

ERSŠG, Vegova Ulica 4, Ljubljana

SUPERPREVODNOST

2009/2010

Predmet: Kemija s Tehnologijo

Ljubljana, 25.3.2010

Kaj je superprevodnost ?

Superprevodnost je pojav, da pri nekaterih materialih preneha veljati ohmov zakon pri nizkih temperaturah. Specifični upor tedaj pade na nič.

Superprevodniki so materiali, ki imajo sposobnost prevajanja toka pri nizkih temperaturah brez električnega upora, saj se energija ne troši za segrevanje vodnika.

Odkritje superprevodnosti

Odkritje superprevodnosti je posledica tekmovanja znanstvenikov ob prehodu v 20. stoletje pri doseganju vse nižjih temperatur. Enega za drugim so utekočinili kisik, dušik in vodik, toda šele leta 1908 je uspelo raziskovalni skupini Heikeja Kamerlingh-Onnesa na Univerzi v Leidnu utekočiniti helij, in sicer pri za tiste razmere neverjetno nizki temperaturi 4,2 K. Leta 1911 je Kamerlingh-Onnes uporabil svojo napravo za meritve električne upornosti živega srebra. Ugotovil je, da pri temperaturi 5,15 K upornost skokovito pade pod mejo občutljivosti meritev. Kamerlingh-Onnes je imenoval pojav superprevodnost, točko prehoda pa temperatura skoka. Za to odkritje in za dosežke v tehniki nizkih temperatur je leta 1913 dobil Nobelovo nagrado za fiziko

Lastnosti superprevodnikov

Kamerlingh-Onnes je s preskusi ugotovil le, da je upornost pod mejo občutljivosti njegovih meritev. Danes pa že vemo, da upornost superprevodnika dejansko pade na nič. Tok lahko teče tudi, če v superprevodniku ni električnega polja, v krožni superprevodni zanki teče električni tok tudi po več let brez zaznavne oslabitve.

Stanje superprevodnosti pa je zelo nestabilno. Po eni strani je zelo občutljivo na povišanje temperature nad temperaturo prehoda, po drugi strani pa zmoti superprevodnost velika jakost električnega toka ali magnetnega polja. Z naraščanjem zunanjega magnetnega polja se torej znižuje temperatura prehoda. Razlikujemo dve vrsti superprevodnosti, in sicer glede na obnašanje pri temperaturi prehoda.

Superprevodniki prve vrste (večina čistih kovin - Pb, Hg, Al) popolnoma izrinejo magnetno polje iz svoje notranjosti. Tudi če magnetno polje vključimo pri visokih temperaturah v običajno

Meissnerjev efekt

Meissnerjev efekt oziroma izrivanje magnetnega polja lahko prikažemo z desno sliko, ki prikazuje tok silnic magnetnega polja okoli superprevodnika. Ko postavimo v magnetno polje prevodnik, se okoli njega vzpostavijo krožne sile, ki zaradi upora hitro ugasnejo.

Pri superprevodnikih ravno te sile preprečujejo vstop zunanjega magnetnega polja v material. Krožne sile ne ugasnejo, saj ni upora. Ker pri superprevodniku krožne sile tečejo trajno, vanj ne prodre magnetno polje, zato se v njem ne inducira napetost.

Meissnerjev efekt sta odkrila Meissner in Ochsenfeld leta 1932.

Če postavimo magnet nad superprevodnik, se magnet dvigne na magnetno blazino.

Na levi sliki je prikazan magnet, ki lebdi nad superprevodnikom. Tekočina na sliki je tekoči dušik, potreben za hlajenje superprevodnika.

Kritična temperatura

Kritična temperatura je temperatura snovi, ki, po tem ko to temperaturo doseže, postane superprevodna.

Kako ohlajamo superprevodnike ?

Visokotemperaturne superprevodnike ohlajamo do kritične temperature s tem, da jih potapljamo v tekoči dušik, ki ga je zelo lahko dobiti, saj se rutinsko uporablja v medicini, prehrabeni in drugih industrijah. Velikokrat pa uporabljamo tudi mehanske hladilnike. Nizkotemperaturni hladilniki so komercialno dosegljivi, proizvaja jih več proizvajalcev, take hladilnike veliko uporabljajo tudi v vesoljski industriji. Glede na zahteve pa so taki hladilniki veliki kot sobna klima naprava, majhni pa celo kot pločevnika pijače. Delujejo lahko več let brez mehanskih okvar.

Kritično magnetno polje

Kritična temperatura materiala je odvisna tudi od magnetnega polja, v katerem se ta nahaja. Preveliko magnetno polje poruši superprevodnost. To vrednost gostote magnetnega polja imenujemo kritično magnetno polje.

