

Lotura metalikoa



Lan hau Creative Commons-en Nazioarteko 3.0 lizentziaren mendeko Azterketa-Ez komertzial-Partekatu lizentziaren mende dago. Lizentzia horren kopia ikusteko, sartu <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/> helbidean.

Gizakiaren historia eta metalen erabilera banaezinak direla gaineratu beharra dago. Hots, metalak eroale elektriko eta termiko onak dira eta harikortasuna eta zailtasuna handia dute. Ezaugarri hauek gizakiaren garapen teknologikorako ezinbestekoak izan dira mendeetan zehar. Are gehiago, metalak distiratsuak direnez apaingarri gisa erabili dira betidanik.

Metalak harikorak direnez, kanpo-indar baten menpe erraz deformatzen dira eta zailak direnez, energia asko xurgatzen dute hautsi baino, lehen kanpo indar baten menpe. Zer esanik ez, material harikorak, zailak izaten dira deformatzean energia asko xurgatzen baitute. Konparazioz, solido kobalenteetan oinarritutako material zeramikoak zurrinak dira eta kanpo indar baten menpe deformatu beharrean hautsi egiten dira.

Aleazioek ere ezaugarri hauek izaten dituzte zenbait metalen konbinazioak baitira. Aleazioak prestatzeko metalak elkarrekin funditzen dira eta, hozketaren ondorioz suertatzen solidifikazio-prozesuan, metalek sare berean kristalizatzen dute. Gaur egun, aleazioak alde aurretik 'diseinatzen' dira aplikazio jakin baterako. Hala ere, zenbait aleazio aintzinatik ezagutzen dira: adibidez, brontzeak (Cu eta Sn), letoiak (Cu eta Zn) eta amalgamak (Hg-aren konbinazioak).

Amankomunekoak ezagunak badira ere, metalen beste ezaugarri batzu oso anitzak dira. 1. taulan zenbait metalen atomizazio-entalpiak eta fusio-puntuak bildu dira anizkoitasun honen frogatzat.

1. Taula. Zenbait metalen atomizazio-entalpiak (Kcal mol^{-1}) 25 °C-tan (Hg-aren kasuan, 15.3 °C-tan) eta fusio-puntuak (°C)

Li	Be										
38.6	77.5										
180°	1283°										
Na	Mg	Al									
25.9	35	78									
97.5°	650°	660°									
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
21.5	42.5	90	112	123	95	68	99.3	102.4	102.8	81.1	31.2
63.4°	850°	1539°	1725°	1730°	1900°	1247°	1535°	1493°	1455°	1083°	420°
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd
19.5	39	101.5	145.5	172	157	158	153	133	91	68	26.7
38.8°	770°	1509°	1852°	2487°	2610°		2400°	1960°	1550°	961°	321°
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	As	Hg
18.7	42.5	103	148	187	203	187	188	160	135	88	15.3
28.7°	704°	920°	2300°	2997°	3380°	3150°	2700°	2454°	1769°	1063°	-38.9°

Ikus daitekeenez, atomizazio-entalpiaren zein fusio-puntuaren baliorik handienak hirugarren periodoko zentraldean daude. Hots, wolframioa metal errefraktarioa dugu (3380°C-ko fusio-puntua du) eta, horregatik, bonbiletako harietan erabiltzen da. Bestalde, halogenoen fusio-puntuak oso baxuak direnez, lanpara halogenoetan erabiltzen dira gas-egoeran.

Lotura kobalentera eta ionikora hurbiltzeko erraminta teorikoak mekanika klasikoaren bidez garatu ziren ez bezala, lotura metalikoa aztertzeko mekanika kuantikora jo beharra dago nahitaez, solido metalikoetako elektroien portaera Fermi-Dirac-en estatistikaren arabera baita. Hots, lotura metalikorako garatutako orbital molekularren bidezko teoria Block-ek bandena da. Hala ere, alde aurretik lotura metalikoa azaltzen ahaleginak egin ziren ikuspuntu klasikotik; horien artean, Engel-en, Brewer-en eta Griffith-en lanak aipatu beharra dago lotura-energiaren arloan. Bestalde, Pauling ezaugarri magnetikoak azaltzen saiatu zen eta Altman, Coulson eta Hume-Rothery zientzilariek, metalen egitura kristalinoak sistematizatu.

