu būdu ant tekstilinio pagrindo taip pat gali būti nusodinami nikelio, mišrūs nikelio kobalto, geležies nikelio sluoksniai. Vakuuminis ir elektrocheminis minėtų metalų sluoksnių nusodinimo pilnas ciklas yra sudarytas eilės pasikartojančių operacijų plovimo, džiovinimo, nusodinimo, praputimo, kurios priklausomai nuo norimo galutinio rezultato gali kartotis keletą kartų.

US8227025 aprašo laidžias polimerines dangas ir jų gavimo būdus. Šių dangų gavimui nenaudojami jokie elektrai laidūs priedai. Laidieji polimerai gali būti poli(etilen-3,4-dioksitiofenas) (PEDOT), polianilinas (PAni), polipirolas (PPy), poli(p-fenilenvinilenas) (PPV), polinafthalenas ir poliacetilenas. Šios elektrai laidžios dangos gali būti naudojamos elektrostatinio krūvio nuėmimui, ekranuose, fotovoltinėse priemonėse, cheminiuose/biologiniuose jutikliuose, tranzistoriuose, antenose.

Iš vienos pusės, rasti patentai apie medžiagų su elektromagnetinio lauko slopinimo savybėmis kūrimą skiriasi savo technologiniais sprendimais, tokių medžiagų gavimo būdais, iš kitos pusės, mūsų rasti patentai apie sidabro selenidus ir jų panaudojimą skirti kitokių paskirčių medžiagų kūrimui (infraraudonųjų spindulių jutikliai, fotolitografiniai sluoksniai, elektrocheminės celės, elektronikoje naudojami mikrokeitikliai, optiniai filtrai, saulės energiją generuojančių elementų komponentai).

## TRUMPAS IŠRADIMO APRAŠYMAS

Šis išradimas yra susijęs su apsauga nuo elektromagnetinio lauko (EML) spinduliuotės, skleidžiamos elektrotechnikos prietaisų, kompiuterių, įvairios paskirties ryšio priemonių bei kitų dirbtinės EML spinduliuotės šaltinių. Įvairios prigimties ir struktūros minkštąsias polimerines medžiagas modifikuojant daugiacikliu sorbciniu-difuziniu būdu ant medžiagos struktūrinių elementų paviršiaus visame jos tūryje iki mikrostruktūros lygmens susiformuoja sidabro selenidų kristalų sluoksniai. Taip gaunamos naujos kompozitinės medžiagos su pakitusiomis fizikinėmis savybėmis, tokiomis kaip elektrinis laidis (medžiagos tampa puslaidininkiais), fotolaidumas, elektromagnetinės spinduliuotės slopinimo geba. Tokios medžiagos, kaip minkšti, ploni ir lankstūs sluoksniai, gali būti naudojamos gaminant įvairius aksesuarus (kaip tarpiniai pamušalai mobiliųjų telefonų

dėkluose, telefonams skirtose kuprinių, rankinių ar darbinių liemenių kišenėse ir pan.), apsauginius prietaisų dėklus, užuolaidas, apsaugančias tiek žmones, tiek prietaisus nuo EML spinduliuotės, apsaugines liemenes, nuolat dirbantiems įvairių prietaisų apsuptyje (tyrimų laboratorijos, fizioterapijos kabinetai ir pan.) ir kitiems specifinių poreikių gaminiams.

Pats modifikavo būdas yra pakankamai nesudėtingas, nereikia išskirtinai aukštų temperatūrų ar didelio slėgio, lazerių, plazmos ar kt. Nedidelių detalių medžiagos gali būti apdorojamos įprastinės laboratorijos sąlygomis, didesnių matmenų detalėms reikalingi tik didesnių gabaritų indai ir tinkamai parinkti kaitinimo įrenginiai. Tinkamai parinkus medžiagas ir modifikavimo sąlygas, galima gauti stiprų EML slopinimo efektą.

Išradime yra aprašytas minkštųjų polimerinių medžiagų modifikavimo būdas, suteikiantis joms elektromagnetinio lauko (EML) slopinimo savybes, kuris pasižymi tuo, kad apima šį dvipakopį ciklą:

a) minkštųjų polimerinių medžiagų įseleninimą, mirkant medžiagą kalio selenotritionato druskos ir neorganinės rūgšties tirpale, ir medžiagos praplovimą 2 – 4 kartus, ir džiovinimą;

b) sidabro selenidų sluoksnių formavimą visos medžiagos erdvinės struktūros elementų paviršiuose, mirkant sidabro nitrato ($AgNO_3$) tirpale, ir medžiagos praplovimą 2 – 4 kartus, ir džiovinimą;

Sorbciniu-difuziniu būdu gauti EML slopinantys sidabro selenidų sluoksniai suformuoti visame medžiagos tūryje mikrostruktūros lygmenyje. Dvipakopis sorbcinis-difuzinis apdorojimo ciklas kartojamas ne mažiau kaip 4-6 kartus, priklausomai nuo modifikuojamos medžiagos prigimties ir struktūros.

