

MAGNETIC PHASE AND DOMAIN EVOLUTION OF ANTIFERROMAGNETICALLY COUPLED MULTILAYERS

Major Márton

A nanotechnológia nem véletlenül intenzíven kutatott tudományterület napjainkban. Az atomi skálán „tetszésünk szerint” alakítható anyagok mind az alap, mind az alkalmazott kutatásban új lehetőségek elképzelhetetlenül széles tárházát kínálják. Példaként az óriás mágneses ellenálláson (giant magnetoresistance — GMR) alapuló szenzorokat említjük. Az óriás mágneses ellenállás alapja, hogy egy antiferromágnesesen (AF) csatolt vékonyréteg mágneses nyomatékait (spinjeit) külső térrel egymással párhuzamos beállásba kényszerítjük. A spinek relatív orientációjának megváltozásával változik a multiréteg elektromos ellenállása. A GMR-hoz nélkülözhetetlen vékonyréteg AF csatolást 1986-ban fedezték fel Fe/Cr/Fe hármassrétegen. A króm által közvetített csatolás pontos mibenléte mind a mai napig tudományos vita tárgya, köszönhetően a Cr gazdag mágneses fázisdiagramjának.

Az AF-csatolt mágneses vékonyrétegek a doménszerkezetüket tekintve is különleges osztályt alkotnak. Az ellentétesen álló szomszédos ferromágneses rétegek szórt terei egymást nagymértékben kioltják, a mágneses erővonalak „rövidre záródnak”, így nem a ferromágneseknél megszokott ok vezérli a domének keletkezését. A szerkezeti fluktuációkra visszavezethető doméneket — jellegzetes mintázatuk alapján — „foltos” (patch) doméneknek nevezi. Általános vélekedés szerint a foltos domének a térkioltás miatt nem befolyásolhatók.

A jelen dolgozatban célul tűztük ki, hogy egységes képen írjuk le az erősen AF-csatolt multirétegek viselkedését mágneses térben, a véges rétegszámból eredő jelenségek figyelembevételével, és hogy megértsük egy Fe/Cr vékonyréteg doménszerkezetének a mágneses tértől való függését, többek között a csoportunk által megfigyelt doménérés, doméndurvulás és szuperszaturáció jelenségét.

A véges mágneses rétegszámú multirétegek külső mágneses térben mutatott viselkedésének fenomenológikus leírására saját kódot fejlesztettünk ki. A vizsgálandó vékonyrétegmintát szerkezeti és mágneses szempontból több módon, köztük alkalmazott magfizikai módszerekkel minősítettük. A minta erősen AF-csatolt Fe/Cr multiréteg, síkban négyfogású mágneses anizotrópiával. A film síkjában egymásra merőlegesen fekvő két könnyű irány lehetőséget ad az ún. tömbi spin-flop (BSF) átmenet vizsgálatára. A Fe rétegek a szinkrotron-Mössbauer-reflektometriai (SMR) vizsgálatokat lehetővé tevő ⁵⁷Fe izotópból készültek. Az alaposan minősített mintán az AF mágneses rend térfüggésének részletes vizsgálatát SMR-rel és polarizált neutronreflektometriával (PNR) végeztük el. Az utóbbi két módszer előnye, hogy koherens szórási képet adnak, így különválaszthatók a szerkezeti és a mágneses információk. SMR-rel és PNR-rel a multiréteg síkjára merőleges és síkbeli (laterális) szerkezetéről is nyerhetünk adatokat. Utóbbiról a nem-spekuláris (diffúz) szórás ad felvilágosítást.

Az általunk fejlesztett kóddal megmutattuk, hogy az eredő mágnesezettségben jelentéktelen változást okozó „szabad spinek” következtében új mágneses fázisok alakulhatnak ki. A véges rétegszámú fenomenológikus kiterjesztett csatolási modell lehetővé teszi, hogy mágneses információt tartalmazó mérések eredményeit „megjósoljuk”. Például négyfogású anizotrópiájú AF csatolt minta nehéz irányú mágnesezési ciklusánál spin-szétválást találtunk. Ennek segítségével értelmeztük a nehéz irányú MOKE méréseket. Az ESRF-ben mért SMR spektrumok kiértékelésével elemeztük a BSF átmenetet és valószínűsítettük, hogy a jelenség főleg doménfal mozgással történik. A foltos AF doméne 2D pixel reprezentációjában Monte Carlo szimulációval értelmeztük az AF domének keletkezését és durvulását. Úgy találtuk, hogy a foltos domének méreteloszlása is függhet a külső tértől és az irodalomban elfogadottal ellentétben, lehetőség van a doménméret jelentős növelésére és ezzel együtt a GMR zaj csökkentésére. Ez utóbbi ipari alkalmazásra is találhat.