

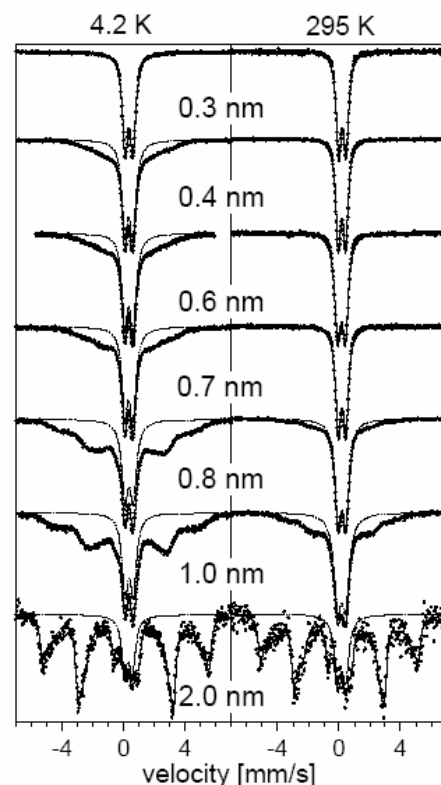
Izolált, nem-kölcsönható mágneses részecskék szuperparamágneses viselkedést mutatnak akkor, amikor a termikus energia meghaladja a részecske mágneses anizotrópia energiáját, azaz az ún. blocking hőmérséklet felett. A részecskék koncentrációjának, azaz kölcsönhatásának növelésével komplex mágneses állapotok jönnek létre, amelyek a spinüveg állapotól az ún. "szuperferromágneses" állapotig terjednek. Utóbbi a részecskék közötti erős kölcsönhatás okozta mágneses momentumrendeződés. Külső mágneses tér jelentősen megváltoztatja a minta mágneses állapotát és kutatásaink célja a mágnesesen korrelált állapotok tanulmányozása a mágneses szemcsék méretének és pakolási sűrűségének függvényében. Igen vékony (1 nm körüli illetve vékonyabb) Fe/Al és Fe/Ag multirétegeket, nem-sztöchiometrikus $Fe_{0.5+x}Al_{0.5-x}$ ($x=0-0.1$) ötvözetek mechanikai őrlésével előállított porokat és részben kristályosított, különböző elemekkel (Cr, Co, stb.) hígított FeZrCuB amorf ötvözetek Fe-Co szemcséinek mágneses viselkedését tanulmányoztuk. Mössbauer méréseket végeztünk a szobahőmérsékletű 6 kG elektromágneses mérések mellett 4.2 - 300 K között 7 T külső mágneses térig, a mágneses mérésekre pedig egy 5 T-ás SQUID magnetométert használtunk.

A fontosabb eredmények a következők:

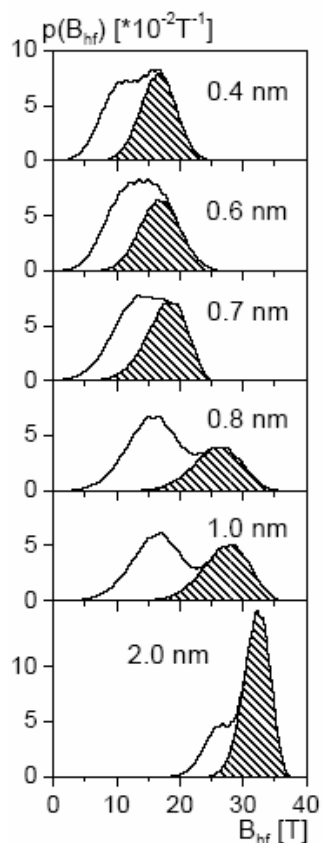
Igen vékony Fe-rétegekből álló multirétegek mágnessége

Célunk a mágneses tulajdonságok dimenzió függésének vizsgálata, ami a rétegek vastagságától és a mágneses rétegeket elválasztó nem-mágneses rétegek komponenseivel történő keveredés hatásának szétválasztását jelenti. Fe/Al és Fe/Ag multirétegeket vizsgáltunk ^{57}Fe Mössbauer spektroszkópia segítségével, amely információt nyújt mind a mágneses tulajdonságokról, mind a mágneses atomok lokális környezetéről.

