

Magnetyzm układów o zredukowanych wymiarach

Piotr Konieczny, Michał Krupiński, Robert Pełka, Marcin Perzanowski, Żaneta Świątkowska-Warkocka, Yevhen Zabala, Arkadiusz Zarzycki, Magdalena Fitta, Marta Marszałek
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk, Kraków

1920

1920-2020



100 LAT POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO

2020

Właściwości magnetyczne materiałów są silnie związane z ich rozmiarami. Efekty te najmocniej przejawiają się w nanostrukturach, które mogą być wytworzone technikami litograficznymi lub poprzez wykorzystanie potencjału samoorganizacji molekuł i nanocząstek. Badane przez nas materiały należą do szerokiej klasy układów o zredukowanych wymiarach i mają postać ultracienkich warstw, matryc kropek (wysp) lub antykropek, nanocząstek oraz powłok o grubości od kilkudziesięciu do kilkuset nanometrów. Kombinacja różnorodnych technik preparatyki pozwala na studiowanie szerokiego spektrum zjawisk magnetyzmu niskowymiarowego, takich jak prostopadła anizotropia magnetyczna, polaryzacja wymienna, obrotowy efekt magnetokaloryczny i przejścia topologiczne. Poniżej przytaczamy kilka wybranych przykładów takich badań.

Zastosowanie techniki litografii nanocząstek uzupełnionej anizotropowym trawieniem plazmowym pozwoliło na zbadanie geometrycznego przejścia od zespołu magnetycznych kropek do matrycy antykropek dla wielowarstwy Co/Pd z prostopadłą anizotropią magnetyczną. W układzie tym zaobserwowano dwa różne mechanizmy przemagnesowania zależne od budowy zespołu nanostruktur. Określono zakres wielkości obiektów, dla których zachodzi zjawisko kotwiczenia domen magnetycznych oraz udowodniono, że matryce antykropek magnetycznych mogą być zapisywane i adresowane na dwa istotnie różne sposoby. Wykonane pomiary zostały wsparte symulacjami mikromagnetycznymi.

Dzięki zjawisku ferromagnetyzmu indukowanego nieporządkiem uzyskano wielkopowierzchniową modulację magnetyczną stopu FeAl przy zachowaniu jego płaskiej topografii. Dokonano tego za pomocą naświetlania stopu jonami Ne^+ poprzez maskę heksagonalnie uporządkowanych nanocząstek polistyrenowych. Dzięki temu podejściu lokalnie wyindukowano ferromagnetyzm, co pozwoliło uzyskać regularną sieć wirów magnetycznych rozmieszczonych na dużych powierzchniach.

Jednym z ciekawszych układów molekularnych wykazujących właściwości magnetyczne jest monokryształ zbudowany z podwójnych warstw zawierających naprzemiennie rozłożone jony miedzi i wolframu. Układ ten wykazuje przejście do stanu z antyferromagnetycznym porządkiem dalekiego zasięgu w temperaturze 33 K. Poniżej tej temperatury obserwować można bardzo silną anizotropię magnetyczną z łatwą płaszczyzną namagnesowania równoległą do płaszczyzny warstw. Szczegółowa analiza zachowania krytycznego tego związku wykazała symptomy topologicznego przejścia Berezinskiego-Kosterlitz-Thoulessa związanego z powstawaniem dwuwymiarowych wirów magnetycznych.

Szczególnym przypadkiem efektu magnetokalorycznego jest jego obrotowa odmiana, w której zmiana entropii następuje w wyniku obrotu materiału magnetycznego w stałym polu magnetycznym. Nasze badania tego efektu w dwuwymiarowych magnetykach molekularnych wykazały, że odwrotny efekt magnetokaloryczny może zwiększyć wydajność obrotowego efektu magnetokalorycznego. Dla odpowiednich wartości pola i temperatury jest on o około 50% większy w porównaniu do konwencjonalnego efektu magnetokalorycznego.

Słowa kluczowe: przemagnesowanie domen, antykropki, zachowanie krytyczne, wiry magnetyczne

