****

**FTMC mokslininkų komanda sukūrė unikalų Lietuvoje metalęšį: kuo jis svarbus?**

*Simonas Bendžius, Fizinių ir technologijos mokslų centras (FTMC)*

Fizinių ir technologijos mokslų centro (FTMC) mokslininkų grupė gegužės 5 d. išpublikavo straipsnį aukšto lygio tarptautiniame žurnale „Frontiers in Physics“. Lietuviai sukūrė lengvą ir ploną metalęšį. Jis skirtas pagerinti ir paversti paprastesniu terahercinį vaizdinimą – veiksmus, kai neregimų terahercinių spindulių dėka (skenuojant kokį nors objektą) gaunamas vienoks ar kitoks mums regimas atvaizdas.

Straipsnio autoriai – FTMC Optoelektronikos bei Fundamentinių tyrimų skyrių darbuotojai dokt. Rusnė Ivaškevičiūtė-Povilauskienė, dokt. Vladislovas Čižas, Ernestas Nacius, dr. Ignas Grigelionis, Karolis Redeckas, Matas Bernatonis, dr. Sergejus Orlovas, prof. dr. Gintaras Valušis ir dr. Linas Minkevičius.

Originalųjį straipsnį galite [perskaityti čia](https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphy.2023.1196726/full?&utm_source=Email_to_authors_&utm_medium=Email&utm_content=T1_11.5e1_author&utm_campaign=Email_publication&field=&journalName=Frontiers_in_Physics&id=1196726). O jei norite paprastesnės kalbos – tuoj sužinosite, kas yra metalęšis ir kokia jo nauda.

**Sveika, veiksminga ir... brangu**

Terahercinė spinduliuotė – tai viena iš gamtoje sutinkamų elektromagnetinių bangų „rūšių“. Tai yra tokios pat elektromagnetinės bangos, kaip regimoji spinduliuotė – tačiau dėl didesnio dažnio jų nematome plika akimi. Dar kitaip sakant, terahercai yra ta pati šviesa – tik nematoma. Šią silpną spinduliuotę natūraliai skleidžia visa, kas tik yra Žemėje – o ir kosmose tai vyksta. Tam, kad spinduliuotum terahercus, privalai būti šiltesnis negu -271 **°**C. Sąlygos, kaip matote, nesudėtingos.

Dar kalbant apie kosmosą: nors šis šiluminis spinduliavimas labai silpnas, astronomai gali jį stebėti net iš tolimų galaktikų. Pavyzdžiui, Havajuose, ant Mauna Kėjos ugnikalnio, iki 2015 m. veikė Kalifornijos technologijos instituto submilimetrinė observatorija, kuri „gaudė“ tolimą terahercinę spinduliuotę. Šioje observatorijoje daug metų dirbo JAV lietuvis, prof. Jonas Žmuidzinas (kuris dabar rūpinasi, kad būtų pastatyta kitokia, gigantiška, observatorija – apie tai [skaitykite čia](https://www.ftmc.lt/news/1334/68/Prof-J-zmuidzinas-apie-planuojama-milziniska-observatorija-bus-lengviau-ieskoti-tolimu-planetu)).

O kuo gali pasitarnauti „žemiškieji“ terahercai?

Ši spinduliuotė mums padeda daiktus matyti „kiaurai“ – panašiai kaip plačiai naudojami rentgeno spinduliai. Tačiau pastarieji gali būti kenksmingi sveikatai, su jais dirbant reikia ypatingų saugumo reikalavimų bei apmokymų. Tuo metu terahercinis vaizdinimas yra daug žadanti (tad mokslininkus dominanti) galimybė, kuri, tikimasi, bus paprastesnė, patogesnė bei saugesnė už rentgeno sistemas.

Kur tai pritaikoma? Viena iš sričių jau dabar yra saugumo sistemos oro uostuose: keleivį peršviečiant terahercų spinduliais, darbuotojas ekrane gali pamatyti, ar žmogus neturi ginklų, narkotikų ar kitų neleistinų daiktų. Tai įmanoma, nes terahercinė spinduliuotė gali prasiskverbti pro drabužius, popierių, kartoną, keramiką, plastiką mūrą ir medieną. Tiesa, šiuos spindulius blokuoja metalas ir vanduo – tačiau ir tai gali pasitarnauti atliekant įvarius tyrimus, pavyzdžiui, mažiems vandens pokyčiams matuoti (nustatant ankstyvą odos vėžį ir pan.).

