

SUPEREROALEAK.

ITXAROPENAK IZOZTUTA?

Jon
Otaolaurretxi

Hotzetik berora

Fisikariek aspalditik dakite zero absolutu (-273°C) inguruko tenperaturan material batzuen erresistentzia elektrikoa desagertu egiten dela. Fenomeno hori aztertzeke helio likidoa erabili izan dute, bere urtze-tenperatura -269°C -koa delarik. Medikuntzan eta beste arloren batean saio gutxi batzuk egin izan dituzte supereroaleen aplikazio industrialak garatu nahian, baina zailtasun ikaragarriak gainditu behar ziren. Tenperatura horietan lan egitea oso garestia da batetik eta arazo teknikoak ikaragarriak bestetik.

1986. urtean, panorama asko aldatu zen. IBM enpresak Zürich-en duen ikerketa-zentruan George Bednorz eta Alex Müller-ek -238°C -ko tenperaturan supereroale zen materiala zeramiko bat lortu zuten. Horri esker, 1987. urtean Fisikazko Nobel Saria eman zieten.

Aurkikuntza horren ondorioz, mundu guztian zehar fisikariak tenperatura altuko supereroankortasunaren bila hasi ziren su eta gar. Gai honen inguruan simposium eta bilera ugari egin da, baina dudarik gabe garrantzitsuena Ameriketako

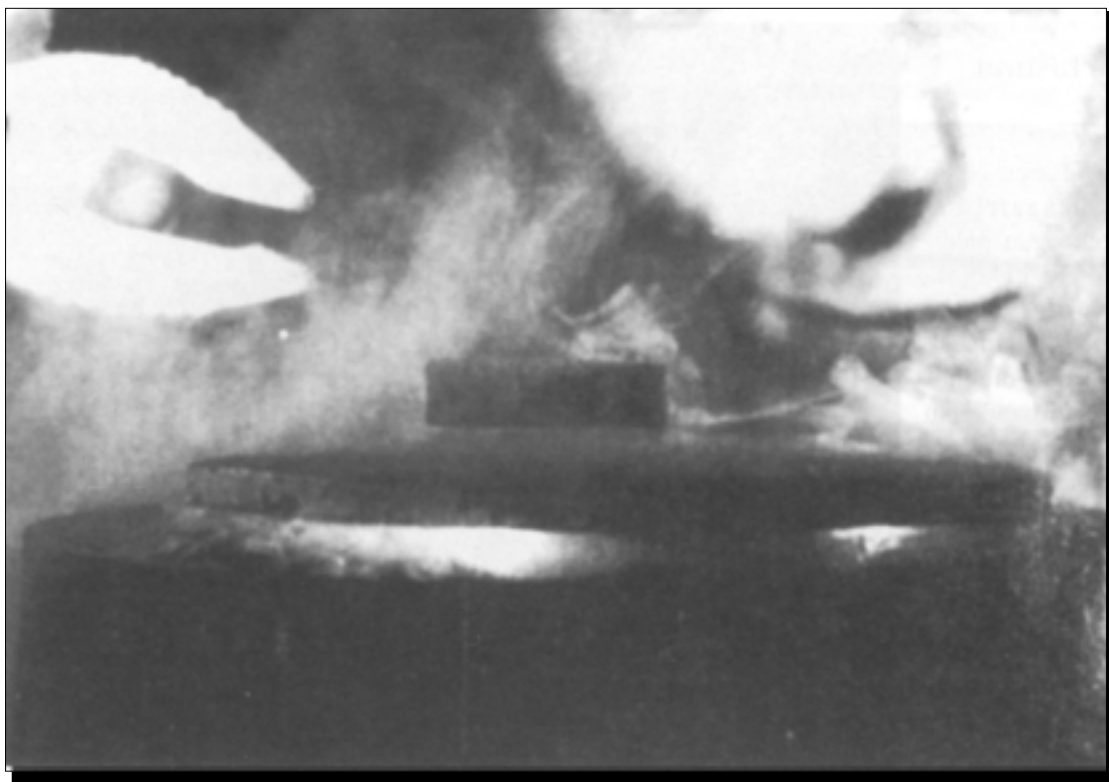
Supereroale edo erresistentzia elektrikorik gabeko eroaleen arazoa pil-pilean egon da 1986. urteaz gero. Orduan izan ere, tenperatura altuko supereroankortasuna (-238°C -koa) aldarrikatu zen askoren ametsak errealitate bihurtzeko itxaropena piztuz. Supereroaleak industrialki aplikatzeko itxaropenak ordea, izozturik diraute oraindik.

