

# MOTORE ELEKTRIKO MIKROSKOPIKOAK

Jon Otaolaurretxi

*Ohituak gaude azken aldi honetan elektronikan zirkuitu integratuen arloan oso neurri txikiak erabiltzen. Miniaturizazioari esker transistoreen tamaina ia molekulen parera etorria dago. Oraingo honetan ordea, beste marka baten berri eman nahi dugu. Izan ere duela gutxi motore elektriko mikroskopikoak lortu dituzte; jostorrazaren zuloan dozena bat motore sartzeko modukoak.*

**G**uztiok dakigu gutxi gorabehera paper-orri baten edo ile baten lodiera zein txikia den; milimetroaren hamarren bat edo bi besterik ez bait dute neurtzen. Beraz, ile baten lodiera baino motore elektriko txikiagoa egitea dagoenik ez da sinestekoa. Orain arte ezagutu ditugun motore elektrikoak, oso neurri desberdinetakoak dira. Batzuk ikaragarriak (4.500 kW-ekoak, trenmakinarenak adibidez) eta beste batzuk milimetro gutxi batzuetakoak (koartozko erlojutakoak esaterako).

Motore elektriko guzti hauen funtsa, indar magnetikoa da. Azken finen iman batek (edo elektroiman batek) burdin pusketa bat erakartzeko ahalmenean oinarritzen dira. Indar magnetiko hori areagotzeko, elektroimaneak haril bat izaten dute bertatik korrante elektrikoa igaro eta intentsitate handiko eremu magnetikoa sor dadin. Miniaturizatzerakoan ordea, hari, isolamendu eta ha-

rilkadurak gaindiezinezko oztopoak aurkezten dituzte.

Gaur egun indar magnetikoan oinarrituta erabiltzen diren motorerik txikiak, koartozko erlojutakoak dira. Korrante alternoz funtzionatzen dute eta errotoreak milimetro bat edo bi bakarrik neurtzen baditu ere, estatoreak bere bobina eta guzti zentimetroa gainditu ohi du.

Baina oztopoak oztopo, Kaliforniako unibertsitatean (Berkeley-n), Roger Howe eta Richard Muller-ek ilearen lodiera bezain motore elektriko txikia fabrikatu dute. Motoreak ez du harilkaturik eta mikroskopioz bakarrik ikus daitezke. Gainera, berez ez da motore elektromekanikoa; elektrostatikoa baizik, indar elektrostatikoa (eta ez elektromagnetikoa) baliatzen delako.

Indar elektrostatikoa egunero ikus dezakegun fenomeno da. Poliestireno hedatuzko apurrak plastikoa nola erakartzen dituen edo muskadiskoak hautsa nola erakartzen duen

ikustea besterik ez dago horretarako. Elektrostatikaren kontrako zeinuko biko karga elektrikoren arteko erakarpen-indarra, kargen balioekiko zuzenki proportzionala da eta bien arteko distantziaren karratuarekiko alderantziz proportzionala. Beraz kargen arteko distantzia erdia bada, erakarpen-indarra lau aldiz handiagoa izango da, eta distantzia hamar aldiz txikiagoa bada, indarra ehun aldiz handiagoa, etab. Horregatik, indar elektrostatikoa berez oso txikiak izanik ere, kargen arteko distantzia milimetroa baino txikiagoa bada kontutan hartzekoa da. Zirkuitu integratuetan bestetik, osagaien arteko distantzia milimetroaren milarenekoa izaten da, eta neurri horietan indar elektrostatikoa indar eragile bezala erabil daitezke.

Beraz, motore elektriko mikroskopiko berri honetan, pieza txikiak doitasun ikaragarri fabrikatu behar dira; zirkuitu integratutako osagaiak bezalaxe hain zuzen. Aspalditik ari

dira siliziozko 5 mm luzeko karratuan milaka transistore sartzen.

Zirkuitu integratuak egiteko prozesuaren oinarria fotolitografia da. Plantila batean marratutako zirkuitua siliziozko karratura diapositiba bezala proiektatzen da. Hobeto esan, diapositibaren alderantziz proiektatzen dute; tamaina erreduzituz alegia, eta ez handiagotuz. Plantilako irudia silizio-plakako gainean dagoen laka sentikorrezko geruzara proiektatuz, ondorengo tratamenduari esker argiak jotako alderdiak bakarrik mantentzen dira geruzan (edo alderantziz, jo gabekoak). Zirkuitu integratuak egiteko antzeko beste prozedura batzuk ere badira, noski.

Zirkuitugileak ordea, prozedura hauek transistoreez gain detektagailu, presio-kaptore, azelerometro etab. diseinatzeko erabiltzen hasi ziren, eta bide horri jarraituz motore elektrikoa lortu dute injineruek. Motorea silizio polikristalinozko geruza batean dago eraikia, silizezko beste bi geruzek sandwicharen gisa hartzen dutelarik.