A Fe-Al rendszer különösen alkalmas ilyen vizsgálatokra, mivel a Fe atomok mágneses momentuma és hiperfinom tere jelentős függést mutat az elsőszomszéd Al atomok számától. Konstans 3 nm vastagságú Al rétegekkel elválasztott igen vékony (0.3 és 2.0 nm vastagság között változó) Fe multirétegek hiperfinom terének hőmérséklet és mágneses tér függését vizsgáltuk. A szobahőmérsékleten és a 4.2 K-en mért Mössbauer spektrumok az 1. ábrán láthatók. Ebben a rendszerben a felületi keveredés egy nem-mágneses ötvözet fázist hoz létre, amelynek a spektrumok közepén látható paramágneses vonal felel meg. Ennek területarányából megállapítható a keveredésben résztvevő Fe atomok mennyisége, amely minta-előállításunk körülményei között univerzális módon, 0.3 nm Fe réteg vastagságnak felelt meg, azaz ennyivel kellett csökkenteni a nominális Fe rétegvastagságot, hogy megkapjuk a mágneses réteg tényleges vastagságát ($t_{eff} = t_{nom} - 0.3$ [nm]). A 2. ábra mutatja a nominális Fe rétegvastagság függvényében a 4.2 K-en meghatározott hiperfinom téreloszlást. $t_{nom} = 0.8$ nm (azaz $t_{eff} = 0.5$ nm) Fe rétegvastagságnál az eloszlás jellegzetes módon változik, megjelenik egy nagyterű váll, ami a két atomi réteg vastagságból a három vagy több atomi réteg vastagságra növekedésnek felel meg. Ezt a vastagságnövekedést a mágneses viselkedés hőmérséklet és mágneses tér



1. ábra
Fe/Al multirétegek 4.2 K-en és szobahőmérsékleten mért Mössbauer spektrumai a nominális Fe rétegvastagság függvényében.



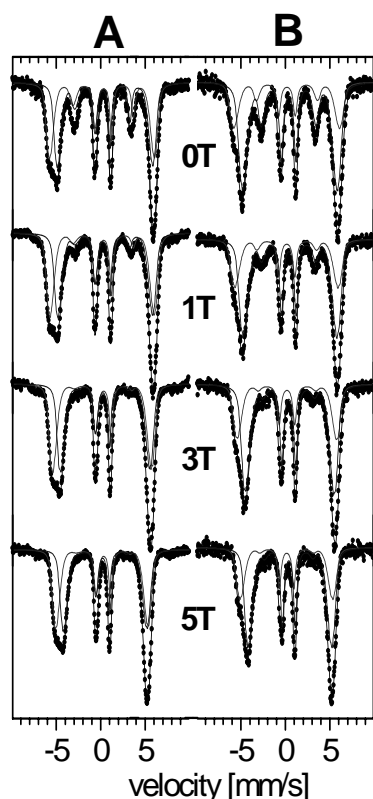
2. ábra

A 4.2 K-en mért Mössbauer spektrumok mágneses felhasadt komponenséhez tartozó hiperfinom terek eloszlása a nominális Fe rétegvastagság függvényében.

függésének jelentős változása kíséri. $t_{\text{nom}} \geq 0.8$ nm Fe rétegvastagságnál a minták Curie-hőmérséklete jóval szobahőmérséklet feletti, a Fe hiperfinom terek Bloch-típusú $T^{3/2}$ -es hőmérsékletfüggést mutatnak -- mindez jellemző a háromdimenziós mágneses viselkedésre.

$t_{\text{nom}} = 0.8$ nm Fe rétegvastagság alatt két atomi réteg vastagságú mágneses lemezek képződnek. Ezek hiperfinom tere lineárisan csökken növekvő hőmérsékletre és a megfelelő spektrum komponens már jóval szobahőmérséklet alatt eltűnik, de külső mágneses tér alkalmazása esetén újra megjelennek -- mindez szuperparamágneses jellegű viselkedésre utal.

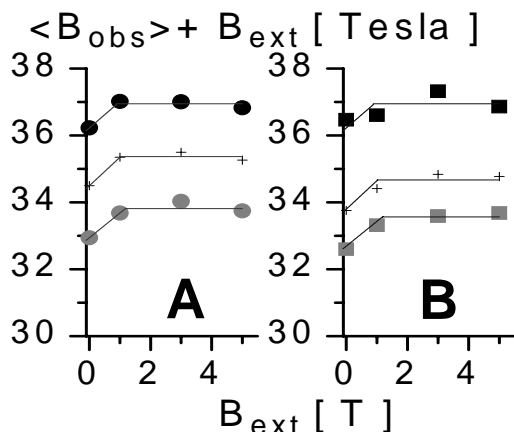
A Fe/Ag multirétegek ugyancsak szuperparamágneses viselkedést mutatnak, amikor a nominális Fe rétegvastagság a néhány atomi rétegvastagság tartományban van, de az elemek keveredése kevésbé jelentős a nagy pozitív keveredési hő miatt. Az átlagos klaszter méretet SQUID mágnesezettség mérésekből és külső mágneses térben végzett Mössbauer mérésekből