fisikarien elkarteak 1987. urtean martxoaren 18an egindakoa da. New Yorkeko hotel batean ia lau mila fisikari bildu ziren, fotografo, telebista-kamera eta kazetariz inguraturik. Han supereroankortasunak nitrogeno likidoaren muga gainditu zuela aldarrikatu zen; -196°C -ko muga alegia.

Berebiziko itxaropenak piztu ziren orduan eta jende guztia amestetan hasi zen. Giro-tenperaturako supereroankortasuna biharamunean bertan lortuko zela uste zuten, kantitate handitan metatutako energia elektrikoa, galerarik gabeko

elektrizitate-garraioa, ordenadore superazkarrak, etab. nonnahi aipatzen ziren. Denek iragartzen zuten supereroalez gobernatutako mundua.

Hiru urte geroago ordea, orduko berotasunak epeldurik daude eta supereroale zeramikotan berebiziko ikerketa-lanak egin diren arren, tenperaturaren marka -148°C -raino bakarrik etorri da. Berriki, Detroiteko unibertsitatean J. T. Txen fisikariak -23°C -tan supereroale den materiala prestatu omen du, baina berria ez da oraindik konfirmatu. Giro-tenperaturako supereroankortasunak beraz, urruti samar dagoela dirudi.



Lebitazio magnetikoa da supereroankortasunaren fenomeno ikusgarrienetakoa. Nitrogeno likidoz hoztutako pieza zeramikoa imanaren lebitazioz mantentzen da, aurkako eremu magnetikoaren eraginez.

Nitrogeno likidoaren teknologia

Bitartean, jende askok nitrogeno likidoaren teknologia garatzeari ekin dio, zeren eta supereroankortasuna helio likidoaren tenperaturatik nitrogeno likidoaren tenperaturara igarotzeak gauzak asko erraztu ditu. Helio likidoa garestia da eta erabiltzen zaila; instalazio konplikatuak behar dituena. Nitrogeno likidoa berriz, berrogei aldiz merkeagoa da, erabiltterraza eta helioak baino 30 aldiz errendimendu hobea duena. Hala eta guztiz ere, laborategietan ikerleak gogor ari dira supereroankortasunarentzat tenperatura altuagoak lortu nahian. Azken aldi berri handirik izan ez bada beraz, ez du esan nahi zientzialariak geldirik daudenik.

Industriaren ikuspegitik begirata, tenperatura alde batera utzita aplikaziotan sortzen diren beste arazoak konpontzen badago nahikoa lana. Izan ere "tenperatura altuko" material berriek badituzte oztopo batzuk. Kimikariek masa kristalbakarreko forman erraz egiten

badituzte ere, aplikaziotarako erabilgarritasuna oso txikia da. Horregatik, material hauek aplikazio industrialetara egokitzeko laborategi publiko eta pribatu asko ari da lanean.