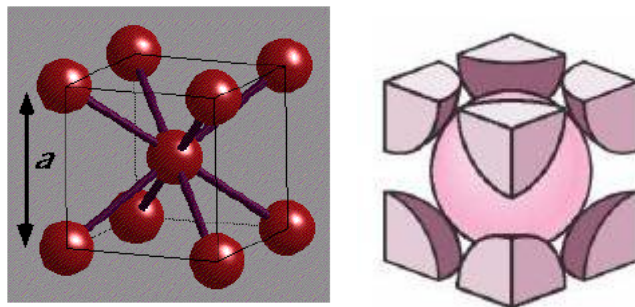
1. Solido metalikoen egitura kristalinoak

Metalen sare kristalografikoak oso sinpleak izaten dira paketatzen diren atomoak berdinak baitira. Gehienetan, metalek paketaketa trinkoetan kristalizatzen dute baina zenbaitetan, paketaketa ez-trinkoetan ere. Jarraian ikusiko dugunez, metalen paketaketa-moten artean ez dago diferentzia nabaririk espazioaren aprobetxamenduan eta, beraz, metal askok polimorfismoa erakusten dute. Polimorfismoaren fenomenoaren ondorioz, metalek sare kristalino desberdinak eratzeko gaitasuna dute tenperatura eta presioaren arabera.

1.1. Sare kristalinoak

Solido metalikoen ohiko sare kristalinoak ondoko hiruak dira: paketaketa kubiko trinkoa (PKT), paketaketa hexagonal trinkoa (PHT) eta paketaketa kubikoa gorputzean zentratua (PKGZ).

Paketaketa trinkoak jadanik ikusi ditugunez, jarraian PKGZ aztertuko dugu (1. irudia). Hori I sare kubiko ez-trinkoa da koordinazio-zenbakia zortzi duena. Hori baieztatzeko, espazioaren betetze-frakzioa kalkulatu besterik ez dugu egin behar eta, horretarako, elkarri ukitzen dioten esferak kuboaren diagonaletan daudela hartu behar dugu kontuan: beraz, $d_k = \sqrt{3} \cdot a$ denez, $r = \sqrt{3}/4 \cdot a$ da eta $F_v = 0.68$.



1. irudia. Sare unitatearen parametroen harremana gorputzean zentratutako paketeketan: (ezk) ohiko adierazpen grafikoa eta (esk) esferen ukimenaren detailea

$$F_v = n \frac{V_{at}}{V_s} = n \frac{\frac{4\pi}{3} \cdot r^3}{a^3} = n \frac{4\pi \left(\frac{\sqrt{3}}{4} \cdot a \right)^3}{a^3} = n \frac{\sqrt{3}}{16} \pi$$

$$n = 2 \Rightarrow F_v = \frac{\sqrt{3}}{8} \pi = 0.68$$

Metal gehienek aurreko paketaketatik kristalizatzen dute; izan ere, ezagutzen dira salbuespenak oso eskasak dira (adibidez, α -Po solidoak P funtsezko sare kubikoan kristalizatzen du). Horrek Naturak jarraitzen dion **espazioaren aureskiaren irizpidea** baieztatzen du eta solido guztietan betetzen dela ikusiko dugu hurrengo kapituluan.

1.2. Polimorfismoa

Paketaketa trinko bien antzekotasunaren ondorioz, oso energia gutxi behar da bata beste bilakatzeko eta, horregatik, metalek **polimorfismoa** erakusten dute. Ezaugarri honi **alotropia** ere deitzen zaio. 2. taulan zenbait metalen sare kristalinoak giro-presioan bildu dira. Ikus daitekeenez, giro-tenperaturan metal askok gorputzean zentratutako sare ez-trinkoan kristalizatzen dute.

