

# Domaća pamet razvija metamaterijale

**Godine 2000. na Fakultetu elektrotehnike i računarstva** Sveučilišta u Zagrebu razvijena je prva hrvatska umjetna elektromagnetska struktura 'metamaterijal'. Razvijeni prototip radio je u mikrovalnom području i njegova proizvodnja stajala je svega nekoliko desetaka kuna, što je hrvatske znanstvenike svrstalo uz bok najvećim svjetskim istraživačima u području primijenjenog elektromagnetizma

**TEKST:** LUKA FIŠIĆ

**FOTO:** DRAŽEN LAPIC

**M**etamaterijali su prostorni nizovi minijaturnih antena koje oponašaju atome u običnim materijalima, no na vrlo neuobičajen način. Zato je s pomoću metamaterijala moguće stvoriti uređaje i sustave sa svojstvima koja se nikada ne bi mogla postići prirodnim materijalima. Karakterističan primjer je plašt pomoću kojega val 'zaobilazi' proizvodni objekt i on postaje 'nevidljiv'. Osim vojnih primjena, takav plašt mogao bi se rabiti za otklanjanje utjecaja neželjenih prepreka poput drveća i kuća za bežične komunikacijske mreže. Na temelju sličnog načela trenutačno se vrlo aktivno istražuje 'seizmički plašt', koji bi se koristio preusmjerenjem seizmičkih valova.

**Prvi metamaterijal** nastao je u Sjedinjenim Američkim Državama u svibnju 2000., a kreirao ga je istraživački tim na Kalifornijskom sveučilištu San Diego. To otkriće iz temelja je promijenilo elektromagnetizam i inženjerstvo.

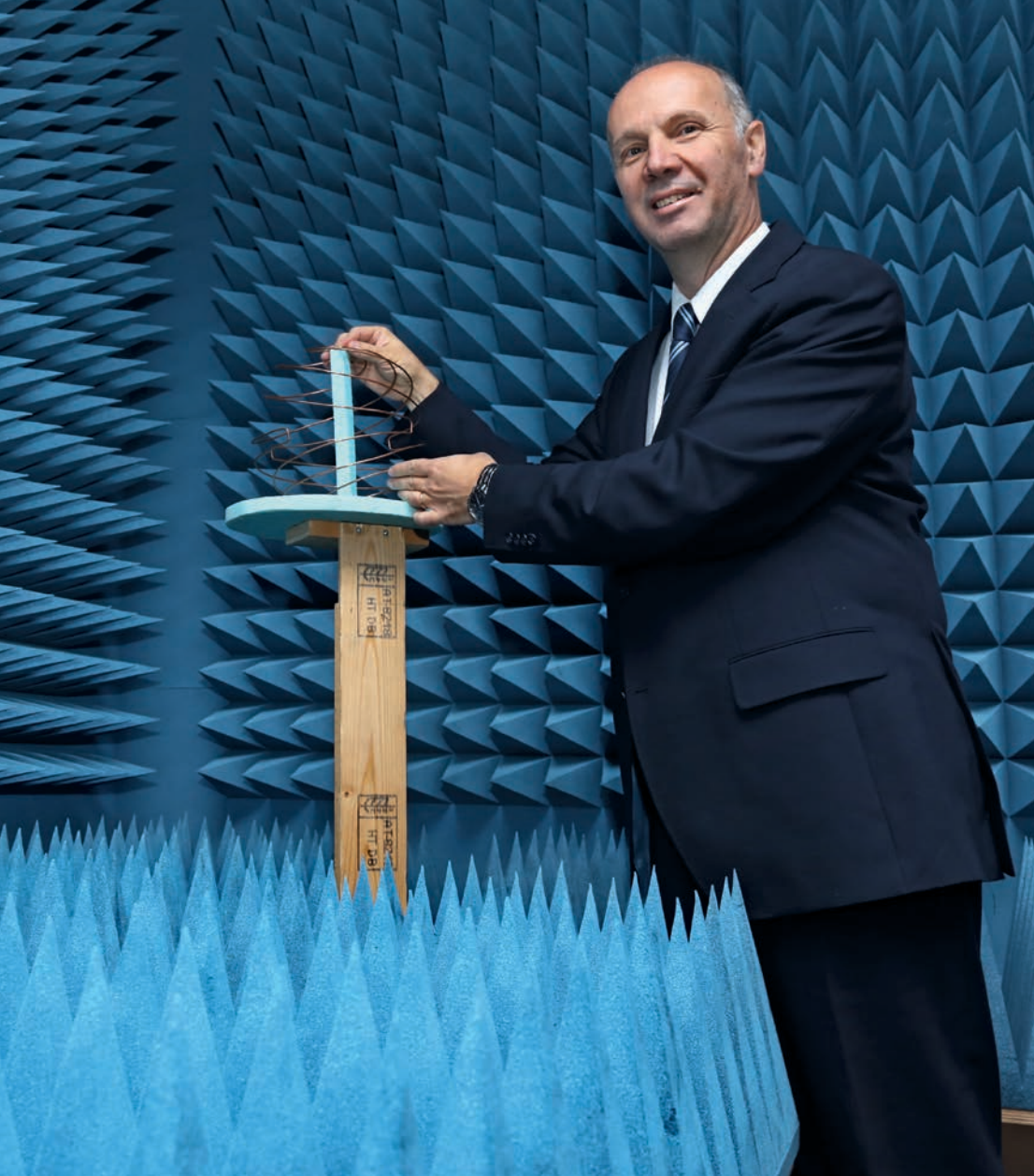
**Antena je jedini element** elektroničkih komunikacijskih sustava koji do sada nije minijaturiziran. FER-ovci su na dobrome putu da riješe i taj problem. Dizajnirali su antenu koja je mnogo kraća od sadašnjih upravo zahvaljujući metamaterijalu