Supereroankortasuna elektronikan

Zirkuitu elektrikotan, gero eta interesgarriagoa da seinaleak guztiz azkar transmitituko dituzten elementuak. Silizioak eta galio artseniuroak aurrerapen handiak eragin dituzte arlo honetan eta gaur egun zentimetro bat luzeko txip karratu batek 100 pikosegundoko (100×10^{-12} segundoko) erantzun-denbora du. Hala ere, zirkuitu elektronikoak osorik hartuta, erantzun-denbora hamar aldiz handiagoa da konexio ugari dardelako. Konexio bakoitzak, txikia bada ere erresistentzia elektrikoa du eta seriez egon ohi direnez gero, guztien artean seinaleen zirkulazio-abiadura moteldu egiten dute. Bestetik, Joule efektua medio beroa ere sortzen da konexiotan,

eta hori kaltegarria da funtzionamendurako.

Zirkuitu logiko azkarragoek erantzun-denbora pikosegundo batera jaitsiko lukete, baina horretarako derrigorrezkoak lirerateke tenperatura altuko supereroaleak. Zirkuitu hibrido hauetan memoria erdieroaleez osatuta eta konexiozko alderdi logikoa supereroaleez osatuta egongo litzateke, guztia nitrogeno likidoz hoztuta edukiz.

Baina hori baino lehen industriariek geruza meheen teknologia menperatu behar dute. Ameriketan, Japonian eta Europan aurrerapenak azkar egiten ari dira. Europan adibidez, hausketa katódikoz, ultrahutseko lurrinketaz edo laser ablaziozko hauspeaketaz siliziozko euskarrian oso geruza supereroale meheak lortu dituzte; ehunen bat ångströmeakoak ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$).

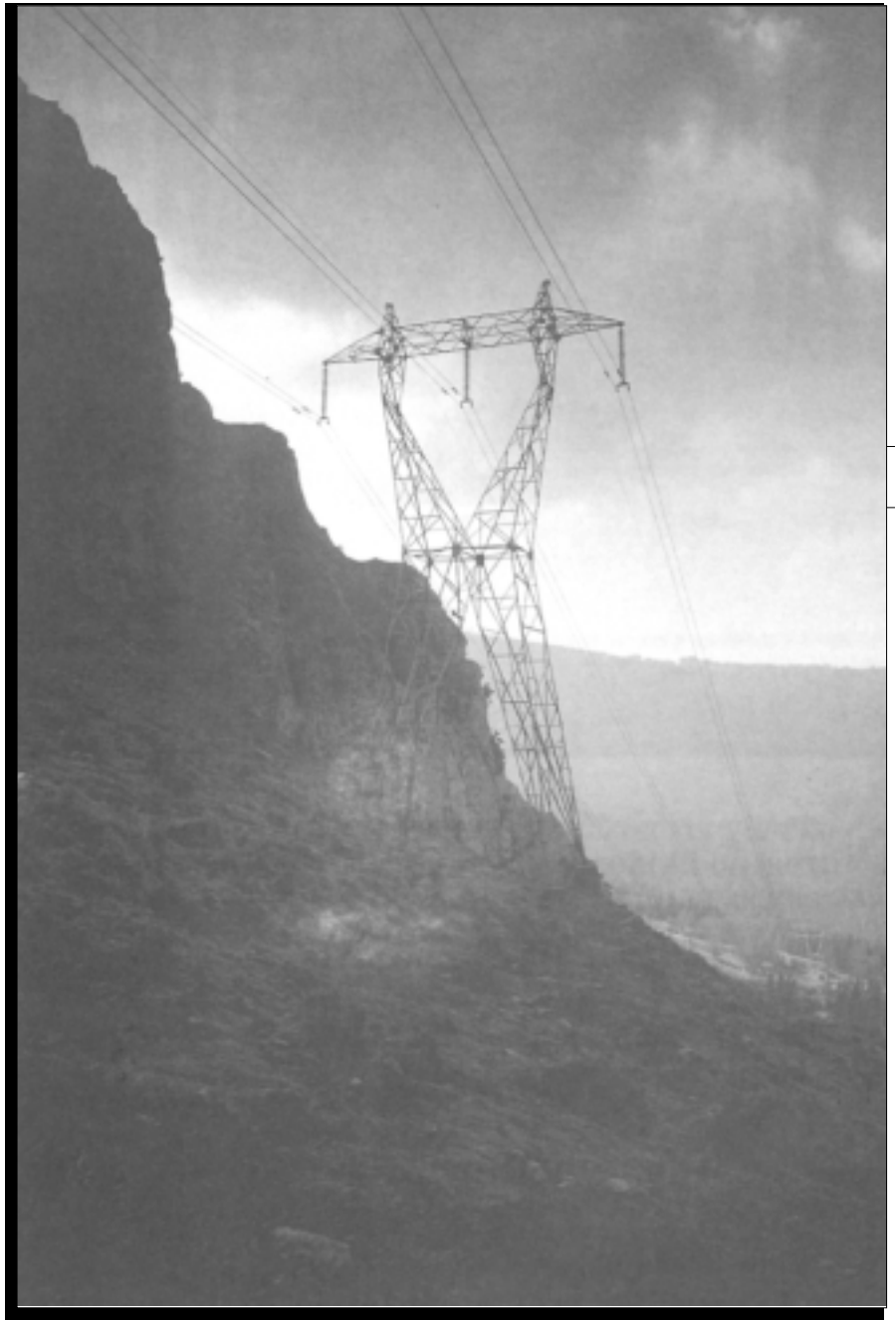
Dena dela elektronikaren munduan osagai berriak sartu nahi badira oraingo material batzuk baztertu egin behar dira, eta hori zaila da enpresa handiek silizioaren teknologian inbertsio handiak eginik dituztelako.