2. taula. Zenbait metalen sare kristalinoak

	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni
T↑ ↓	PKGZ	PHT PKT	PKT PHT	PKGZ PHT	PKGZ	PKGZ	PKGZ PKT	PKGZ PKT PKGZ	PKT PHT	PKT
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd
T↑ ↓	PKGZ	PKGZ PHT PKT	PHT	PKGZ PHT	PKGZ	PKGZ	PHT	PHT	PKT	PKT

Beherago daudenak, tenperatura altuagoetako polimorfoak dira

Adibide modura burdinaren polimorfismoa aipatuko dugu. Hain zuzen, burdinaren lau polimorfo ezagutzen dira: α -Fe, γ -Fe, δ -Fe eta β -Fe, besteak beste. Presio estandarrean eta 912°C-ra arte, α -Fe da polimorfo egonkorra, gorputzean zentratutako sare kubikoa (I sarea) duena. Ondorengo tenperatuetan eta 1394°C-ra arte γ -Fe solidoak kristalizatzen du PKT-an (F sarea). Jarraian, fusio-puntura arte (1538°C), gorputzean zentratutako sare kubikoa duen δ -Fe eratzten da; α -Fe eta δ -Fe solidoen arteko desberdintasuna a parametroa da, α -Fe sarean txikiagoa dena. Bestalde, laugarren polimorfoak, β -Fe solidoak, PHT-an kristalizatzen du oso presio altuetan.

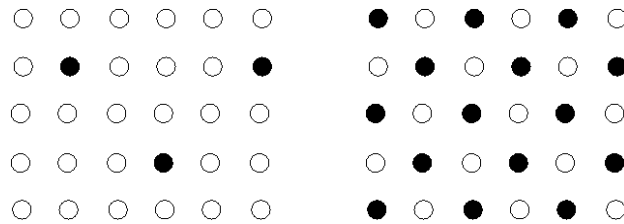
Fase-trantsizio hauek egoera-trantsizioak baino mekanismo konplikatuena bidez gauzatzen dira eta, beraz, askoz motelagoak dira. Hau dela eta, solidifikazioan hozketa oso azkarra baldin bada, termodinamikoki egonkorak ez diren faseak (**fase metaegonkorak**) lor daitezke giro-tenperaturan, fase-trantsizioa erabat burutzeko astirik egon ezean.

Burdinaren polimorfoak direla eta, metalurgiaren bidez makina bat material ekoizten dira fase egonkorren eta metaegonkorren proportzioaren eta banaketaren arabera: adibidez, altzairuak, fundizioak, etabar. Horretarako, fase metaegonkorak lortzeko bero-tratamenduetaz gain, beste osagaiak nahasten dira materialen ezaugarri jakin batzuei lortu nahian.

2. Aleazioak

Metal bat beste metal batekin (edo gehiagorekin) funditzen denean, disoluzio homogeneoa eratzten da gehienetan. Horrela, hori hoztutakoan lortzen den fase solidoa **aleazio** bat da. Oro har, aleazioa era dadin metalen erradioen arteko diferentziak ez du %15 baino handiagoa izan behar eta aleatzen diren metalen elektronegatibitateek antzekoak izan behar dute.

