

IÑIGO EDERRA

*Ingeniaritza Elektrikoa eta Elektronikoa Departamentua.
Nafarroako Unibertsitate Publikoa*



METAMATERIALAK

ezaugarri harrigarriak eta interes bizia

Metamaterialena da azken urteetan zientzialarien artean interes handiena piztu duen arloetako bat. Elementuen multzo periodikoz osatutako konposatu artifizialak dira metamaterialak, eta haien propietate elektromagnetikoak, optikoak edo akustikoak kontrola eta diseina daitezke, emaitza harrigarriak lortzeko; naturan behatu ezin diren emaitzak: errefrakzio-indize negatiboa duten materialak, atzerakako uhinak sortzen dituztenak, uhin-luzera jakinak hedatzea eragozten dutenak edo Doppler efektua alderantzikatzen dutenak.

Metamaterialen ikerketa Yablonovich-ek eta beste zenbaitek egindako lanekin abiatu zen. Hiru dimentsioko egitura periodikoak behatu zituzten haiek, maiztasun jakinetako uhinak hedatzea eragozten zutenak. Ondoren, Pendry-k eta Smith-ek esperimentalki frogatu zuten indize negatibodun inguruneen portaera (Veselagok 1968an iragarritakoa), eta, harrezkero, son handia hartu du gaiak. Ikerketa-arlo bizienetako bat bihurtu da elektromagnetismo aplikatuaren arloan, optikan eta materia kondentsatuaren teorian.

Indize negatibodun inguruneek —“ingurune ezker” ere esaten zaie— dute ezaugarri deigarrienetako bat metamaterialen artean: errefrakzio negatiboa. Hori lortzeko, beharrezkoa da metamaterialak errefrakzio-indize negatiboa izatea, eta, horretarako, materialak bi ezaugarri hauek negatiboak izan behar ditu aldi berean: permitibitate dielektrikoa (ϵ) —eremu elektriko baten aurrean materialak jasaten duen polarizazioaren neurria— eta iragazkortasun magnetikoa (μ) —eremu

magnetiko baten aurrean materialak jasaten duen magnetizazioaren neurria—. Lehenengo froga esperimentalerako, eraztun eta harizpi metalikoz osatutako ingurune bat erabili zuten Pendryk eta Smith-ek, haien bidez lortzen baitzen aipatutako fenomenoak.

SUPERLENTEAK

Metamaterialek izan ditzaketen aplikazioen artean, superlente esaten zaiona ari da sortzen interes handiena. Izan ere, lentearen difrakzio-mugatik gaindiko berreizmena lor daiteke haren bidez.

Lente arrunt batean uhin-luzerak mugatzen du bereizmena; uhin-luzera baino txikiagoak diren xehetasunak galdu egiten dira, ezin ditugu ikusi. Xehetasun horiek eremu ebaneszenteen mendekoak dira, eta eremu horien anplitudea ikaragarri txikitzen da eremuaren-iturritik urrundu ahala. Ondorioz, eremuek darmaten informazioa galdu egiten dugu. Superlenteetan, aldiz, eremu ebaneszenteen anplitudea handitu egiten da distantziarekin, eta, xehetasunak berreskuratu

tzeko aukera dago. Ereduak hasieran zituena balioak ezagutu ditzakegu, eta, beraz, irudiaren xehetasunak berreskuratu.

Halako superlenterik eraiki ahalko balitz, aplikazio asko izango lituzke litografian, biltegitratze optikoan, eremu hurbileko espektroskopian eta medikuntza-irudien arloan. Alabaina, orain arteko esperimentuek erakutsi dute eragotzi ezinezko galerek lenteen portaera degradatzen dutela, eta emaitzak ez dira iragarri bezain ikusgarriak izan.

Metamaterialen aplikazio izarra, edo, gutxienez, oihartzun mediatiko handien izaten ari dena, objektuak ezkutatu eta ikusezin bihurtzeko aukera da. Horretarako, objektua metamaterial ez-homogeneo batekin biltzea proposatzen da; material horren permitibitate- eta iragazkortasun-ezaugarriek eragotzi egingo lukete uhin elektromagnetiko bat bertan islatzea, eta, gainera, uhin hori bera berreraiki egingo litzateke objektuaren beste aldean. Ondorioz, objektua ikusezina izango litzateke. Radarretan izan de-

zakeen erabilera da (beste maiztasun-banda batzuk alde batera utzita) etorkizun handienekoa. Hala ere, orain arte aurkeztu diren sistemetan ikusezintasuna maiztasun jakin gutxi batzuetara mugatuta dago, eta polarizazio jakin batera, eta horrek murriztu egiten du erabilgarritasuna, praktikan.