Bandinių apdorojimo seleno tritionato ir sidabro nitrato tirpaluose trukmė ir jų temperatūra bei ciklų skaičius priklauso nuo modifikuojamos medžiagos polimerinės prigimties ir struktūros.

Pirmajame ciklo etape tirpalo paruošimui yra naudojama neorganinė rūgštis. Pagal modifikuojamų medžiagų prigimtį pasirenkama druskos arba sieros rūgštis.

Pirmajame ciklo etape modifikuojamos medžiagos yra pamerkiamos į 50 C ÷ 70 °C temperatūros tirpalą ir laikomos 90-180 minučių.

Antrajame ciklo etape modifikuojamos medžiagos yra pamerkiamos į 60 C ÷ 90 °C temperatūros sidabro nitrato tirpalą ir laikomos 20-60 minučių.

Proceso parametrai parenkami atsižvelgiant į medžiagos storį ir tankį, vilgumo savybes.

Minkštosios polimerinės medžiagos yra tinkamos modifikavimui iš natūralių ir sintetinių žaliavų, tokių kaip medvilnė, vilna, linas, bambukas, dilgėlės, šilkas, viskozė, pusvilnė, poliamidas (PA6 ir PA66), poliakrilnitrilas (PAN), poliesteris (PES), poliuretanas (PU) ir kt., o taip pat jų mišinių, kaip pusvilnė ir kt.

Modifikavimui yra tinkamos skirtingos struktūros minkštosios polimerinės medžiagos, tokios kaip austa ir neaustinė tekstilė, minkštieji putplasčiai, minkštieji polimeriniai kompozitai.

Nauja yra tai, kad šiame patente pateikiamu būdu gaunamose kompozicinėse medžiagose EML spinduliuotę slopina sidabro selenidų sluoksniai, kurie sorbciniu-difuziniu metodu sudaryti visų medžiagos erdvinės struktūros elementų paviršiuje, tai yra visame medžiagos tūryje mikrostruktūros lygmenyje.

TRUMPAS FIGŪRŲ APRAŠYMAS

1 paveiksle pateikti skenuojančiu elektroniniu mikroskopu (SEM) gauti modifikuoto poliamidinio audinio daugiagijo siūlo vidinių mikrogijelių vaizdai: a – po 1 modifikavimo ciklo, b – po 6 modifikavimo ciklų.

2 paveiksle pateikti poliamidinio audinio su silikonuota apatine puse SEM vaizdai po 6 modifikavimo ciklų: a – audinio paviršius, b – apatinė silikonuota medžiagos pusė, c – audinį sudarančių daugiagijų siūlų mikrogijelių paviršius.

3 paveiksle pateiktas modifikuoto poliamidinio audinio viršutinės pusės paviršiaus (1 pav., a) elementinės sudėties matavimo EDS metodu rezultatų pavyzdys.

4 paveiksle pateikti skirtingos prigimties modifikuotų medžiagų mikrostruktūros elementų SEM vaizdai:

(a) - natūralaus lino daugiagijo siūlo mikrogijelės (6 apdorojimo ciklai)

(b) - medvilninio daugiagijo siūlo mikrogijelės (6 apdorojimo ciklai)

(c) - vilnonio daugiagijo siūlo mikrogijelės (6 apdorojimo ciklai)

(d) - PA6 daugiagijo siūlo mikrogijelės (6 apdorojimo ciklai)

(e) - PA66 pluošto/PU putų kompozito skerspjūvis (6 apdorojimo ciklai)

(f) - PU putplasčio vidinės poros (3 apdorojimo ciklai)

5 paveiksle pateikti modifikuotų medžiagų EML slopinimo efekto tyrimų pavyzdžiai (matavimai atlikti ASTM 4935 metodu) ir šių medžiagų charakteristikos.

6 paveiksle pateikti modifikuotų medžiagų EML slopinimo efekto tyrimų pavyzdžiai (matavimai atlikti beaidėję absorbentais dengtoje kameroje, naudojant keturių dažnių ruožų ruporines antenas bei kintamo dažnio mikrobangų šaltinį.

Plačiau matavimų metodika aprašyta žemiau pateiktoje literatūroje.

DETALUS IŠRADIMO APRAŠYMAS

Išradimas skirtas minkštųjų polimerinių medžiagų cheminiam modifikavimui, suteikiant joms EML slopinimo savybes. Visų šiam tikslui skirtų minkštųjų polimerinių medžiagų gavimo esmė yra tai kad, pagaminami kompozitai ar kompozicinės medžiagos, savo sudėtyje turinčios komponentus slopinančius, sugeriančius ar (ir) atspindinčius elektromagnetinių laukų (EML) spinduliuotę. Svarbiausias tokių išradimų grupės objektas yra EML spinduliuotę slopinančių komponentų prigimtis ir kompozicinių medžiagų su jais gamybos būdai.

Aprašomo cheminio modifikavimo ciklą sudaro du etapai: pirmas – medžiagos įseleninimas, antras – sidabro selenidų sluoksnių formavimas medžiagos struktūrinių elementų paviršiuose.