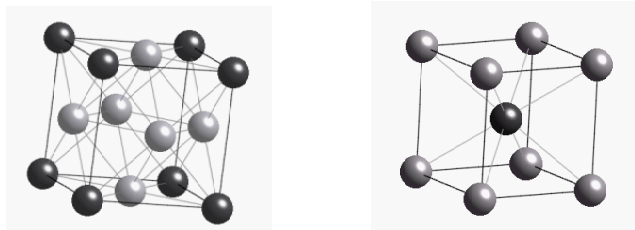
Aleazioetan atomoen paketaketa mota desberdinetakoak izan daitezke (2. irudia). Hots, bigarren metalaren atomoak metal nagusiaren posizioetan kristalizatzen badute, **ordezpen-aleazioa** dugu. Batzuetan, bigarren metalaren proportzioa oso handia da eta atomo hauek metal nagusiaren sare kristalografikoaren posizio jakin batzuei betetzen dituzte: hauek, **ordezpen-aleazio ordenatuak** dira, **konposatu intermetaliko** deritzenak.



2. irudia. (ezk) ordezen-aleazioa eta (esk) ordezen-aleazio ordenatua

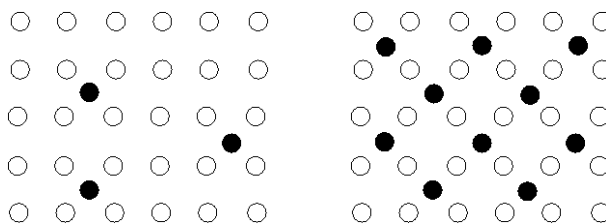
Ordezen-aleazioek ez bezala, konposatu intermetalikoak ezin daitezke solido metalikotzat hartu euren ezaugarriak desberdinak baitira; hain zuzen, konposatu kobalenteen eta metalikoen arteko jokabidea adierazten dute. Beraz, intermetalikoak solido metalikoak baino gogorragoak eta zurrunagoak dira.

Adibide gisa, Ni_3Al eta NiAl konposatu intermetalikoak aipa daitezke (3. irudia). Hots, Ni solidoak PKT-an kristlizatzen du (α -Ni) eta Al metalarekin alea dezake horren proportzioa pisutan %10koa izan arte. Proportzio handiagotarako, Ni-Al disoluzio homogeneoa bi faseetan kristalizatzen du: α -Ni-%10Al aleazioa eta Ni_3Al . Aleazioa ordezen-motakoa da eta Al atomoak sare kristalografikoaren edozein posiziotan ager daitezke. Ni_3Al konposatu intermetalikoan, berriz, Al atomoek F sare kubikoaren lau posizioetatik bat betetzen du proportzio molarra %25 baita. Proportzio molarra gora badoa, Ni_3Al faseaz gain, beste fase bat eratu beharra dago estekiometria bete dadin: fase hau NiAl intermetalikoa da, gorputzean zentratutako sare kubikoan kristalizatzen duena. Fase honetan Al-aren proportzio molarra %50 denez, atomoek sarearen posizio-erdietan daude.



3. irudia. (ezk) Ni_3Al eta (esk) NiAl konposatu intermetalikoen sare kristalografikakoak. Ni atomoak argienak dira eta Al atomoak, ilunagoak.

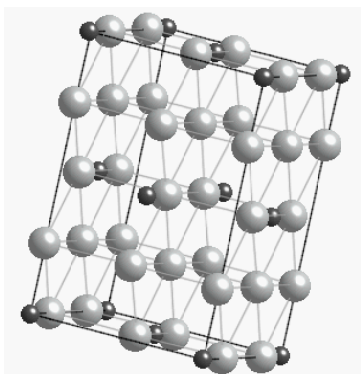
Zirrikituak bigarren aleazio-mota bat ostzen dute zeinetan bigarren elementuaren atomoek metal nagusiaren posizioak baino, sarearen hutsuneak betetzen dituzten (4. irudia). Hau dela eta, bigarren atomoa nagusia baino askoz txikiagoa da eta, gehienetan, ez da elementu metalikoa, ez-metalikoa baino; H, C, N eta O aleazio zirrikatuen ohiko osagaiak dira. Bigarren elementuen atomoek solido puruaren ezaugarriak aldarazten duten arren, aleazio zirrikatuen jokabidea material metaliko batena da.