3. ábra

Fe/Ag minták 4.2 K-en és különböző mágneses térben mért Mössbauer spektruma.

határoztuk meg. Ez a méret az 1-2 nm-es tartományban volt, de függött a Fe rétegek közötti Ag réteg vastagságától: növekvő Ag réteg vastagság csökkentette a mágneses szemcseméretet. Két minta [$d_{\text{Ag}} = 2.6$ nm (A) és 5.4 nm (B)] 4.2 K-en és különböző mágneses térben mért Mössbauer spektrumát mutatja a 3. ábra. Mindkét minta esetén a spektrum széles vonalai két komponensre bonthatók, amelyeket az ábrán mutatunk. Külső mágneses tér alkalmazása nem befolyásolja ezt a felbontást, és mind a spektrum második és ötödik vonalának eltűnése, mind a megfigyelt hiperfinom terek külső tér függése (4. ábra) egyértelműen ferromágneses viselkedésnek felel meg. Ez azt bizonyítja, hogy a két, csak az Ag rétegek vastagságában különböző minta spektruma közötti szignifikáns különbség nem tulajdonítható különböző sebességű szuperparamágneses relaxációnak vagy mágneses szempontból különböző kristallográfiai helyeknek (tck vagy lck szerkezet), hanem különböző lokális környezettel rendelkező (azaz a szemcse határfelületén és belsejében található) Fe atomoktól származik. A két komponens arányából meghatározható volt a mágneses szemcsék mérete, ami jól egyezett a mágneses mérésekből meghatározott mérettel. A továbbiakban vizsgáltuk a mágneses anizotrópia szerepét, mint lehetséges hibaforrást a szemcseméret mágneses módszerrel történő



4. ábra

Az előző spektrumok két alkomponensének és átlagos hiperfinom terének függése az alkalmazott külső mágneses tértől.

megegyezik a két atomi vastagságú párologtatott Fe rétegek mágneses viselkedésével. A szemcsék mágneses határréteg vastagsága növekszik, ha vastöbblletes ötvözetekből indulunk ki. A vastöbbllet függvényében vizsgáltuk a szemcsehatár mágneses viselkedését. Azt találtuk, hogy $x = 0.06$ és 0.08 között átmenet következik be a két Fe atomréteg mágneses viselkedése és a szokványos háromdimenziós ferromágneses viselkedése között.

Részben kristályosított Nanoperm-típusú ötvözetek mágneses viselkedése

A vizsgált ötvözetek a FeZrBCu család (Nanoperm) különböző elemekkel (Cr, Mo, Co, stb.) hígított változatai voltak, amelyeket az amorf alapötvözetek részleges kristályosításával állítottunk elő. Cr és Mo szennyező a visszamaradó amorf mátrix Curie-hőmérsékletét csökkenti szobahőmérséklet alá, és a mágneses nanoszemcsék közötti amorf mátrix közvetítette csatolást kapcsolja ki. A Co hozzáadása javítja a termikus stabilitást és növeli a telítési mágnesszezettség értékét. A szuperparamágneses részecskék dipól kölcsönhatásának szerepét vizsgáltuk a tömbi mágneses tulajdonságokra (koercitív erő, permeabilitás hőmérsékleti együtthatója).

meghatározásában és granuláris multirétegek és heteroszerkezetek mágneses tulajdonságait.

Mechanikai őrlésű Fe többletes $\text{Fe}_{0.5+x}\text{Al}_{0.5-x}$ porok mágneses tulajdonságai

A B2 szerkezetű FeAl ötvözetek 100 órás mechanikai őrlésével és ezután végzett 450 K hőmérsékleten végzett hőkezelésével előállított porok 8 nm körüli szemcsemérettel és speciális (antifázisú) szemcsehatár szerkezettel rendelkeznek. Ez a szemcsehatár két atomi vastagságú Fe rétegből áll, melyek speciális mágneses tulajdonsággal rendelkeznek: a Fe atomok hiperfinom tere lineáris hőmérsékletfüggést mutat és 7 T erősségű külső mágneses tér alkalmazása sem eredményez mágnesesen telített állapotot. Ez