Supereroankortasuna magnetismoan

Supereroankortasunaren beste aplikazio-arlo interesgarri bat magnetismoa da. Gaur egun medikuntzan diagnostikoak egiteko ala energia elektrikoa sortzeko adibidez, eremu magnetiko indartsuak behar izaten dira. Eremu magnetiko horiek, elektroiman handietan sortzen dira, bertan korrante elektrikoa igarotzen den hari eroaleak daudelarik. Kobrezko harien erresistentzia elektrikoaren oztupoa saihesteko, diametro handiko kableak erabili behar izaten dira. Beraz bobinek tamainaz ikaragarriak eta energia asko kontsumitzen dutenak izatea beste erremediorik ez dute.

Supereroaleak dira arazo horiek konpontzeko bide egokia, baina orain arte helio likidoa erabili beharrak gauzak asko mugatu ditu. ALEPH partikula-detektorea, LEP partikula-azeleragailua (Genevako CERNeko), erresonantzia magnetiko-nuklearrezko medikuntzarako teknologiak etab. helioz hoztutako bobina supereroalez egin dira. Bobina horiek niobio eta titanioaren aleazioz eginik daude, tenperatura baxuetan metal hauek supereroale direlako. Supereroale zeramikoari hari-forma ematea ordea zaila da. Hala ere badirudi japoniarrek ikerketak aurreratu samarrak dituztela eta agian laster supereroale zeramikoazko hariak fabrikatzeko moduan izango dira. Horrela tenperatura altuko supereroankortasunak industriara sartzeko ateak zabalik izango ditu.

Militarrak ere adi-adi daude nitrogeno likidoaren esparruko supereroankortasunari begira. Helio likidoa ezin da abioitan erabili, hegaldean gordetzeko eta funtzionarazteko arazoak daudelako. Nitrogeno likidoa aldiz, abioitan erabiltzen da jadanik infragorritzko detekzio-kamerak hozteko.



Oraingo lineetan energia elektrikoaren zati bat bero bihurtzen da, nahiz eta garraiorako tentsioa altua izan. Supereroleei esker bero-galera horiek ez lirateke egongo eta garraio-tentsioa ere oso txikia litzateke.