Ob prevelikem toku skozi superprevodnik ta izgubi superprevodne lastnosti (kritični tok). Tok, ki teče skozi superprevodnik, ustvarja lastno magnetno polje, ki skupaj z zunanjim magnetnim poljem ruši superprevodne lastnosti materialov.

4000A na kvadratni centimeter pri 77K v zunanem polju 1T je najboljši dosežek na svetu v prenasanju toka po superprevodniku. Brez zunanjega magnetnega polja stevilka zraste na 17000A na kvadratni centimeter.

Cooperjevi pari

Pri gibanju elektrona skozi kristalno mrežo privlačna sila med elektronom in pozitivno nabitimi gradniki privede do lokalne deformacije mreže in s tem do prebitka koncentracije pozitivnega naboja, kar se kaže v privlačnem medsebojnem delovanju z elektroni v neposredni okolici.

Elektron, ki izzove deformacijo kristalne mreže, deluje prek mreže posredno na bližnje elektrone. Nastane Cooperjev par, netrajna zveza dveh elektronov z nasprotnima gibalnima kolicinama.

Josephsonov efekt

Superprevodnost predstavlja makroskopsko demonstracijo kvantnih zakonitosti.

To je leta 1962 teoretično dokazal B. Josephson s preučevanjem dogajanj pri dotiku dveh superprevodnikov.

Danes je trditev dokazana tudi praktično.

Super prevodniki II. vrste

Superprevodniki druge vrste oziroma visokotemperaturni superprevodniki niso čisti elementi kot superprevodniki prve vrste, temveč zmesi več elementov. Prve so sintetizirali znanstveniki IBM-ovih laboratorijev.

Superprevodniki druge vrste imajo visjo T_c (nekateri že 170K) in prenasajo lahko večji tok.

Magnetno polje začne prodirati v superprevodnik druge vrste pri polju, manjšem od kritičnega magnetnega polja. Kjer cevi magnetnega toka prodirajo skozi superprevodnik, le-ta preide v normalno stanje. Izven tega območja material ostane superprevoden. Z večanjem gostote magnetnega polja material počasi izgublja superprevodniške lastnosti. Vrednosti zgornjega kritičnega polja so znatno večje od kritičnih polj superprevodnikov prve vrste.

UPORABA SUPERPREVODNOSTI

Trenutni razvoj superprevodnikov

Superprevodnike raziskujejo v državnih in komercialnih institutih, saj se že sedaj kaže njihova uporabna vrednost.

Vsi raziskovalci težijo k visji T_c , možnostih oblikovanja superprevodnikov v zice in druge strukture, pač k čim večji uporabnosti.

Transport

Hitri vlaki z lahkoto nadomestijo letala. To dokazuje že TGV, prototipi vlakov na magnetni blazini pa že podirajo hitrostne rekorde, poleg tega je tovrsten prevoz znatno cenejši.

Japonski superprevodni vlak iz 1979 dosega hitrost 517 km/h. Nima koles, pač pa plava na magnetni blazini, ki nastane z odbojem istih polov superprevodnih magnetov na tirih in na vlaku.

Trenja tako ni, kot pogon pa služi premikanje polja po tiru, kateremu sledi vlak.

Novejši je nemški TRANSRAPID, ki za prevoz enega potnika s hitrostjo 400 km/h porabi 40 Wh na kilometer poti. Za primerjavo, današnji francoski TGV potrebuje pri hitrosti 300 km/h 42Wh in nemški ICE 51,9 Wh na potnika na kilometer poti.

Nemci nameravajo Transrapid železnico speljati med velikimi mesti ob avtocestah, prva je na vrsti povezava Berlin-Hamburg, ki naj bi bila s celotnim proračunom 7mrd DEM končana leta 2003.

Uporaba superprevodnikov v medicini

Magnetoencefalografija je tehnika za merjenje magnetnih tokov mozgan. S to tehniko je mogoče določiti tudi položaj toka v mozganih.

Superprevodnik v aparatu na sliki je dovolj občutljiv. Meri tokove, ki so reakcije na to, kar dekle zagleda v ogledalu.

Uporaba superprevodnikov v računalništvu in elektrotehniki

V računalništvu bodo superprevodniki uporabni predvsem za hitre povezave znotraj računalnikov.

Grajenje cipov iz superprevodnih materialov se je zaenkrat izkazalo za neuspesno, saj pri grajenju majhnih elementov pride do medsebojnih vplivov gradnikov (nič ne dela).

Najbrž se bodo superprevodniki v elektronskih elementih uporabljali v povezavi s polprevodniki.

Slika kaže superprevodniški senzor za merjenje magnetnega polja. Vijolični del je superprevodnik (SQUID). Vec ovojjev služi za boljše ojačanje. Tovrsten senzor je najbolj občutljiv do sedaj, uporablja se med drugim v medicini za merjenje magnetnih valov v mozganih.