Terahercai prasiskverbia ir pro gyvus audinius, tad ši technologija vystoma medicinoje; kaip minėta, ši spinduliuotė yra visiškai nekenksminga. Taip pat ji panaudojama tikrinant maisto kokybę: peršviečiama pakuotė, ir terahercinio vaizdinimo dėka pamatome, ar sūris viduje tikrai toks šviežias ir nepakartojamas, kaip parašyta.

Atrodo, viskas čia tobula – tik imk ir naudokis. Tačiau yra viena bėda: terahercinio vaizdinimo sistemos iki šiol išlieka labai brangios, sudėtingos ir gremėzdiškos. Todėl FTMC mokslininkai daug metų dirba tam, kad ši technologija taptų paprastesnė, labiau kompaktiška ir, žinoma, pigesnė.

O tam padeda tobulinami optiniai elementai – lęšiai.

**Už plauką plonesni lęšiai**

Tam, kad minėtos sistemos tinkamai veiktų, būtina tobulinti vadinamąją terahercinę difrakcinę optiką. Difrakcija – tai šviesos, garso arba šilumos bangų užlinkimas susidūrus su kliūtimi. Pavyzdžiui, šviesos banga įprastai sklinda tiesiai, tačiau, sutikusi kliūtį, nukrypsta viena arba kita kryptimi.

Difrakcijos poveikį dažnai galime pastebėti kasdieniame gyvenime. Jei esate iš tos kartos, kuri dar žino, kas yra CD ir DVD diskai, prisimenate, kaip jie spindi tartum vaivorykštė – taip nutinka dėl disko paviršiuje esančių smulkių griovelių, nuo kurių atsispindi šviesa ir susidaro difrakcija. Dėl tų pačių savybių kartais vaivorykšte spindi ir voratinkliai ar net šviežia mėsa!

O esate matę ryškų žiedą aplink Saulę ar Mėnulį? Jis atsiranda dėl atmosferoje susidarančios smulkių dalelių difrakcijos.

Difrakcija nutinka ne tik kalbant apie šviesą: garsas gali „apeiti“ kliūtis, tad netoliese esančio draugo balsą išgirsite net ir atsistoję už Stelmužės ąžuolo.

FTMC Optoelektronikos skyriaus vyresnysis mokslo darbuotojas, vienas iš straipsnio autorių, dr. Linas Minkevičius sako, kad jis su kolegomis terahercinę difrakcinę optiką tobulina nuo 2012 m.:

„Lietuvoje šioje srityje esame stipriausi, o pasaulyje – konkuruojame. Vienas iš mūsų tikslų dabar buvo sukurti lęšį, kuris galėtų pagerinti terahercinio vaizdinimo sistemas. Kad jis būtų pigus, lengvas, užimtų mažai vietos ir pasižymėtų savybėmis, geresnėmis negu turi paprastas lęšis“, – pasakoja specialistas.

Ir jiems tai pavyko. Iš pradžių sukuriamas kompiuterinis modelis, o tada lęšis išpjaunamas lazeriu, arba tam panaudojama ultravioletinė litografija (kai lazeris fotoreziste (šviesai jautrioje medžiagoje) išpaišo lęšio brėžinį, o paskui chemijos pagalba jis išryškinamas ir užgarinamas metalas).

Nerūdijančio plieno lęšis kitoks, negu esame įpratę įsivaizduoti stiklinius lęšius: jis lankstus ir plonytis. Palyginkime: standartinio lęšio storis įprastai būna apie 1–2 cm. Tuo metu FTMC komandos sukurto lęšio storis – 25 mikronai, t. y. 0,025 milimetro (žmogaus plauko storis – vid. 70 mikronų). Toks plonumas padeda tobulinti terahercinio vaizdinimo sistemas – kadangi lęšio storis yra plonesnis už šiuo atveju naudotos terahercinės spinduliuotės bangos ilgį, kuris siekia 3 mm.

