

Energiją taupančių langų paketų ekranavimo efektyvumo valdymas WiFi dažnių ruože

Control of shielding effectiveness of energy saving windows in WiFi frequency range

Evaldas Bilotas, Paulius Ragulis, Žilvinas Kancleris
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius
evaldas.bilotas@ftmc.lt

Per pastarąjį dešimtmetį, buvo labai išplėtoti aukštos energetinės klasės pastatai, ypatingai, šiaurinėse šalyse, kuriose 40 % visų energijos sąnaudų atitenka pastatų šildymui. Pastatuose prasčiausiai šilumą sulaiko langai. Todėl langų paketuose pradėtos naudoti žemos emisijos dangos, kuriomis padengiami vienas arba du langų paketo stiklai. Tos dangos tai metalo ar metalo oksido ploni sluoksniai, kurie sulaiko tolimąją infraraudonąją spinduliuotę namo viduje.

Įdiegus šią technologiją, buvo pastebėta, kad ta danga atspindi ir elektromagnetinę spinduliuotę mikrobangų dažnių ruože. Pasirodė, kad pramoniniu būdu gaminami energiją tausojantys langų paketai gali slopinti mikrobangų spinduliuotę iki 50 dB [1], todėl ryšys svarbiuose telekomunikacijoms GPS ir WiFi dažnių ruožuose gali būti sutrikdytas. Dėl šios priežasties, imta ieškoti būdų, kaip padidinti langų paketų pralaidumą komunikacijoms svarbiuose dažnių ruožuose. Populiariausias metodas yra dažniui selektyvus paviršiai, kurie sukuriama išsėdinat metalizuotoje dangoje tam tikrus periodinius darinius. Šie dariniai veikia kaip rezonansiniai filtrai, gerokai sumažindami slopinimą parinktuose dažnių ruožuose [2].

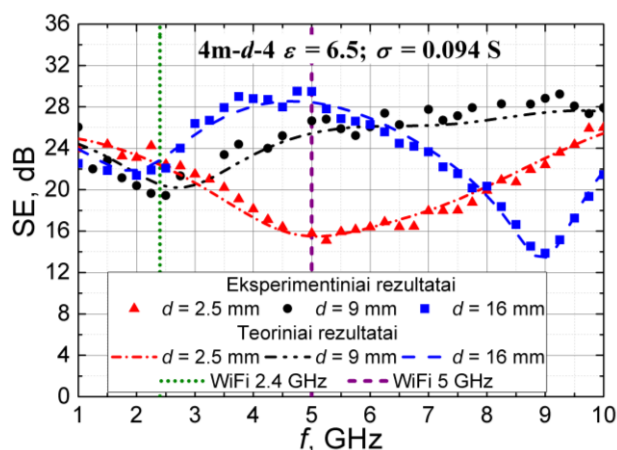
Šiame darbe, mes siūlome pralaidos ar slopinimo reguliavimui panaudoti gerai žinomą Fabry-Perot (FP) rezonanso reiškinį. Keičiant optinį kelią, galima pasiekti tiek pralaidos maksimumą, tiek ir minimumą. Iš kitos pusės yra žinoma [1], kad pusiau skaidrus metalo sluoksnis gali taip pat įtakoti FP rezonanso padėtį. Mes tyrėme dviejų stiklų paketą, kurio vienas iš stiklų yra metalizuotas. Todėl keičiant tarpus tarp stiklų ar jų storį, galima FP rezonansą pastumti į norimą dažnių sritį ir tokiu būdu reguliuoti stiklo paketo pralaidumą mikrobangų dažniuose.

Tyrimo metu stiklo paketai buvo konstruojami iš Saint-Gobain [3] įmonės pagamintų 4 mm storio stiklų. Vieno stiklo paviršius buvo metalizuotas, o jo paviršinis laidumas 0,094 S. Eksperimentiniai tyrimai buvo atliekami FTMC, mikrobangų laboratorijos beaidėje kameroje. Matuojami bandiniai buvo dedami prie beaidės kameros sienoje esančios apertūros, o visi įrenginiai ir siunčianti antena buvo statomi į pačią kamerą. Taip matuojant, spinduliuotė neatsispindi nuo sienų dėl kameroje esančių absorbentų ir matavimų metu nesudaro stovinti banga. Priimančioji antena pastatoma laboratorijoje, beaidės kameros išorėje. Tyrimų metu buvo naudojami ekranavimo efektyvumo (SE) vienetai, kurie nusako spinduliuotės slopinimą decibelais dB. Žinant, kad komerciniuose langų paketuose naudojamų stiklų storis yra 4 mm, o tarpas tarp jų - 16 mm, pradžioje sukonstravome ir išmatavome tokio paketo SE. Keičiant

tarpą tarp stiklų, stebėjome SE dažninės charakteristikos kitimą, kuris 1 pav. parodytas taškais.

Paketų ekranavimo efektyvumui skaičiuoti naudojome derinimo ir pralaidos matricių metodą, kurioje metalizacijos paviršinis laidumas įskaitomas kaip kraštinė sąlyga tangentinėms magnetinio lauko dedamosioms [1]. Apskaičiuotos priklausomybės parodytos 1 pav. ištisinėmis linijomis. Kaip matyti iš paveikslų, keičiant tik atstumą tarp stiklų d galima ženkliai pakeisti SE 5 GHz dažnių ruože, kuris yra naudojamas WiFi ryšiui. Matyti, kad mažinant d nuo 16 iki 2,5 mm SE pavyksta sumažinti apie 12 dB.

Tyrimų metu suradome optimalius langų stiklų storius ir tarpus tarp jų dydžius leidžiančius pasiekti minimalų/maksimalų SE abiejuose WiFi dažnių ruožuose 2,4 ir 5 GHz.



1 pav. Eksperimentiniai ir teoriniai rezultatai langų paketų ekranavimo efektyvumo priklausomybės nuo dažnio, esant skirtingiems tarpams tarp stiklų

Reikšminiai žodžiai: mikrobangos, ekranavimo efektyvumas, Fabri-Pero rezonansas.

Literatūra

- [1] P. Ragulis, P. Ångskog, R. Simniškis, B. Vallhagen, M. Bäckström, and Ž. Kancleris, "Shielding Effectiveness of Modern Energy-Saving Glasses and Windows," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 2017. DOI: 10.1109/TAP.2017.2718223
- [2] H.-Y. Chen and T.-H. Lin, "Dual-band frequency selective surface for improving the transmission of Bluetooth and WLAN signals through an energy-saving glass," *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, vol. 39, pp. 331-336, 2016.
- [3] Saint-Gobain home page: <http://uk.saint-gobain-glass.com/>.