

OD ZNANSTVENIH ISTRAŽIVANJA DO KOMERCIJALNOG PROIZVODA

Đuro Drobac, Institut za fiziku, Zagreb

Prije tridesetak godina otkriveni su relativno jednostavni načini dobivanja amorfnih metalnih slitina. Za razliku od elementalnih metala, metalnih spojeva i uobičajenih slitina koji su u krutom stanju karakterizirani pravilnim poređajem iona – tzv. kristalnom rešetkom, amorfne slitine nemaju pravilno poredane ione. Struktura takvih slitina je amorfn, slična strukturi stakla – odatle i naziv "metalno staklo" ponekad korišten za takve slitine. Način dobivanja amorfnih slitina je prilično jednostavan; na brzo rotirajući valjak istiskuje se, tlakom inertnog plina, mlaz rastaljene smjese željene koncentracije i sastava. U dodiru s hladnom podlogom rastaljeni metal se brzo hladi i skrućuje te se zbog centrifugalne sile brzo "odljepljuje" od valjka. Rezultat je kruta traka širine od ~ 1 mm do nekoliko cm i debljine 20-ak μm , a duljine i do nekoliko metara. Amorfne slitine pokazuju neka tehnološki vrlo zanimljiva svojstva – veliku elastičnost i tvrdoću, otpornost prema oksidaciji... Amorfne slitine su omogućile i veliki eksperimentalni napredak u istraživanju magnetskih faznih prijelaza. Naime elementalni magneti (Fe, Co, Ni) imaju vrlo visoke temperature prijelaza što praktički onemogućava sustavnije istraživanje. U amorfnim slitinama s magnetskom komponentom npr, tipa $(\text{Fe, Co, Ni})_x(\text{P, B, Si, C})_{100-x}$ praktički je moguće dobiti proizvoljnu koncentraciju komponente s magnetskim momentom. To dovodi do slitina s raznim magnetskim stanjima i uređenjima i s bitno nižim temperaturama prijelaza (čak i duboko ispod sobne temperature). Intenzivna eksperimentalna istraživanja ovih magnetskih prijelaza značajno su doprinijela razumijevanju magnetskih međudjelovanja i magnetizma općenito, a posebno su doprinijela razradi teorijskih koncepata faznih prijelaza II reda ("scaling" hipoteza i renormalizacijska grupa)

Ubrzo nakon ovih otkrića na Institutu za fiziku, na projektima istraživanja magnetskih svojstava amorfnih magnetskih slitina, počinje razvoj vlastite eksperimentalne tehnike mjerenja magnetske susceptibilnosti¹ Princip metode je vrlo jednostavan i dobro poznat. U zavojnici smještenoj u promjenljivo magnetsko polje (npr. unutar druge zavojnice kojom teče izmjenična struja)

¹ U vezi s razvojem induktivne eksperimentalne tehnike vrijedno je zabilježiti i jedan učenički rad u kojem je mjerenje 2. harmonika ac susceptibilnosti amorfnog feromagneta iskorišteno za određivanje magnetskog polja Zemlje: Josip Sekovanić i Mario Hrgetić, "Približno određivanje magnetskog polja Zemlje", Matematičko Fizički list, 2/194, 1998-199, str. 92 – 96

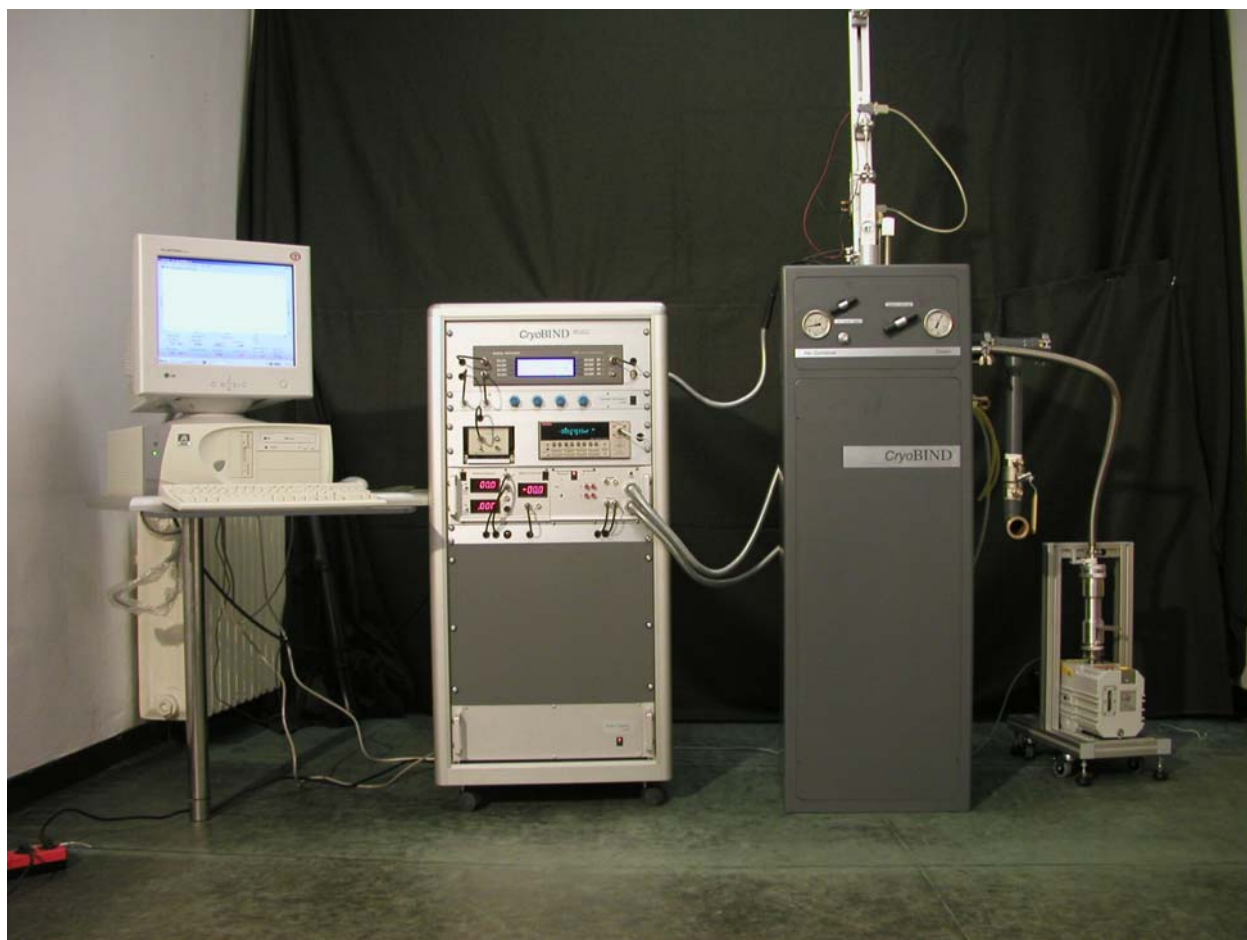
inducirat će se elektromotorna sila (napon). Ako se u takvu zavojnicu stavi magnetski materijal inducirani napon će se promijeniti. Ova promjena napona ovisit će o magnetskim svojstvima tvari. Preciznije $\Delta V \sim \chi$ gdje je $\chi = M/H$ susceptibilnost tvari. Ako se mijenja temperatura umetnutog materijala i bilježi promjena napona s temperaturom moguće je dobiti temperaturnu ovisnost susceptibilnosti tvari. Poznavanje te krivulje prvi je korak u proučavanju amorfnih magnetskih slitina.