Modifikuojamos medžiagos pirmame ciklo etape yra pamerkiamos 50 °C÷70 °C temperatūros tirpale, kuris ruošiamas taip: 50 °C ÷ 70 °C temperatūros 0,1 mol/L koncentracijos druskos (arba sieros) rūgštyje ištirpinama kalio seleno tritionato druska ($K_2SeS_2O_6$), kurios koncentracija paruoštame tirpale yra 0,05÷0,1 mol/L. Mirkymo trukmė (įseleninimo) priklauso nuo modifikuojamos medžiagos prigimties ir struktūros ir gali tęstis nuo 90 iki 180 minučių. Po to, siekiant pašalinti tirpalo likučius, modifikuojama medžiaga praplaunama 2 – 4 kartus (priklausomai nuo medžiagos struktūros, tankio) 20 °C÷40 °C temperatūros distiliuotu (arba techniškai nudruskintu) vandeniu ir toliau džiovinama kambario temperatūroje 24 h esant $\varphi = 30\ \% - 40\ \%$ arba atitinkamomis sąlygomis džiovinimo įrenginiuose.

Antrame etape įselenintos medžiagos 20-60 minučių (priklausomai nuo medžiagos struktūros, tankio ir polimerinės prigimties) pamerkiamos 60 ÷ 90 °C temperatūros sidabro nitrato ($AgNO_3$) tirpalą. Šis tirpalas ruošiamas kristalinę sidabro nitrato druską ištirpinant distiliuotame (arba techniškai nudruskintame) vandenyje, kad šios druskos koncentracija paruoštame tirpale būtų 0,05 ÷ 0,1 mol/L. Po to medžiaga vėl analogiškai plaunama vandeniu ir džiovinama kaip po pirmojo etapo.

Po pirmo modifikavimo ciklo pakitusi medžiagos spalva (medžiagos įgauna tamsesnį ar šviesesnį pilką atspalvį) rodo, kad medžiagos struktūrinių elementų paviršiuje susiformavo pirmieji sidabro selenidų dariniai, tačiau jie pilnai dar nepadengia viso medžiagos mikrostruktūros elementų paviršiaus (nustatyta atliekant SEM ir EDS tyrimus). Kartojant modifikavimo ciklus, sidabro selenidų darinių kiekis didėja ir palaipsniui ant medžiagos struktūrą sudarančių polimerų paviršiaus susidaro ištisinis šių kristalų

sluoksnis. 1 paveiksle pateikiami poliamidinio audinio daugiagijų siūlų vidinių mikrogijelių skenuojančiu elektroniniu mikroskopu (SEM) gauti vaizdai po 1 ir po 6 modifikavimo ciklų.

2 paveiksle pateiktuose SEM vaizduose matyti, kad ištisiniai sidabro selenidų kristalų sluoksniai po 6 modifikavimo ciklų yra susidarę ant medžiagos struktūrinių elementų paviršiaus visame jos tūryje iki mikrostruktūros lygmens, tai yra tiek ant modifikuotos medžiagos (šiuo atveju poliamidinio audinio su silikonuota apatine puse) makrostruktūros paviršių (2 pav., a ir b), tiek ant daugiagijų siūlų vidinių gijelių paviršiaus (2 pav., c). 3 paveiksle pateiktas šios medžiagos viršutinės pusės paviršiaus (1 pav., a) elementinės sudėties matavimo EDS metodu diagrama. Rezultatų tyrimai pateikti 1 lentelėje

1 lentelė

| Cheminis elementas | Charakteringų rentgeno spindulių linijų pavadinimai | Nenormalizuota koncentracija pagal svorį [wt.%] | Normalizuota koncentracija pagal svorį [norm. wt.%] | Normalizuota koncentracija pagal atominę masę [norm. at.%] | Paklaida % |
|---|---|---|---|---|---|
| Anglis | K-series | 9,856522 | 11,07805 | 36,66746 | 1,359159 |
| Deguonis | K-series | 7,254616 | 8,153689 | 20,26035 | 1,125451 |
| Sidabras | L-series | 51,61117 | 58,00741 | 21,379 | 1,757858 |
| Selenas | L-series | 14,52139 | 16,32104 | 8,217455 | 0,722256 |
| Fluoras | K-series | 5,729718 | 6,439808 | 13,47574 | 0,987688 |
| | Suma: | 88,97342 | 100 | 100 | |

Aprašomu būdu galima modifikuoti natūralių, sintetinių ir mišrių žaliavų (kaip medvilnė, vilna, linas, bambukas, dilgėlės, šilkas, viskozė, pusvilnė, poliamidas (PA6 ir PA66), poliakrilnitrilas (PAN), poliesteriai, poliuretanas (PU)) ir skirtingos struktūros (austa ir neaustinė tekstilė, minkštieji putplasčiai, minkštieji polimeriniai kompozitai) minkštąsias polimerines medžiagas. 4 paveiksle pateikiami skirtingos prigimties modifikuotų medžiagų mikrostruktūros elementų SEM vaizdai.