**Prie ko čia Haris Poteris?**

Tai dar ne viskas. Kaip turbūt pastebėjote teksto pradžioje, Optoelektronikos skyriaus sukurti elementai yra ne šiaip lęšiai, o metalęšiai! Ką tai reiškia?

„Tai yra kombinacija tarp lęšio ir metamedžiagų – pasikartojančių elementų, kurie, kaip ir lęšis, irgi gali paveikti šviesą tam tikru būdu“, – pasakoja kita straipsnio autorė dokt. Rusnė Ivaškevičiūtė-Povilauskienė.

Metamedžiaga – tai bet kokia žmogaus sukurta dirbtinė medžiaga, pasižyminti savybėmis, kurių natūraliai gamtoje nerasime. Ji gali blokuoti, sugerti, sustiprinti ar išlenkti vaizdo bei garso bangas, taip pat ir šiluminę spinduliuotę. Metamedžiagomis gali tapti metalo, plastiko ar kitokios dalelės, išdėliotos specialiais pasikartojančiais modeliais – būtent jų forma, sukurta struktūra, dydis bei išsidėstymas lemia neįtikėtinas išmaniąsias savybes.

„Įsivaizduokime šaukštą, kuris pamerktas į stiklinę vandens. Dėl susidariusio lūžio rodiklio, vandenyje esanti šaukšto dalis matosi kiek „pasislinkusi“ į šoną lyginant su sausąja dalimi. O dėl metamedžiagų, šaukštas vandenyje atrodytų nusuktas į priešingą pusę“, – sako FTMC mokslininkė.

Toks reiškinys gamtoje neįmanomas, tačiau difrakcinės (taigi, šviesą sklaidančios) metamedžiagos tai leistų padaryti.

Dėl tokių savybių, metamedžiagų kūrimas pasaulyje dabar „ant bangos“. Hario Poterio gerbėjai turėtų kuo džiaugtis: rimti pasaulio mokslininkai kuria nematomąjį apsiaustą! Siekiama, kad jo paviršiuje esančios metamedžiagos padarytų taip, kad regimoji šviesa šį drabužį „aplenktų“ iš šono – tad apsiaustu apsivilkęs žmogus susilietų su jį supančia aplinka.

Kai toks išradimas taps prieinamas visiems, galėsime drąsiai keliauti į Kiauliasodį!

O grįžtant į FTMC, dėl „prijungtų“ metamedžiagų, lietuvių sukurti lęšiai ne tik fokusuoja (koncentruoja, sutelkia) terahercius spindulius, bet ir pasuka spinduliuotės poliarizaciją. Kaip tai suprasti? Įsivaizduokime vikšrą, kuris juda į priekį, savo kūnelį keldamas aukštyn žemyn. Tai būtų vertikali poliarizacija. Praėjęs pro metalęšį, vikšras nukristų ant šono, tačiau ir toliau slinktųsi į priekį tokiais pat judesiais (tai būtų „horizontali“ poliarizacija).

Kitaip sakant, metalęšis gali bangą „paguldyti ant šono“. Ir ne tik – mokslininkai poliarizaciją keičia pagal poreikį. O kalbant konkrečiai apie FTMC, tokie šviesos valdymo privalumai leidžia terahercų pagalba geriau matyti įvairiausius objektus. Tarkim, vienoks poliarizacijos metodas padės matyti vienokius sluoksnius medžiagoje, o kitoks – kitokius.

Straipsnio, publikuoto žurnale „Frontiers in Physics“, autoriai dėkoja Lietuvos mokslo tarybai, kuri skyrė finansavimą Jaunųjų mokslininkų projektui nr. S-MIP-22-76.

Tai – ne pirmas kartas, kai FTMC grupės tyrimų rezultatai patenka į prestižinius mokslinius leidinius. 2022 m. lapkritį vienas pačių įtakingiausių (trečias pagal reitingus savo srityje) pasaulio optikos žurnalų, „Nature“ grupei priklausantis „Light: Science & Applications“ išpublikavo FTMC Optoelektronikos ir Fundamentinių tyrimų skyriaus [mokslininkų bendrą darbą](https://www.ftmc.lt/news/1213/68/FTMC-tyreju-publikacija-Nature-grupes-zurnale-Light-Science-Applications), susijusį su teraherciniu vaizdinimu.