4. irudia. (ezk) aleazio zirrikatua eta (esk) aleazio zirrikatu ordenatua

Aleazio-mota hauetan ere bigarren elementuaren proportzio molarra estekiometrikoa baldin bada, sarea ordenatu egiten da eta, ordezen-aleazioetan gertatzen den bezala, suertatzen den solidoa intermetalikoa da.

Adibide gisa, Fe-C aleazio zirrikatuak aipa daitezke. Hots, esan bezala, bai PKT eta PKGZ sareetan hutsune oktaedrikoak eta tetraedrikoak daude. Hots, γ -Fe solidoaren PKT sarean C atomoek zenbait hutsune oktaedrikoak betetzen badituzte, **austenita** izeneko aleazio zirrikatua dugu, %2.11ko C-aren pisuko proportzio maximoa onartzen duena. Bestalde, C atomoek α -Fe solidoaren PKGZ sareko zenbait hutsune oktaedriko betetzen badituzte, **ferrita** aleazio zirrikatua eratzen da zeinaren C-aren pisuko proportzio maximoa askoz txikiagoa da: %0.02koa, hain zuzen ere. C atomoen proportzio molarra askoz handiagoa denean, Fe_3C **zementita** aleazio zirrikatu ordenatua eratzen da (5.irudia) sare ortorronbikoa duena.



5. irudia. Zementita aleazio zirrikatuaren sarea: Fe atomoak handienak dira eta C atomoak, txikiak.

3. Lotura metalikoa

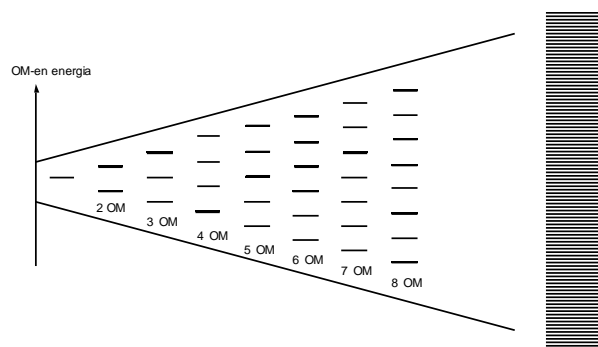
Esan bezala, lotura metalikoaren eredu batu bakarra orbital molekularren teorian oinarrituta dago. Hots, solido metalikoa molekula infinitozat hartzen da non balentzia-elektroi guztiak desluketuta dauden kristalean zehar. Horrela, metal guztiek erakartzen dute hodei elektroniko hau eta elkarrekin mantentzen dira.

Solido metalikoen irudi grafiko hau oso lagungarria da metalen ezaugarri termikoetara eta elektrikoetara hurbiltzeko zeren eta elektroien mugikortasuna ereduaren mamia baita. Hala ere, ideia hau gehiago landu daiteke banden teoriaren bidez. Geroago ikusiko dugunez, teoria honen arabera eroaleen ezaugarri elektrikoak ez ezik, erdi-eroaleenak eta isolatzaileenak ere azal daitezke.

3.1. Banden teoria

Banden teoria orbital molekularren kasu berezia da molekula infinito batean oinarrituta baitago. Hots, demagun 0.23 g-ko Na kristal bat dugula; kantitate hau 0.01 mol denez, 6.023×10^{21} Na atomo daude eta kopuru hau nahikoa da solidoa infinitozat har dezagun. Bestalde Na atomoaren konfigurazioa $[\text{Ne}]3s^1$ denez, 6.023×10^{21} 3s orbital atomiko erabiliko ditugu orbital molekularrak eraikitzeke eta lortutako diagraman 6.023×10^{21} elektroi kokatu beharko ditugu.

