

# Hibridinių kompozitų su anglies nanodalelėmis žemo dažnio triukšmas

## Low frequency noise of hybrid composites with carbon nanoparticles

Frydričas Mireckas<sup>1</sup>, Marina Korzhenevskaya<sup>1</sup>, Sandra Pralgauskaitė<sup>1</sup>, Jonas Matukas<sup>1</sup>,

Darya Meisak<sup>1</sup>, Sergejs Gaidukovs<sup>2</sup>, Jan Macutkevič<sup>1</sup>, Jūras Banys<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vilniaus universitetas, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, Lietuva

<sup>2</sup> Rygos technikos universitetas, Kipsalas iela 6a, LV-1048 Ryga, Latvija

[frydrichas.mireckas@ff.stud.vu.lt](mailto:frydrichas.mireckas@ff.stud.vu.lt)

Anglies nanodalelių kompozitai yra didelio mokslo ir technologijų bendruomenės dėmesio sulaukusios medžiagos dėl jų ypatingų charakteristikų: puikių elektrinio ir šiluminio laidžių, mechaninio tvirtumo [1]. Anglies nanodalelės šiuose kompozituose dielektrinėje polimero matricoje sudaro laidų tinklą [2]. Kadangi kompozitinių medžiagų savybės yra susijusios su jų sudėtimi ir morfologine sandara, efektyvus jų taikymas praktikoje reikalauja išsamaus kompozito savybių tyrimo.

Žemo dažnio triukšmo matavimai yra efektyvus metodas tirti krūvio pernašos reiškinius kompozitiniuose medžiagose [3]. Ypač aktualus yra  $1/f$  tipo triukšmas, kurio intensyvumas nusako sensorių jautrumo ribą.

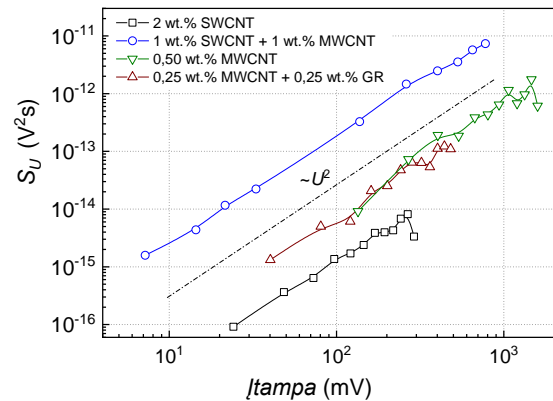
Šiame darbe pateikiame hibridinių kompozitų su skirtingomis anglies nanodalelėmis žemo dažnio triukšmo tyrimo, kurio tikslas yra nustatyti triukšmo šaltinius tiriamosiose medžiagose ir ištirti vyraujančius krūvio pernašos mechanizmus, rezultatus.

Tirtųjų hibridinių kompozitų užpildai: daugiasieniai anglies nanovamzdeliai (MWCNT) ir vienasieniai anglies nanovamzdeliai (SWCNT) arba grafas (GR). Ištirtos skirtingos užpildų koncentracijos medžiagos. Atlikti kompozitų savitosios varžos ir žemo dažnio (10 Hz – 20 kHz) triukšmo charakteristikų matavimai temperatūros intervale nuo 75 K iki 365 K.

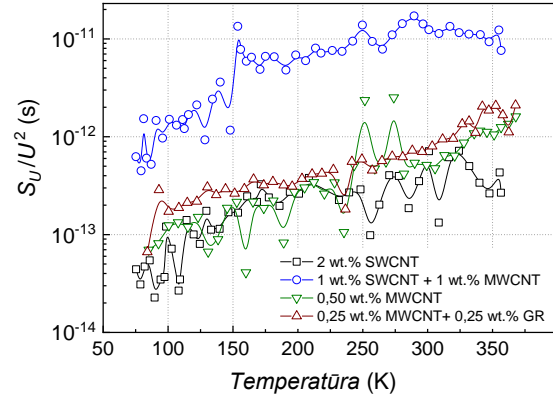
Tirtų kompozitinių medžiagų įtampos fliktuacijų spektras sudarytas iš  $1/f^\alpha$  ir Lorencio tipo komponentų. Įtampos fliktuacijų spektrinis tankis yra proporcingas įtampos kvadratui (1 pav.), kas indikuoja, kad stebimas triukšmas šiuose kompozituose yra sukeltas varžos fliktuacijų.

Dalinis SWCNT užpildo pakeitimas MWCNT hibridiniuose MWCNT/SWCNT kompozituose lemia savitosios varžos ir įtampos fliktuacijų intensyvumo padidėjimą (1 ir 2 pav.). Tai sietina su didesniais MWCNT matmenimis, dėl kurių, esant ekvivalenčiai užpildų koncentracijai, individualių užpildo dalelių skaičius yra mažesnis, kas sumažina tikimybę sudaryti efektyvų laidų tinklą kompozito struktūroje. Dėl didesnio MWCNT paviršiaus ploto, didėja ir paviršinių defektų (krūvininkų pagavos centrų) skaičius.

Dalinis MWCNT pakeitimas grafenu MWCNT/GR kompozituose taip pat lemia savitosios varžos padidėjimą, tačiau šio pakeitimo poveikis įtampos fliktuacijų spektriniam tankiui yra mažesnis (1 ir 2 pav.).



1 pav. Įtampos fliktuacijų spektrinio tankio priklausomybė nuo įtampos kambario temperatūroje 86 Hz dažniui.



2 pav. Normuoto įtampos fliktuacijų spektrinio tankio priklausomybė nuo temperatūros 86 Hz dažniui.

*Reikšminiai žodžiai: anglies nanodalelės, anglies nanovamzdeliai, krūvininkų pernaša, žemadažnis triukšmas.*

### Literatūra

- [1] R.H. Baughman, Science **297**, 787–792 (2002).
- [2] Z. Spitalsky, D. Tasis, K. Papagelis, and C. Galiotis, Progress in Polymer Science **35**, 357–401 (2010).
- [3] M. Tretjak, S. Pralgauskaitė, J. Matukas, J. Macutkevič, J. Banys, and O. Shenderova, Fluctuation and Noise Letters **18**, (2019).