Motorearen kanpoko forma, geruza hauek dutena da. Silizeak molde edo karkasarena egiten du. Barruan pieza higikorrak osatzeko nahikoa geruza jalki denean, kanpoko moldea azido fluorhidrikotan disolbatzen da eta motorearen piezak agerian gelditzen dira. Errotorea, motore asinkronoen antzekoa da. Zortzi edo hamabi hortzeko engranearen itxura hartzen zaio eta milimetroaren 6 edo 7 ehuneneko diametroa du; ilearen lodiera baino txikiagoa. Estatorea, siliziozko euskarrian zuzenean tailatzen da. Errotorea sartzeko zulo biribila du eta koska metalizatuak inguruan, korrante altxatze bidez eremu elektriko birakorra sortzeko. Errotorearen eta estatorearen arteko tartea (burdinartea deitzen zaio motore normaletan, baina silizioartea esan beharko litzaioke hemen) milimetroaren 0,5 milarena da.

Motore mikroskopikoak, motore asinkrono normalak bezalaxe funtzionatzen du. Norantza jakin batean estatoreko kosketara korrantea bidaltzen denean, beraien muturreko eremu elektrikoak errotorearen hortzetan kontrako elektrizazioa indu-

zitzen du eta kontrako zeinua duten kargek elkar erakartzen dutenez gero, errotoreak biratu egiten du kosketara hurbilduz.

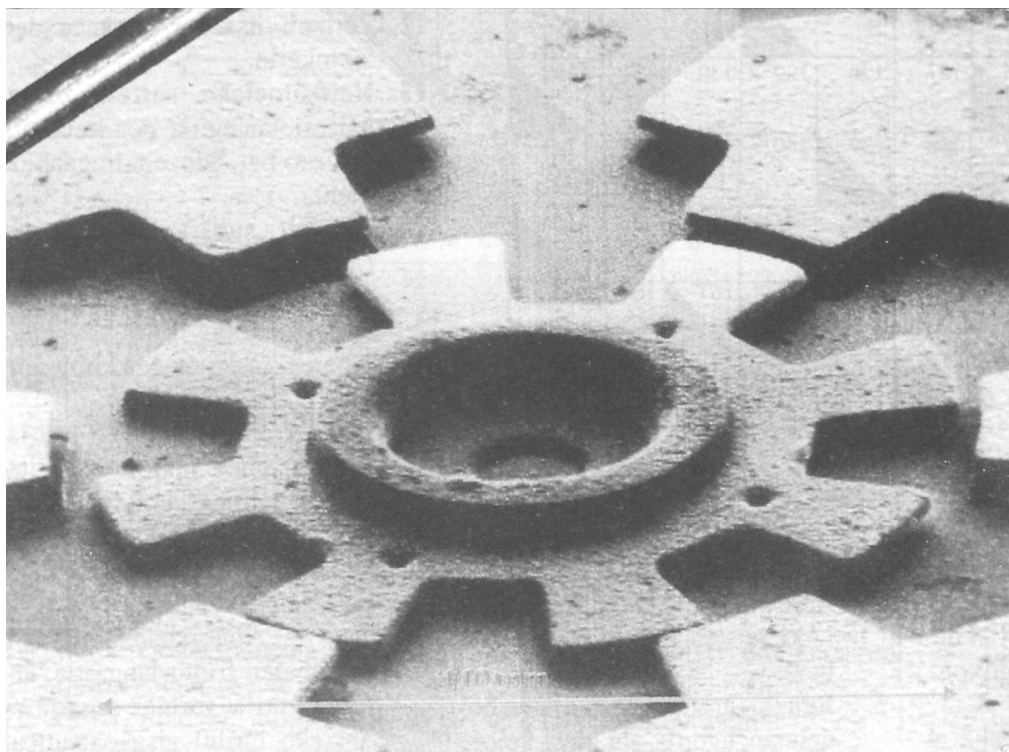
Oreka lortu baino lehen ordea, kosketako korrantearen norantza edo banaketa aldatu egiten da eta errotorearen hortzak aldarapen- indarrez bultza egiten dira. Estatoreko korrantea motore asinkrono klasikoetan eremu magnetikoa bezala kontrolatuz, errotorea etengabe birarazten da. Estatoreko korrante hori kontrolatzeko dago mikroprozesadore hain zuzen. Izan ere motore mikroskopikoa mikroprozesadorearen barnean bait dago.

Motore txiki-txiki honek bestetik, lehen ez bezalako arazo berriak sortuko ditu, zeren eta tamaina horietan marruskaduraren eta higaduraren eragina nolakoa den ez bait dakite. Piezak nola koipeztatu beharko dira adibidez?

Dena dela, bada beste galdera garrantzitsu bat ere: motore hauek zertarako erabiliko dira? Eta erantzutea ez da hain zaila. Mikroprozesadore, gobernatuko duen garuna izango da nolabait esan eta motore mikrosko-

pikoa lana egingo duen muskulua. Mikrokirurgiarako guraizak edo zerra zirkularrak egingo dira, begiko erretinan edo beste organoren batean zelula gutxi batzuk ebakitzeko adibidez. Edo arteriatatik koipea aterako dute, edo balbula mikroskopikoen bidez momentu eta leku jakin batera sendagai-dosi zehatzak botako dituzte.

Industrian ere baliagarriak izango dira, noski. Laser diodoen lerrokaduran, telekomunikaziozko zuntz optikotan eta abarretan. Satelite eta zunda espazialeterako ere guztiz interesgarriak dira, arlo horretan tamainak eta pisuak berebiziko garrantzia dutelako. //



Motore mikroskopiko hauen errotorea eta estatorea ikusten dira irudian. Honelako dozena bat sartzen da jostorrazaren zuloan.