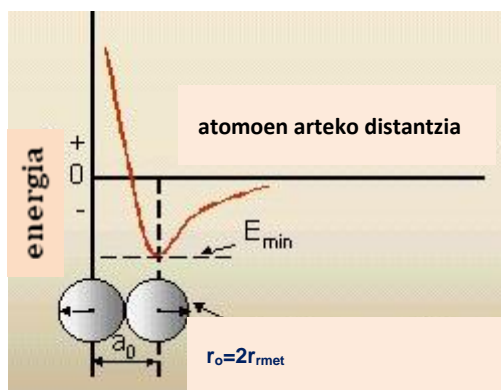
Orbital molekularren diagrama eraikitzeke kristala atomoz atomo eratzen dela onartuko dugu. Horrela, bi orbital atomiko konbinatzen direnean, bi orbital molekular lortzen dira: bata, lotzailea (3s orbitala baino egonkorragoa) eta bestea, antilotzailea (3s orbitala baino desegonkorragoa). Hirugarren atomoa gehitzean, horrenbeste orbital molekular lortzen dira: lehena, lotzailea; bigarrena, ez lotzailea eta hirugarrena, antilotzailea. Horrela, 6. irudian, eraikitzen diren orbital molekularren diagramak ikus daitezke N atomoen kopuruaren arabera.



6. irudia. Orbital molekularren diagramak solido metaliko batean atomoen kopuruaren arabera eta banda baten adierazpen grafikoa.

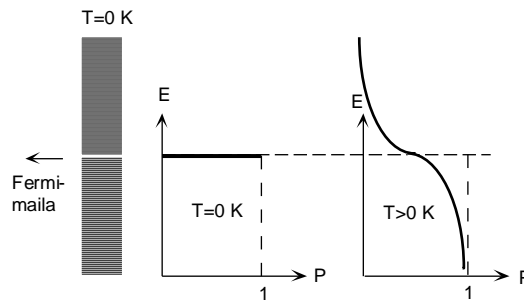
Atomoen kopurua handitzen den heinean, orbital lotzaileenaren eta antilotzaileenaren arteko energi diferentzia gero eta handiagoa da baina, aldi berean, orbitalen energi mailen artekoa, gero eta txiliagoa. Horrela, atomoen kopurua oso handia denean, orbitalen mailen arteko energia oso txikia izango da eta energi egoerak elkarrengandik oso hurbil egongo dira. Horri, orbital molekularren bidez eraikitako **banda** deritzo.

7. irudian ikus daitekeenez, bandaren orbital molekularren energia nukleoaren arteko distantziarekiko menpekotasuna adierazten duenez, energia minimoko konfigurazioari dagokion distantzia, lotura-distantzia izango da.



7. irudia. Orbital molekularren E energia nukleoaren arteko r distantziaren aurrean: r_0 =lotura-distantzia

Zer esanik ez, orbital molekularren banda batean, elektroiak beheko energi mailak betetzen hasten dira. Hau dela eta, N mailez osatutako banda batean 2N elektroientzako lekua dago. Beraz, Na metalaren kasuan, kristalizatutako atomo bakoitzeko balentzia-elektroi bat dagonez, N elektroikokatu behar dira. Hau dela eta, Na metalaren kasuan, banda erdi-beteta dago. Populazio-banaketa hau 0 K-eko tenperaturari dagokiola azpimarratu behar da. Gainontzeko tenperaturetan, berriz, agitazio termikoaren ondorioz, zenbait elektroik energi-maila altuagoetan egon daitezke eta, beraz, maila baxuenetan populazioa behera doa. Hots, 0 K-etan beteta dagoen energi maila altuena **Fermi-ren maila** deritzo. Horrela, zero absolutuan P populazio osoaren E energia Fermi-ren mailarena baino txikiagoa da. Gainontzeko tenperaturetan, berriz, elektroiak bandaren energi maila guztietan daude (8. irudia).