Efektyvus EML slopinimas, priklauso tiek nuo susiformavusių sidabro selenidų kristalų kiekio ir tankio medžiagoje, tiek nuo pačios modifikuojamos medžiagos struktūros. Svarbu tai, kad modifikuotos medžiagos struktūra turi būti tokia, kad joje nebūtų kiaurai per visą medžiagos tūrį praeinančio akytumo. Kitaip tariant, kuo mažesni tarpeliai tarp slopinimo efektą duodančiais sidabro selenidų kristalais padengtų medžiagos struktūrinių

elementų (siūlų mikrogijelių, porų sienelių ar kt.), tuo mažesnė tikimybė, kad EML bangos neatsimuš į kristalus ir praeis kiaurai pro medžiagą. Didėjant medžiagos struktūroje neuždengtų kiaurymių plotui, EML slopinimo efektyvumas mažėja. 5 ir 6 paveiksluose pateikti įvairios polimerinės sudėties ir struktūros medžiagų EML slopinimo efektyvumo diagramos. Tyrimų rezultatų pavyzdžiai pateikti 2 ir 3 lentelėse

2 lentelė

| | **Medžiaga A:** Mišrios sudėties neaustinė medžiaga | **Medžiaga B:** Vilnonis paltinis audinys: | **Medžiaga C:** Neaustinė medžiaga iš poliesterinio pluošto: |
|---|---|---|---|
| Paviršinis tankis | 410 g/m$^2$ | 571,8 g/m$^2$ | 342 g/m$^2$ |
| Tūrinis tankis | 126,0 kg/m$^3$ | 221 kg/m$^3$ | 95,3 kg/m$^3$ |
| Storis, mm (prieš/po) | 3,23/3,31 | 2,59/2,45 | 3,59/3,62 |
| Sidabro selenido koncentracija | 0,2746 mmol/cm$^3$ | 0,2311 mmol/cm$^3$ | 0,0491 mmol/cm$^3$ |
| Medžiagos užpildymo koeficientas* | 100 % | ~99,4 % | ~ 99,6 % |
| *Apibūdina medžiagos ploto dengiamumą struktūros elementais (siūlais, porų sienelėmis ir pan.) nepaliekant kiaurymių. | | | |

3 lentelė

| | **Medžiaga A:** Mišrios sudėties neaustinė medžiaga | **Medžiaga D:** Poliamidinis audinys su silikonuota apatine puse: | **Medžiaga C:** Dvisluoksnis minkštasis laminatas (Cambrella tipo neaustinė medžiaga + porolonas): |
|---|---|---|---|
| Paviršinis tankis | 410 g/m$^2$ | 355,3 g/m$^2$ | 32 g/m$^2$ |
| Tūrinis tankis | 126,0 kg/m$^3$ | 640 kg/m$^3$ | 5,7 kg/m$^3$ |
| Storis, mm (prieš/po) | 3,23/3,31 | 0,56/0,70 | 5,60/5,01 |
| Sidabro selenido koncentracija | 0,2583 mmol/cm$^3$ | 0,3115 mmol/cm$^3$ | 0,0362 mmol/cm$^3$ |
| Medžiagos užpildymo koeficientas* | 100 % | ~99,7 % | ~ 99,9 % |
| *Apibūdina medžiagos ploto dengiamumą struktūros elementais (siūlais, porų sienelėmis ir pan.) nepaliekant kiaurymių. | | | |

Siūlomas būdas leidžia iš esmės nekeičiant esamų gaminių gamybos principų (siuvimas, formavimas, klijavimas ir pan.) papildomai modifikuoti atskiras gaminių detales, (pvz., tik kišenių ar dėklų telefonams tarpinius įdėklus, elektrinių prietaisų (pvz., mikrobangų krosnelės) korpuso izoliacinė detalė, ar pan.), galima modifikuoti platų spektrą rinkoje jau esančių skirtingos polimerinės sudėties ir struktūros minkštųjų polimerinių

medžiagų (natūralių, sintetinių ir mišrių žaliavų austa ir neaustinė tekstilė, minkštieji putplasčiai, minkštieji polimeriniai kompozitai).

Literatūra

1. D. K. Ghodgaonkar, V. V. Varadan, V. K. Varadan. "A free-space method for measurement of dielectric constants and loss tangents at microwave frequencies," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement,, vol. 38, pp. 789-793, 1989.
2. M. Venkatesh, G. Raghavan. "An overview of dielectric properties measuring techniques," Canadian Biosystems Engineering, vol. 47, pp. 15-30, 2005.
3. P. Ragulis, R. Simniškis, Ž. Kancleris. „Shift and elimination of microwave Fabry-Perot resonances in a dielectric covered with a thin metal layer". Journal of Applied Physics, 117, 165302, 2015.

# IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Minkštųjų polimerinių medžiagų modifikavimo būdas, suteikiant joms elektromagnetinio lauko (EML) slopinimo savybes, besiskiriantis tuo, kad būdas apima šį dvipakopį ciklą:

a) minkštųjų polimerinių medžiagų įseleninimą, mirkant medžiagą kalio seleno tritionato druskos ir neorganinės rūgšties tirpale ir medžiagos praplovimą 2 – 4 kartus bei džiovinimą;

b) sidabro selenidų sluoksnių formavimą visos medžiagos erdvinės struktūros elementų paviršiuose, mirkant sidabro nitrato ($AgNO_3$) tirpale ir medžiagos praplovimą 2 – 4 kartus bei džiovinimą;

kur EML slopinantys sidabro selenidų sluoksniai sorbciniu-difuziniu būdu sudaryti visame medžiagos tūryje mikrostruktūros lygmenyje; kur dvipakopis sorbcinis-difuzinis apdorojimo ciklas kartojamas ne mažiau kaip 4-6 kartus, priklausomai nuo modifikuojamos medžiagos prigimties ir struktūros.

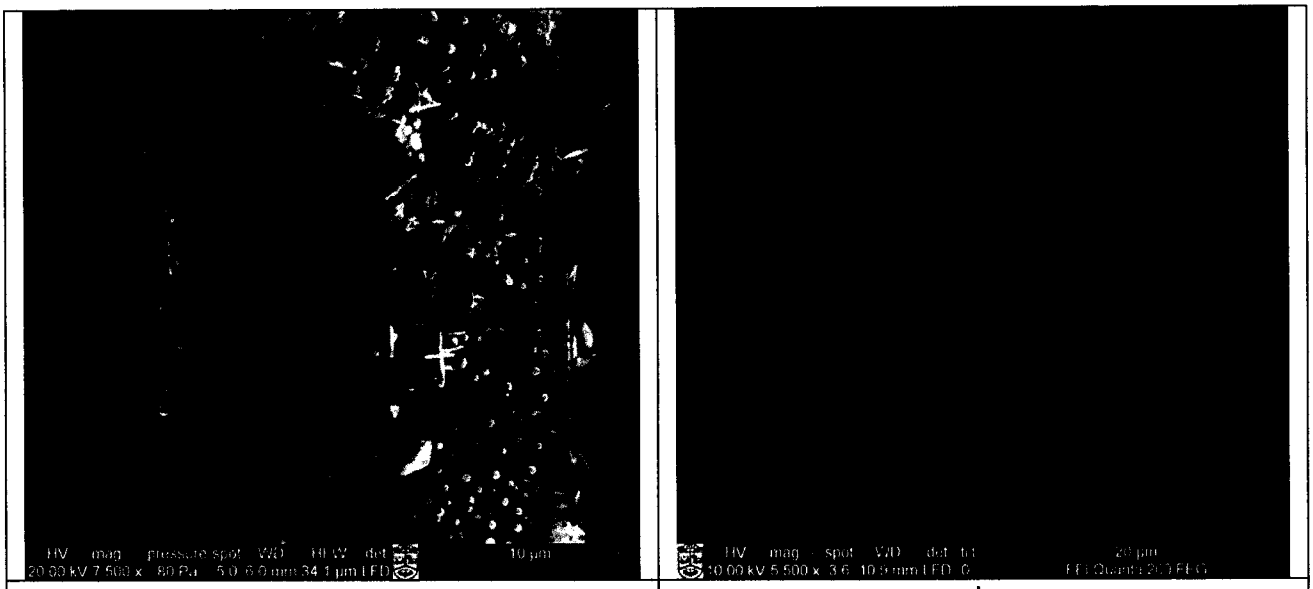
2. Minkštųjų polimerinių medžiagų modifikavimo būdas pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad neorganinė rūgštis yra druskos rūgštis arba sieros rūgštis.

3. Minkštųjų polimerinių medžiagų modifikavimo būdas pagal 1 arba 2 punktą, besiskiriantis tuo, kad pirmame ciklo etape tirpalo temperatūra yra 50 C ÷ 70 °C ir pirmasis ciklo etapas yra vykdomas 90 180 min, priklausomai nuo modifikuojamų medžiagų prigimties ir struktūros.

4. Minkštųjų polimerinių medžiagų modifikavimo būdas pagal 1 arba 2 punktą, besiskiriantis tuo, kad antrame ciklo etape tirpalo temperatūra yra 60 C ÷ 90 °C ir antrasis ciklo etapas yra vykdomas 20 - 60 min, priklausomai nuo modifikuojamų medžiagų prigimties ir struktūros.

5. Minkštųjų polimerinių medžiagų modifikavimo būdas pagal bet kurį iš ankstesnių punktų, besiskiriantis tuo, kad modifikavimui tinkamos minkštosios polimerinės medžiagos yra parinktos iš natūralių, sintetinių ir mišrių žaliavų, tokių kaip medvilnė, vilna, linas, bambukas, dilgėlės, šilkas, viskozė, pusvilnė, poliamidas (PA6 ir PA66), poliakrilnitrilas (PAN), poliesteris (PES), poliuretanas (PU).

