

# Žemo dažnio triukšmo ir krūvio pernašos mechanizmų kompozituose su anglies nano dalelėmis tyrimas

## Investigation of charge carrier transport mechanisms in nano carbon composites via low frequency noise measurements

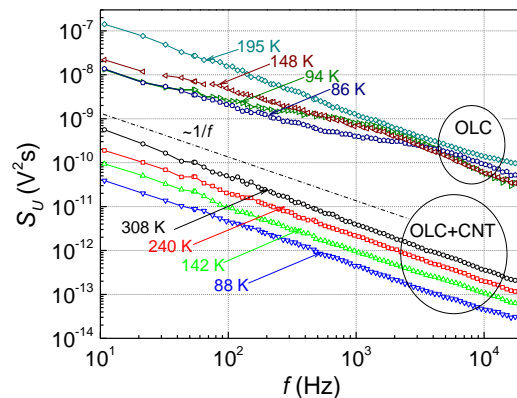
Marina Tretjak, Sandra Pralgauskaitė, Jan Macutkevič, Jonas Matukas, Jūras Banys  
Taikomosios elektrodinamikos ir telekomunikacijų institutas, Vilniaus universitetas, Saulėtekio al. 3. LT-10257 Vilnius  
[marina.tretjak@ff.vu.lt](mailto:marina.tretjak@ff.vu.lt)

Kompozicinės medžiagos su anglies nano dalelėmis plačiai panaudojamos įvairiuose šiuolaikiniuose elektronikos ir bioelektronikos prietaisuose. Tokių kompozitų (metalinį laidumą turinčios anglies dalelės dielektrinėje matricoje) fizikinės savybės stipriai priklauso nuo laidžių dalelių ypatybių: matmenų, paviršiaus savybių, jų tankio ir pasiskirstymo matricoje bei kt. Todėl, keičiant nano dalelių rūšį, jų parametrus, galima pagaminti pageidaujamas charakteristikas turinčias medžiagas. Kompozicinė medžiaga yra netvarki struktūra. Kuriant vis naujas medžiagas yra svarbu ištirti elektrinio krūvio pernašos mechanizmus juse, nes šios charakteristikos yra svarbios daugeliui tokių medžiagų taikymo sričių.

Įvairiems fizikiniams procesams, vykstantiems medžiagose ir jų dariniuose, labai jautrios yra žemo dažnio triukšmo charakteristikos. Triukšmo charakteristikų analizė leidžia atskleisti krūvininkų transporto ir laidumo mechanizmus, jų ypatybes. Šio tyrimo tikslas buvo ištirti ir palyginti kompozitinių medžiagų su skirtingo tipo ir matmenų anglies nano dalelėmis bei skirtingu šių dalelių tankiu žemo dažnio triukšmo ir varžos charakteristikas.

Ištirtos kompozitinės medžiagos, besiskiriančios dielektrine matrica (bisfenolio A derva, poliuretanas, epoThin™ 2 epoksidinė derva) ir anglies dalelėmis (vienasieniai ir daugiasieniai nano vamzdeliai, svogūno pavidalo anglies dalelės, anglies pluošto veltinis ir kt.); taip pat anglies dalelių dydžiu, bei jų tankiu; kompozitai su kelių rūšių anglies dalelėmis. Išmatuotos žemo dažnio (10 Hz - 20 kHz) elektrinio triukšmo charakteristikos bei varžos charakteristikos temperatūros srityje nuo 75 K iki 380 K. Triukšmo matavimai atlikti specialioje ekranuotoje laboratorijoje, siekiant išvengti pašalinių elektromagnetinių signalų. Įtampos fliktuacijų spektrinis tankis gaunamas atliekant sparčiąją Furje transformaciją, o spektrinio tankio absoliutinė vertė apskaičiuojama palyginant su žinomos varžos šiluminiu (Naikvisto) triukšmu.

Atlikta žemo dažnio elektrinių fliktuacijų ir varžos charakteristikų analizė parodė, kad tirtuose kompozituose su anglies nano dalelėmis vyrauja šie krūvio pernašos mechanizmai: Mott'o šuoliai vienos dalelės ar jų sankaupos viduje ir tuneliavimas tarp dalelių per dielektrinę matricą. Šie procesai lemia  $1/f^\alpha$  tipo triukšmo spektrą (1 pav.). Taip pat stebėti Lorencio tipo spektrai (1 pav.), būdingi generaciniams ir rekombinaciniams procesams per krūvininkų pagavimo centrus, bei kai kuriems bandiniams tam tikromis



1 pav. Kompozitų su anglies nano dalelėmis įtampos fliktuacijų spektrinio tankio priklausomybės nuo dažnio: OLC – kompozitas su 7 wt.% 100 nm dydžio svogūno pavidalo anglies dalelių užpildu (9 V), OLC+CNT – kompozitas su 7 wt.% 100 nm dydžio svogūno pavidalo anglies dalelių ir 1 wt.% 20 nm diametro ir (5-10)  $\mu\text{m}$  ilgio anglies nano vamzdelių užpildu (600 mV).

veikimo sąlygomis būdingas impulsinis triukšmas. Šių pagavimo centrų būdingosios relaksacijos trukmės skirtingiems bandiniams kinta nuo kelių iki kelių dešimčių milisekundžių. Impulsinis triukšmas stebimas kai kurių bandinių triukšmo charakteristikose vykstant vyraujančio krūvio pernašos mechanizmo pasikeitimui. Tirtų kompozitų su anglies nano dalelėmis elektrinio triukšmo varžos charakteristikos priklauso nuo laidžių dalelių tipo, dydžio, jų paviršiaus charakteristikų ir dalelių tankio bei pasiskirstymo kompozite. Dviejų rūšių anglies dalelės (daugiasieniai anglies nano vamzdeliai ir svogūno pavidalo anglies dalelės) vienoje medžiagoje sukuria sinergijos efektą.

*Reikšminiai žodžiai: anglies nano dalelės, elektrinis triukšmas, fliktuacijos, kompozitas.*