

Właściwości magnetoelastyczne, anizotropia magnetyczna oraz dyssypacja magnetyczna cienkich warstw stopów Heuslera Co_2YZ

Streszczenie

Jedną z najszerzych, wzbudzających zainteresowanie oraz mających potencjalne zastosowania klas materiałów są związki Heuslera. Związki Heuslera na bazie kobaltu zajmują szczególne miejsce z punktu widzenia badań naukowych, ponieważ posiadają właściwości półmetalicznych (ang. „half-metal”) ferromagnetyków. W związku z tym mogą znaleźć szerokie zastosowania w urządzeniach spintronicznych i magnonicznych.

Pomimo przeprowadzonej dużej liczby badań tych materiałów właściwości magnetoelastyczne półmetalicznych związków Heuslera pozostają słabo poznane. Szczególnie dotyczy to cienkich warstw magnetycznych, ponieważ bardzo mała liczba technik pozwala na takie badania.

Celem pracy było wyjaśnienie wpływu specyficznej budowy wybranych struktur warstwowych zawierających cienkie warstwy stopów Heuslera na bazie kobaltu na ich właściwości magnetoelastyczne, anizotropię magnetyczną i procesy rozpraszające, które zachodzą w cienkiej warstwie magnetycznej.

Zostały zbadane serie struktur warstwowych, zawierających warstwy magnetyczne $\text{Co}_2\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Si}$ z zawartością żelaza zmieniającą się od $x = 0$ do $x = 1$, $\text{Co}_2\text{Fe}_{0.4}\text{Mn}_{0.6}\text{Si}$ oraz $\text{Co}_2\text{FeGa}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$. Było kilka powodów takiego wyboru. W ostatnich latach są one uważane za jedne z najbardziej perspektywicznych materiałów o bardzo wysokim współczynniku magnetooporu tunelowego. Te czteroskładnikowe stopy Heuslera posiadają wysoką polaryzację spinową, wysoką temperaturę Curie oraz charakteryzujących się słabym tłumieniem.

Przedmiotem pracy były magnetyczne warstwy czteroskładnikowych stopów Heuslera na bazie kobaltu które zostały osadzone z wykorzystaniem podłoża z MgO pokrytego tylko chromem lub warstwami buforowymi chromu i srebra w celu poprawy wzrostu epitaksjalnego oraz uporządkowania chemicznego w warstwie magnetycznej. Warstwy magnetyczne zostały pokryte warstwami złota, lub tantalum. W pracy określono stałe magnetoelastyczne, anizotropię magnetyczną oraz parametry tłumienia magnetycznego.

Warstwy magnetyczne $\text{Co}_2\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Si}$ o tej samej grubości, warstwie buforowej i warstwie powierzchniowej badano z punktu widzenia zmiany składu. $\text{Co}_2\text{Fe}_{0.4}\text{Mn}_{0.6}\text{Si}$ oraz $\text{Co}_2\text{FeGa}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$ o zmiennej grubości warstwy badano z punktu widzenia efektów powierzchniowych a także wpływu stosowania różnych warstw buforowych oraz powierzchniowych.

Technika modulowanego ultradźwiękami rezonansu ferromagnetycznego została z powodzeniem zastosowana do określenia wartości składowych tensora magnetoelastycznego warstw magnetycznych w temperaturze pokojowej. Właściwości magnetoelastyczne badanych warstw są stosunkowo słabe. Zmiany stałej magnetoelastycznej wraz ze zmianą składu warstwy magnetycznej są dobrze skorelowane ze zmianami namagnesowania nasycenia. Doświadczalnie obserwowana wielkość stałej magnetoelastycznej wzrasta wraz ze wzrostem grubości warstwy magnetycznej. Efekt ten może być skorelowany z efektami powierzchniowymi lub ze zmianą innych parametrów skorelowanych z grubością warstwy magnetycznej, np. uporządkowania chemicznego. W przypadku warstw magnetycznych charakteryzujących się tym samym uporządkowaniem chemicznym i różnymi grubościami możliwe było oddzielenie wkładu objętościowego i powierzchniowego do stałych magnetoelastycznych.

Prostopadła anizotropia magnetyczna dla wszystkich próbek była stosunkowo słaba, stałe anizotropii były ujemne. Wzrost grubości warstwy magnetycznej i zastosowanie dodatkowej warstwy buforowej srebra spowodowały spadek bezwzględnej wartości anizotropii prostopadłej. Zmiany anizotropii wraz z grubością warstwy magnetycznej były również związane z efektem anizotropii powierzchniowej.

Podjęto próbę wyjaśnienia korelacji między właściwościami magnetoelastycznymi a tłumieniem magnetycznym przy częstotliwościach mikrofalowych. Zaobserwowano wpływ różnych procesów na tłumienie magnetyczne, wśród których były efekt rozpraszania dwumagnonowego, mozaikowość struktury próbek i zjawisko pompowania spinowego. Określono efektywny parametr tłumienia magnetycznego dla wszystkich badanych próbek.

Dla wszystkich serii próbek, w których efekt rozpraszania dwumagnonowego i pompowania spinowego mogą być oddzielone lub zaniebane, wzrostowi parametru tłumienia Gilberta towarzyszył wzrost wartości bezwzględnej stałej magnetoelastycznej. Taka korelacja między właściwościami magnetoelastycznymi a tłumiącymi została również stwierdzona przez innych autorów w warstwach typu permalaju (o zmiennym składzie warstwy magnetycznej). Jednak badania te różnią się od obecnych, ponieważ zmiany właściwości magnetoelastycznych i tłumiących są skorelowane ze zmianami grubości warstwy magnetycznej. Zgodnie z najlepszą wiedzą autora pracy, taka korelacja między właściwościami magnetoelastycznymi i tłumiącymi nie została dotychczas zaobserwowana.

Oleksandr Chumak