AURRERATUEN, IRRATI-UHINETAN

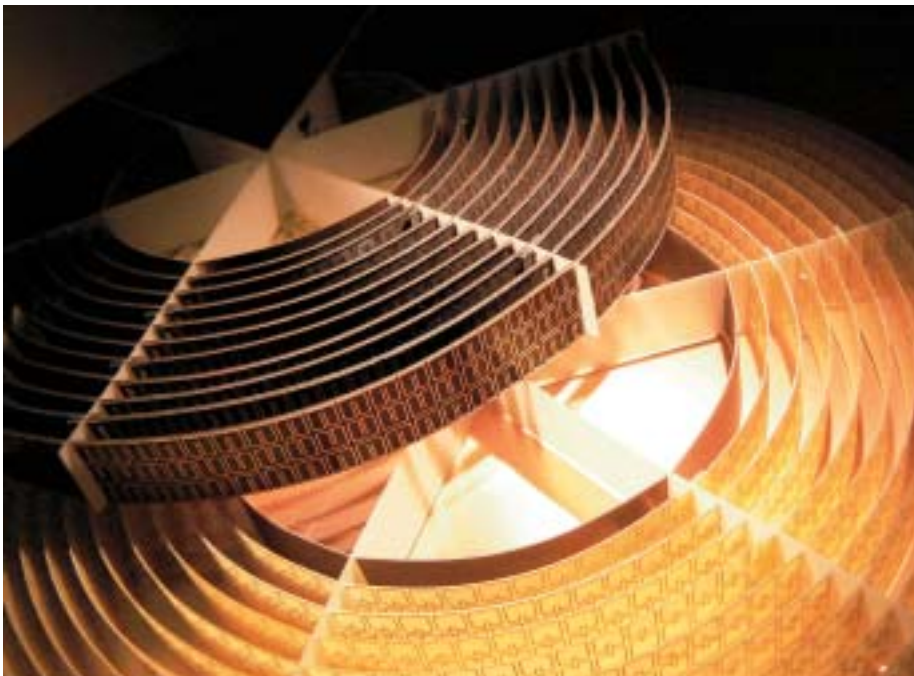
Seguru asko, irrati-uhinen arloko aplikazioek lortu dute heldutasun-maila handiena. XX. mendearen hasieratik jaso da literatura zientifikoan uhin-luzera horiei buruzko ikerketa teorikoa eta esperimentala, ingurune periodiko eta artifizialen eremuan. Baina metamaterialak praktikan erabiltzeak eta haietan oinarritutako ideiek posible egin dute osagaien diseinu-estrategia berriak garatzea, tamaina murriztea, funtzionalitateak gehitzea, eta antenen zein mikrouhin-zirkuituen ezaugarriak hobetzea.

Antenen arloan zehazki, haien ezaugarriak hobetzeko eta tamaina txikitzeko erabiltzen ari gara batez ere metamate-

rialak. Izan ere, metamaterialez egindako substratu eta superestratuak erabiltzeak posible egiten du antenen arteko akoplazteak murriztea, eta antena bakoitzaren portaera hobetzea antena-multzoen parte direnean. Halaber, material ezkerretan oinarritutako superestratoei esker, lente baten pareko efektua lor daiteke, eta antenaren irabazia handitu. Antenen miniaturizazioari dagokionez, berriz, konstante dielektriko handiko ingurune eraginkorrrak sor daitezke, tamaina askoz txikiagoan.

Metamaterialen aplikazio izarra, edo, gutxienez, oihartzun mediatiko handiena izaten ari dena, objektuak ezkutatu eta ikusezin bihurtzeko aukera da.

Aurrerapen horiek baikortasun handia sortzen dute, baina esan beharra dago ikerketak hasierako fasean daudela oraindik, kontzeptua bera probatzeko fasean, hain zuzen. Eta erronka handiak ditu oraindik zientzia-komunitateak egoera hori gaingitu eta sistema errealan erabili ahal izango diren metamaterialak sortzeko. Edozein kasutan, materialok gauzatuko ez balira ere, arlo honetan egindako ikerketak aldaketa ekarri dio dagoeneko fenomeno jakin batzuk behatzeko ikuspegiari, eta ikuspegi-aldaketa hori oso baliagarria izango da ondoren etorriko diren aurrerapenetan. ●



DAVID R. SMITH/DUKE UNIBERTSITATEA