No vrlo je dug put od poznavanja principijelnog rada neke mjerne metode do izrade uređaja koji po karakteristikama i rezultatima može biti usporediv s drugima na svjetskom nivou. Na tom putu treba riješiti mnoge znanstvene i tehničke probleme. Glavni zadatak pri razvijanju neke eksperimentalne tehnike je postići što veću osjetljivost tj. detektirati što manju promjenu veličine koja se mjeri (ovaj zahtjev dijelom dolazi i zbog vrlo sitnih uzoraka), a s druge strane omogućiti što veći raspon varijabli o kojima ona ovisi (npr. temperature i magnetskog polja). Ovi zahtjevi su često suprotni jedan drugom pa se moraju tražiti najbolji kompromisi. Konkretno kod ac susceptometra se radi o mjerenju malih induciranih signala koji su redovito popraćeni s puno šuma te je glavni zahtjev velike osjetljivosti ukloniti taj popratni šum. Vrlo je važan odabir materijala i komponenti za gradnju pojedinih dijelova uređaja zbog ekstremnih temperaturnih razlika i magnetskih polja. S druge strane odabrani materijali ne smiju utjecati na samu susceptibilnost uzorka i njeno mjerenje. Mnoga tehnička rješenja su određena oblikom i veličinom uzorka. Također je potrebno napisati računalne programe jer je mnoge funkcije modernih mjernih instrumenata moguće dobiti tek računalnom kontrolom.

Zahvaljujući znanstvenim istraživanjima svojstava amorfnih magnetskih slitina i visokotemperaturnih supravodiča te nizu vlastitih tehničkih rješenja uređaj za mjerenje ac susceptibilnosti, razvijen na Institutu za fiziku, spada među najosjetljivije na svijetu. Upotrebljiv je u temperaturnom području od 1.5 – 400 K, u magnetskom polju do ~ 100 Oe i na frekvencijama do par kHz. Može detektirati promjene magnetskog momenta od $2 \cdot 10^{-9}$ emu. Uz vrlo jednostavne adaptacije na uređaju je moguće mjeriti i otpor uzoraka te ovisnost i drugih magnetskih veličina o polju, frekvenciji ili vremenu kao i dinamičke i tzv. "leptir" histereze.

Zajedno s razvojem i usavršavanjem uređaja rađaju se ideje o komercijalizaciji uređaja i prodaji na svjetskom tržištu. Od gotovog uređaja koji se rabi u laboratoriju do komercijalnog proizvoda za nepoznatog kupca ponovo je dug put (čak i ne računajući "neznanstvene" aktivnosti kao promidžbu, patentna prava i zaštitu od konkurencije, servisnu službu, administraciju...). Uređaj najčešće treba redizajnirati i estetski bitno unaprijediti i funkcionalno prilagoditi korisniku koji ne mora znati sve o uređaju i načinu na koji radi. Korisnici sve više žele pritisnuti "ENTER" na računalu i očekuju da se vrlo složeni procesi obavljaju pod kontrolom računala tj. bez učešća korisnika. Dakle, programska podrška mora biti vrlo složena, a u budućnosti će biti nadgledana i

kontrolirana putem Interneta. Potencijalnim korisnicima sve informacije o proizvodu moraju biti dostupne na Internetu. Kad su svi ovi uvjeti zadovoljeni preostaje još jedan velik problem. Hrvatska je zemlja bez inovativne tehnološke tradicije i kupcu negdje u svijetu je teško prihvatiti da iz Hrvatske može doći kvalitetan hi-tech proizvod. No globalizacija postupno briše i te tradicionalne podjele pa je za uspjeh nekog proizvoda sve bitnije da bude kvalitetan nego nominalna zemlja porijekla.



Slika 1.

Komercijalna verzija CryoBIND uređaja za mjerenje ac susceptibilnosti.