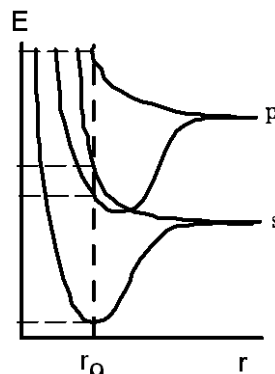
8. irudia. Fermiren mailarekiko elektroien populazioa temperaturaren arabera

3.2. Eroankortasun elektrikoa

Alkalinoen kasuan balentzia-orbitalez eraikitako banda guztiz beteta ez dagoenez, elektroiak bandan zehar mugitu daitezke elektrizitatea garraiatuz; hau dela eta, balentzia-banda **eroapen-banda** da alkalinoetan.

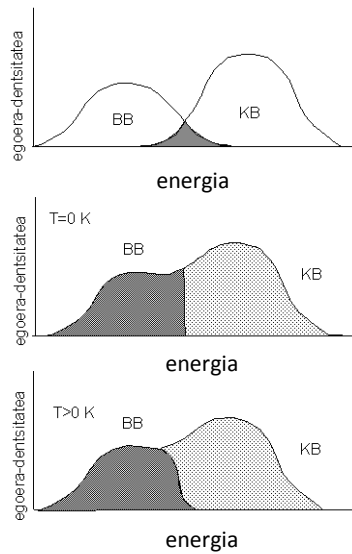
Metal lurralkalinoetan, berriz, eroapen-banda erabat beteta dago, atomo bakoitzeko bi balentzia-elektroi baitaude. Hala ere, lurralkalinoak, beste metal guztiak bezala, eroaleak dira. Orduan, zelan azal daiteke elektroien mugikortasuna?

Galdera honi erantzuteko, s orbital atomikoz eraikitako banda ez ezik, p orbitalez lortutakoa ere hartu behar dugu kontuan. 9. irudian ikus daitekeenez, banda biak gainezarrira daude zenbait energi maila amankomunean dituzte eta.



9. irudia. Lurralkalinoen s eta p banden E energia nukleoaren arteko r distantziaren aurrean

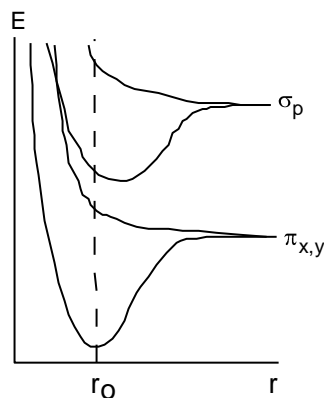
Lurralkalinoen s eta p banden gainezarketaren ondorioz, egoera-dentsitatea jarraia da eta elektroiak erraz pasa daitezke p bandaren energi maila altuagoetara (10. irudia). Hau dela eta, lurralkalinoetako eroapen-banda, p orbitalez osatutakoa da.



10. irudia. Egoera-dentsitatea energiren aurrean luralkalinoetan: (goian) s orbitalez osatutako balentzi-banda (BB) eta p orbitalez osatutako eroapen-banda (KB); (zentruan) banda bien gainezkarketaren ondorioa T=0 K-etan eta (behean) banda bien gainezkarketaren ondorioa T≠0 K-etan

Hots, metalen ezaugarri elektrikoak ez ezik gainontzekoak ere ulertzeko ezinbestekoa den elektroien mugikortasuna banden teoriaren baitan dagoela azpimarratu beharra dago. Are gehiago, eredu hau, metalen eroankortasuna ez ezik, zenbait solido erdi-eroaleen zein isolatzaileen jokabide elektrikoak azaltzeko ere baligarria da. Adibide gisa, jarraian 14. taldeko elementuak aztertuko ditugu.

C-diamantearen eta sare metaliko baten artean antzekotasun nabariak daude, bietan paketatzen diren egitura-unitateak elementu-mota bakarreko atomoak baitira. Horretarako, C_2 molekularen konfigurazio elektronikoa hartuko dugu kontuan: $(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\pi_x)^2(\pi_y)^2(\sigma_{2p})^0(\pi_x^*)^0(\pi_y^*)^0(\sigma_{2p}^*)^0$, hain zuzen ere. Beraz, C-diamantean balentzia-banda p_x eta p_y orbitalez osatuta egongo da eta eroapen-banda, p_{2p} orbitalez (11. irudia).