6. Minkštųjų polimerinių medžiagų modifikavimo būdas pagal bet kurį iš ankstesnių punktų, besiskiriantis tuo, kad modifikavimui tinkamos minkštosios polimerinės medžiagos yra parinktos iš skirtingos struktūros, tokios kaip austa ir neaustinė tekstilė, minkštieji putplasčiai, minkštieji polimeriniai kompozitai, minkštieji polimeriniai laminatai.

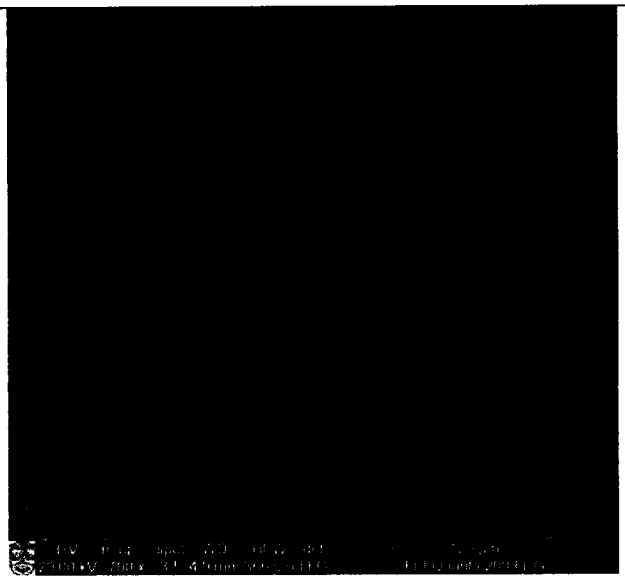


| a | b |
|---|---|
| didinimas 7500 x | didinimas 5500 x |

**1 pav.**

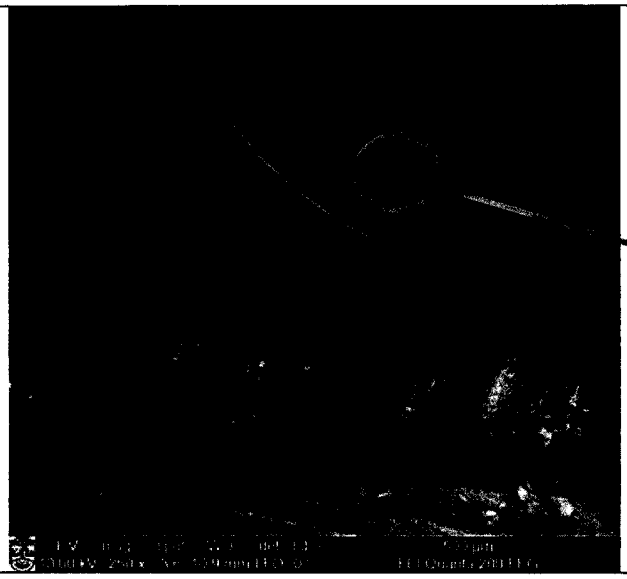
didinimas 500 x

a



didinimas 700 x

b

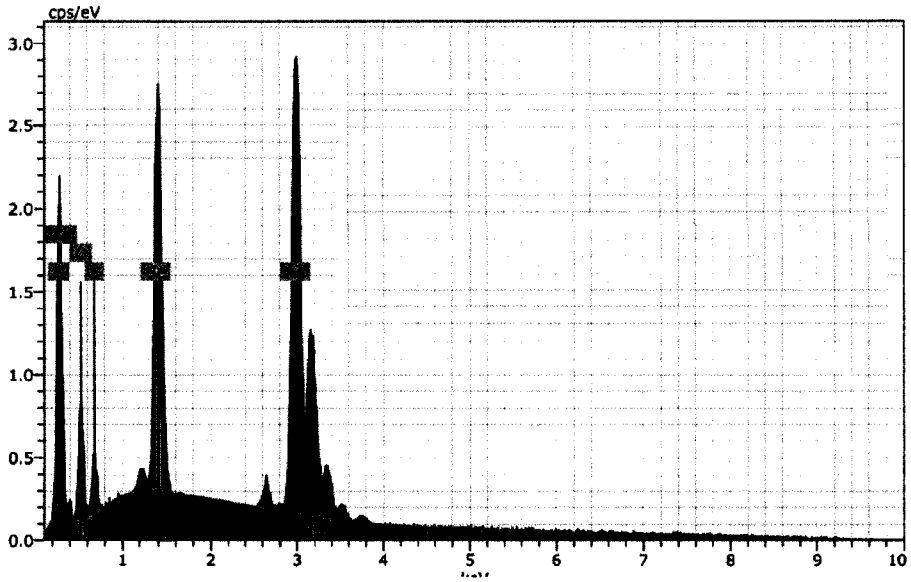


didinimas 250 x