Energi metaketa

Supereroaleek konpon dezaketen beste arazo bat, energia elektrikoa kantitate handitan metatzeko dagoena da. Ameriketara eta Alemaniara badira arlo hau garatzeko proiektuetan diharduten zientzialariak.

Funtsean, bobina batean energi kantitate handia batera galerarik

gabe gordetzea nahi da, gero poliki-poliki beharren arabera energia hori erabiltzeko. Hirietan, adibidez, gauzez kontsumoa asko jaisten denean energia metatu egingo litzateke bobina supereroaleetan eta egunez kontsumoak gora egiten denean bobina deskargatu egingo litzateke.

Militarrek bestetik, horrelako bobinak "izarretako gerra" rako nahi dituzte. Izan ere horrelako sis-



Supereroankortasunaren ondorio bat gurpilik gabeko trenna izango da. Errairik eta lurrik ukitu gabe lebitazio magnetikoz airean joango da trenna.

temen bidez 100 segundotan, 0,4 eta 1 gigawatteko energiak jaurtiko lituzkete (1 gigawatt = 10^9 watt).

Temperatura altuko supereroaleek dena dela, temperatura hotzeko bezalaxe beren mugak dituzte. "Korronte kritiko" deitzen den maila igarotzen bada, materialak supereroale izateari utzi egiten dio eta edozein eroale arrunten portaera erakusten du. Niobio-aleaziozko supereroale hotzek esate baterako, -269°C -tan zentimetro karratuko 10 milioi amperetan dute korronte kritikoaren maila eta oxidozko oraingo temperatura altuko supereroaleetan maila hamarretik ehun aldiz txikiagoa da.

Elektrizitatearen garraioa

Material hauek erresistentzia elektrikorik ez dutenez, korronte elektrikoa distantzia luzetara galerririk gabe garraiatuko lukete. Joule efektua medio, garraio-lineatan %10-15 energia galtzen da bero bihurtuta.

Supereroalezko lineak egiteko baina, hozketa-sistema bide guztian zehar instalatu beharko litzateke eta horren kostua oraingoz kalkulazina da. Horrelako linean gainera, arrisku handiak leudeke. Hozketa-sistemaren aberiagatik, tximista erortzeagatik edo beste eze-rengatik lineako edozein puntu berotuko balitz, supereroankor izateari berehala utziko lioke. Berotu egingo litzateke beraz, eta bero hori ingurura transmititu ere bai, azkenean garraio-sare osoa kalte-tuko litzatekeelarik.

Tren magnetikoa

Lebitazio magnetikozko trenaren proiektua da azken aldiko proiekturik interesgarrienetakoa. Trenna, bi polo magnetiko berdinek elkarri eragiten dioten aldarapen-endarrean oinarritzen da. Eredu magnetikoak beraz, lurretik ehundaka tonako pisua altxatzeko adinakoa izan behar du. Hori ordea, supereroalezko bobinen bidez

bakarrak lor daiteke. Japoniarrak eta alemanak dira orain arte tren magnetikoaren saiakuntzak egin dituztenak. Helio likidoa erabili dute horretarako.

Trenak ez du gurpilik eta airean desplazatzen da lurrik ukitu gabe. Horregatik ezin dira erreizko trenbide normaletan erabili. Beraz azpiegitura guztia berria egin behar zaio; bidea, elikadura elektrikorako estazioak etab. Trenbide berriaren kostua ordea, ikaragarria da (proiektu osoaren %94) eta alemanek jadanik tren magnetikoa gartzeari utzi diote. Japoniarrak dira gaur egun proiektuari eusten dioten bakarrak.

Supereroankortasunaz 1987. urtean zeuden itxaropenak badirudi gaur egun apur bat izoztu egin direla, baina ikerlari-multzo handi bat munduan zehar lanean ari da eta arlo honetan edozein momentutan beste aurkikuntza miaragarriren bat aditzera ematea ez litzateke harrigarria izango. Itxaropen izoztuak gori-gori leudeke berriz ere.