Samo dva mjeseca nakon otkrića, na zagrebačkom Fakultetu elektrotehnike i računarstva (FER-u), pod vodstvom prof. dr. sc. Silvija Hrabara nastao je i hrvatski metamaterijal. Istraživanje je slijedilo nakon što su istraživači s FER-a pročitali novinarsku objavu Sveučilišta u San Diegu da će američki znanstvenici uskoro predstaviti metamaterijale. Tako je Hrabar kontaktirao američke autore, koji su mu poslali primjerak svojeg članka. Nakon pročitano članka, odlučio je pokušati konstruirati sličnu strukturu i to u okviru studentskog diplomskog zadatka. Budući da na početku istraživanja domaći znanstvenici nisu imali na raspolaganju velika materijalna sredstva poput američkih kolega, nije im preostalo drugo nego da budu kreativni s onime što imaju. – Odlučili smo ručno obraditi nekoliko stotina običnih podložnih pločica, koje smo zatim kombinirali sa standardnim žicama za električne instalacije. Tako načinjena struktura pokazala je elektromagnetska svojstva vrlo slična metamaterijalu iz San Diega. Dakle, za svega nekoliko desetaka kuna, napravljen je metamaterijal koji je hrvatske znanstvenike svrstao uz bok najvećim svjetskim istraživačima u području primi-

jenjenog elektromagnetizma – prisjeća se Hrabar. Spomenuti diplomski rad označio je i početak rada FER-ova laboratorija za metamaterijale koji djeluje pod vodstvom profesora Silvija Hrabara. Danas je tim tog laboratorija, unatoč oskudnim financijskim sredstvima, vrlo priznat i nalazi se među najboljim eksperimentalnim grupama za metamaterijale u svijetu. Tim već godinama vrlo aktivno surađuje s mnogim sveučilištima i tvrtkama u Europi, Aziji i SAD-u. Nakon što su izradili prvi metamaterijal, FER-ovci su 2005. konstruirali i prvi subvalni radiofrekventijski rezonator na svijetu. Nadalje, 2007. na FER-u je konstruirana skalirana replika nanoplazmoničkoga kuglastog rezonatora, a 2010. izrađen je i prvi prototip aktivnoga širokopojasnog metamaterijala na svijetu.

**Inženjeri i fizičari** uzbuđeni su zbog mogućnosti da se stvore metamaterijali, koji mogu imati gotovo magijska svojstva. Ipak, još nema mnogo primjera praktične primjene metamaterijala. – Uzrok sporog napretka su temeljna fizikalna ograničenja: neuobičajena i neintuitivna svojstva klasičnih metamaterijala javljaju se samo unutar vrlo uskoga frekventijskog pojasa. S druge strane, većina današnjih mobilnih i satelitskih komunikacija, bežični internet i navigacijski sustavi rabe široke

U stručnim krugovima raste uzbuđenje zbog novopredloženih primjena metamaterijala poput 'plašta nevidljivosti', koji bi mogao proizvodni objekt učiniti nevidljiv za ljudsko oko