11. irudia. Diamantearen banden E energia nukleoaren arteko r distantziaren aurrean

3. taulan langaren balioak bildu dira C-diamante, Si, Ge eta Pb solidoetarako. C-diamantean energi langa oso handia denez, baldintza estandarretan elektroiak ez dira gai eroapen-bandara pasatzeko eta, beraz,

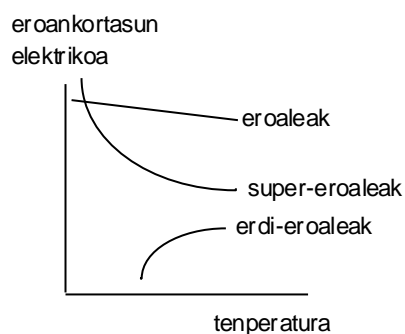
solido hau isolatzaile elektrikoa da. Bestalde, Sn elementuan energia-langa oso txikia da eta, agitazio termikoari esker, elektroiak erraz mugi daitezke eroapen-bandan zehar. Izan ere, Sn p blokeko metaltzat jotzen dugu. Azkenez, Si eta Ge solidoetan, energia-langa ertaina da eta **erdi-eroale** modura jokutzen dute. Hau dela eta, elementu hauei **erdi-metaliko** deritze.

3. taula. 14. taldeko elementuez osatutako solidoen energia-langa ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$) eta fusio-puntua ($^{\circ}\text{C}$)

Solidoa	C	Si	Ge	Sn
Energia-langa	508	105	58	8
Fusio-puntua	3550	1410	937	232

Temperaturaren eragina solidoen eroankortasun elektrikoan ondoko bi efektuetan somatzen da. Alde batetik temperatura gora doan heinean, eroapen-bandan zehar mugi daitezkeen elektroien kopurua gero eta handiagoa da eta, beraz, eroankortasunak ere gero eta altuagoa izan behar du. Bestalde, temperatura igotzean loturaren izaera aldatuz doa. Hots, C-diamantean, Si eta Ge solidoetan lotura kobalentea suertatzen da (koordinazio-zenbakia oso txikia da) eta, beraz, loturak norabidezkoak direla esaten da; alegia, loturen elektroien dentsitatea atomoen arteko zonaldeetan kokatzen da batipat. Solido metalikoetan, berriz, koordinazio-zenbakiak altuak direnez, loturak **ez-norabidezkoak** dira: hau da, loturen elektroien dentsitatea solido osoan zehar hedatua dago. Temperatura igotzean, loturak norabidezkotasuna irabazten dute, solidoaren ordena mantendu nahian eta horek eroankortasunaren aurka egiten du.

Erdi-eroaleetan lehen efektua bigarrena baina eraginkorragoa da, sare kristalinoen loturak oso norabidezkoak baitira jadanik. Eroaleetan, aldiz, loturak norabidezkoagoak izateak, eraginik nabariena dugu eta, beraz, temperatura igotzean eroankortasuna gero eta txikiagoa da (12. irudia). Zenbait solidoen eroankortasuna izugarri handitzen da temperatura jeistean; zero absolutik hurbileko temperaturan, solidoak ez dio ea erresistentzairik jartzen korrontearen garraioari. Solido hauei **super-eroale** deritze eta azken urteotan sakonean ikertu dira aplikazio teknologiko berrien bila.



12. irudia. Temperaturaren eragina eroankortasun elektrikoan

Solidoen loturaren izaera desberdina dela frogatzeko, fusio-puntuak konparatu besterik ez da egin behar. Hots, 3. taulan ikus daitekeenez, fusio-puntua C-tik Sn-ra behera doa lotura kobalentetasuna galtzen duen neurrian.