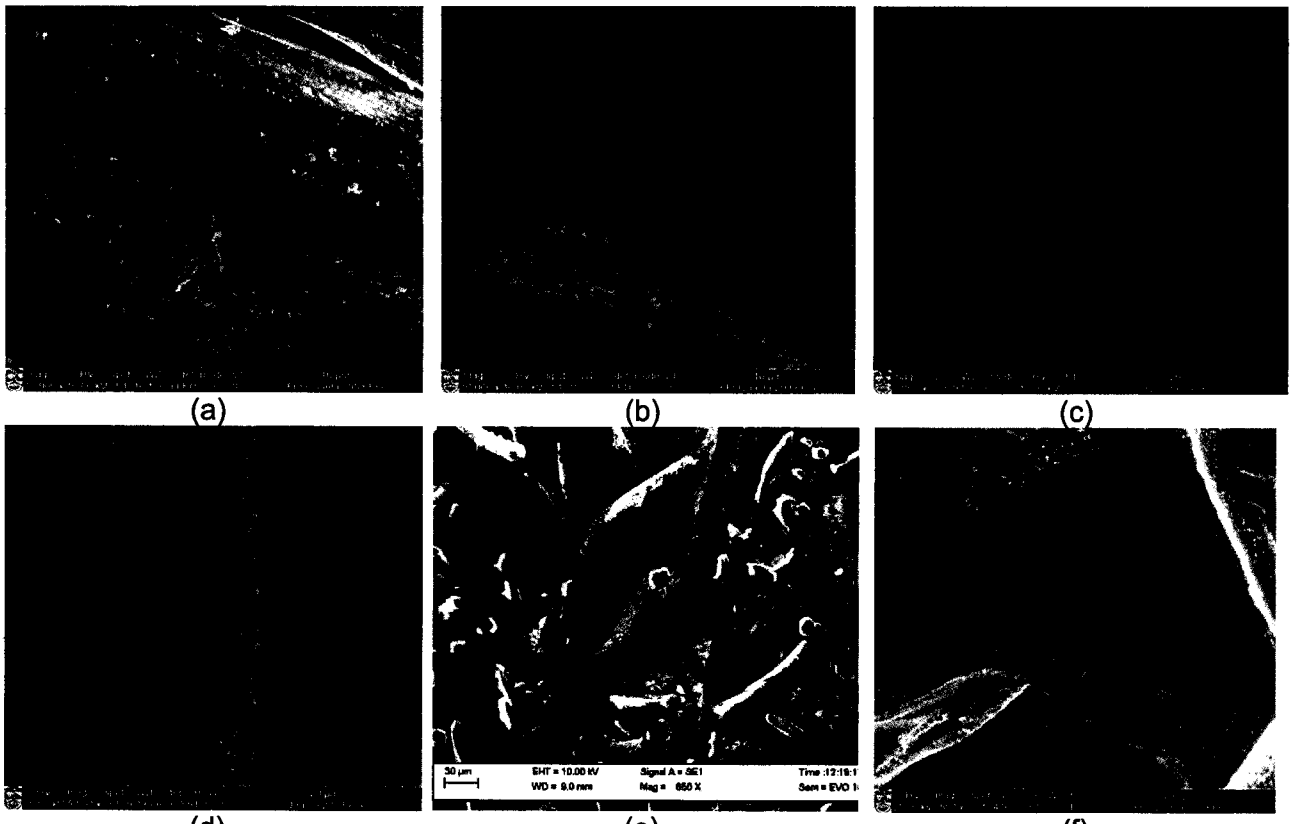
c

didinimas 1500 x

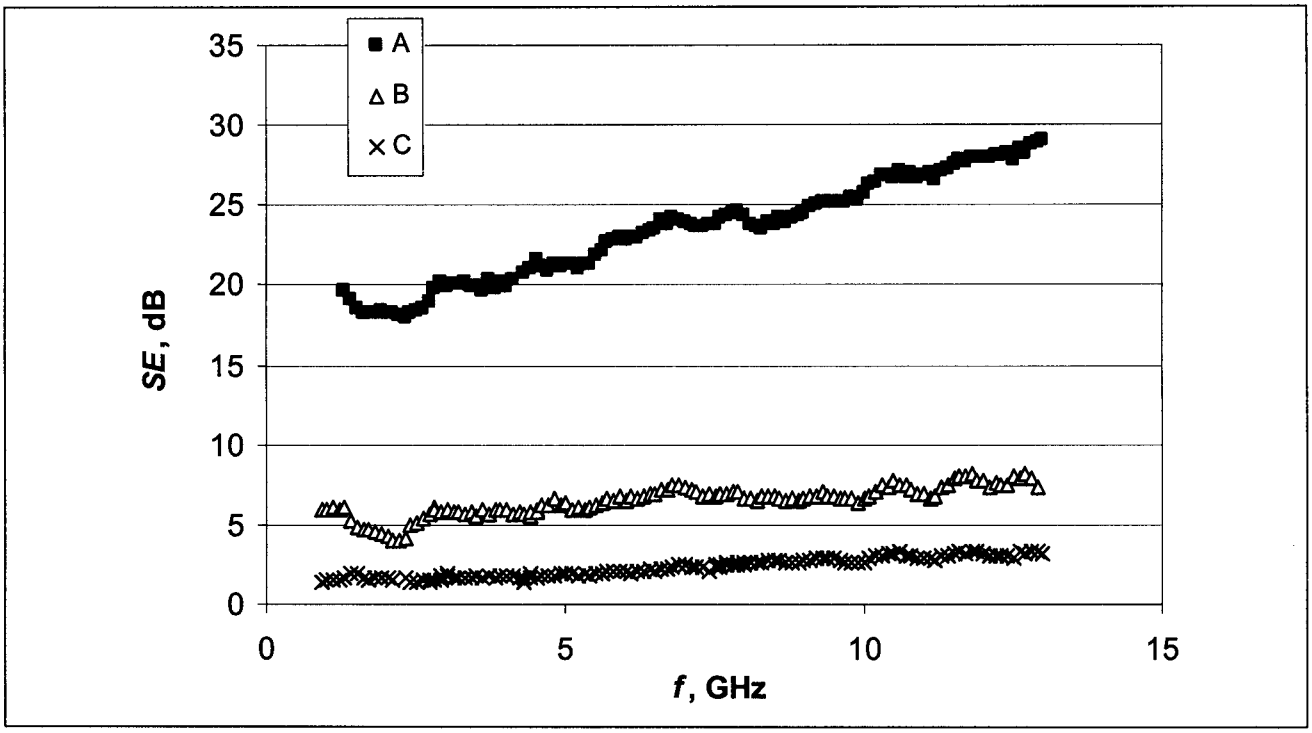
**2 pav.**



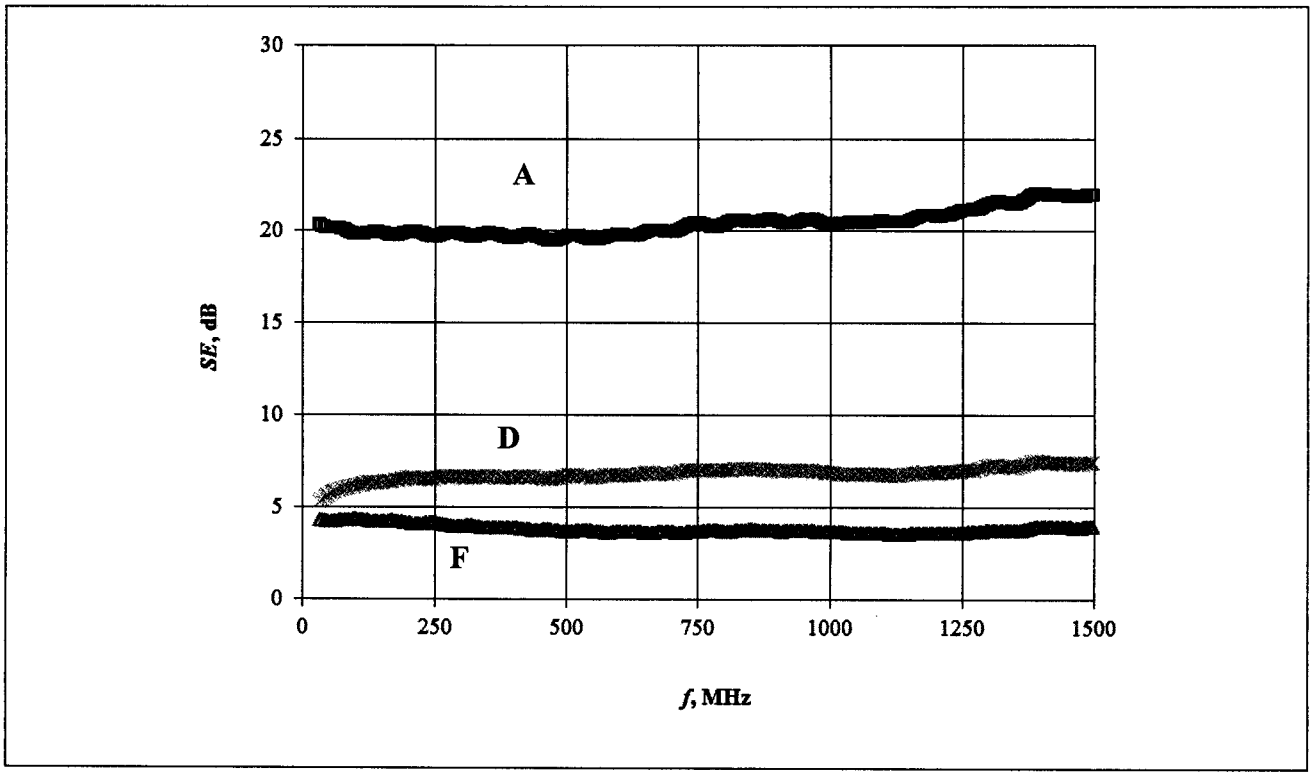

**3 pav. y**




**4 pav.**


A
B
C
35
30
25
20
15
10
5
0
SE, dB
0
5
10
15
f, GHz

5 pav.


30
25
20
15
10
5
0
SE, dB
A
D
F
0
250
500
750
1000
1250
1500
f, MHz

6 pav.