## Kreativni pristup nanotehnologiji

### Na FER-u doskočili manjku sredstava

Plazmonika i nanofotonika su nova nado-lazeća područja na koja će utjecati razvoj metamaterijala. Nažalost, nanotehnologija je vrlo skupa i nedostupna u Hrvatskoj. FER-ov odgovor na taj problem moglo bi biti upotreba skaliranih replika. Primjerice ne FER-u je kontrirana replika nanoplazmoničkoga kuglastog rezonatora. To je žičana kugla veličine nekoliko centimetara koja ima istovjetnu raspodjelu električnog i magnetskog polja u radiofrekvencijskom području kakvu plazmonička srebrna kuglica veličine 20 nanometara ima u optičkom području. Takvi skalirani prototipovi poredaju se na stol te se tako dobije replika optičkog plazmoničkog valovoda i načini mjerenje u radiofrekvencijskom području. Nakon mjerenja pronade se optimalni dizajn. Na osnovi toga dizajna se kod partnera u SAD-u, u tamošnjim vrlo skupim nanotehnološkim laboratorijima procesira stvarni plazmonički valovod na optičkoj skali. To je dokaz da je ključ uspjeha ponajprije kreativnost i da se, usprkos uvriježenom mišljenju, i u Hrvatskoj mogu istraživati primjene nanotehnologije i nanoelektromagnetizma.

frekvencijske pojase. Baš zato je naš istraživački tim predložio potpuno novi koncept koji nadilazi ograničenja dana temeljnom fizikom. Koristeći se aktivnim elementima možemo zaobići fizikalna ograničenja i znatno povećati širinu frekvencijskog pojasa metamaterijala – objašnjava Hrabar.

**Pasivni metamaterijali**, dodaje, sastavljeni su samo od pasivnih komponenata, uključujući metale i dielektrične materijale.

– S druge strane, aktivni metamaterijali sadrže neki izvor energije poput baterije koja napaja električne elemente pomoću kojih se uklanjaju spomenuta ograničenja širine frekvencijskog pojasa. Nadalje, aktivni elementi omogućuju bolju kontrolu svojstava metamaterijala i to na gotovo proizvoljan način. Moja istraživačka skupina bila je prva koja eksperimentalno demonstrirala takav pristup i po-

stigla stotinjak puta veću širinu pojasa od klasičnih pasivnih metamaterijala. Danas je ovo područje vrlo aktivno i više od 10 istraživačkih skupina širom svijeta radi na razvoju tih ideja – kaže Hrabar.

**Jedini element** elektroničkih komunikacijskih sustava koji do sada nije miniaturiziran je antena. FER-ovci su na dobrome puti da riješe i taj problem.

– Na primjer, klasična lijevak-antena usmjerava elektromagnetsku energiju u željenom smjeru. Ona je prilično dugačka, jer kada bi se skratila, energija bi išla na sve strane umjesto da se kreće u smjeru kojem želimo. Dosadašnji pokušaji miniaturizacije lijevak-antene bili su uglavnom neuspješni. Mi smo zahvaljujući upotrebi metamaterijala razvili antenu koja je mnogo kraća od klasične lijevak-antene – objašnjava profesor.

● **Profesor dr. sc. Silvio Hrabar**, voditelj FER-ova laboratorija za metamaterijale, opisuje trenutna istraživanja nove vrste metamaterijala – takozvanih aktivnih metamaterijala. Njegova istraživačka skupina prva na svijetu je predložila i eksperimentalno dokazala mogućnost kontrole svojstava metamaterijala ugradnjom aktivnih elektroničkih elemenata. Danas više od 10 istraživačkih skupina širom svijeta radi na razvoju tih ideja

**Antena** koju su profesor Hrabar i njegov tim kreirali u svojoj građi upotrebljava obične bakrene žice za električne instalacije, organizirane u strukturu koja se ponaša kao takozvani 'nulti' metamaterijal. Kada elektromagnetski val iz unutrašnjosti antene krene u bilo kojem smjeru, lomi se na 'nultom' metamaterijalu na način da napušta antenu samo u okomitom smjeru. Tako se postiže usmjerenost elektromagnetske energije jednaka klasičnoj lijevak-anteni.

– Nekada sam mislio da je za kvalitetno znanstveno istraživanje nužno imati vrhunsku, često vrlo skupu laboratorijsku opremu i prateću tehnologiju. No shvatio sam da je prava snaga u ljudima. Studenti su ključ našeg uspjeha. Bavljenje znanostju ustvari nije posao već poziv koji uvjetuje poseban način života. Da naši studenti i profesori ne razmišljaju tako, ne bismo imali ovakve rezultate – zaključuje Hrabar. ●