

Studi Dinamika Dinding Domain Magnetik pada Material Kawat Nano Feromagnetik dengan Orientasi Magnetisasi Sejajar dan Tegak Lurus menggunakan Pendekatan Simulasi Mikromagnetik = Dynamical Study of Magnetic Domain Wall in Ferromagnetic Nanowire Materials with In-Plane and Perpendicular Magnetization Orientation using Micromagnetic Simulation Approach

Candra Kurniawan, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=9999920518271&lokasi=lokal>

Abstrak

Penelitian spintronika memiliki ide untuk memanipulasi spin elektron pada suatu sistem zat padat dengan tujuan untuk menghasilkan divais masa depan, seperti divais logika terintegrasi dan sistem penyimpanan data non-volatile. Salah satunya adalah pengembangan divais racetrack memory yang berbasis domain wall (DW) magnetik dalam sistem kawat nano (nanowire) sebagai media penyimpanan data yang diusulkan oleh S. Parkin, dkk. pada tahun 2008. Perhatian penting pengembangan racetrack memory adalah karakteristik DW pada material magnetik dengan orientasi magnetisasi anisotropik sejajar bidang (in-plane anisotropy, IMA) dan tegak lurus bidang (perpendicular magnetic anisotropy, PMA). Kelebihan dari material PMA adalah mampu mengurangi besarnya arus ambang (threshold) hingga satu orde ($\sim 10^{11}$ Am⁻²) untuk menggerakkan DW sepanjang kawat nano dan mengurangi dampak pemanasan Joule. Dalam penelitian ini, dilakukan studi dinamika pergerakan DW dalam kawat nano berorientasi magnetisasi sejajar (IMA) dan tegak lurus (PMA) berbasis material feromagnetik menggunakan pendekatan simulasi mikromagnetik. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa pada material CoFeB yang bertipe PMA, DW memiliki kecenderungan orientasi perputaran magnetisasi secara natural (groundstate) yang bergantung pada geometri kawat nano sehingga memunculkan tipe Bloch Wall atau Néel Wall. Dengan demikian dapat didefinisikan suatu ukuran kritis (t_c) transisi Bloch Wall menjadi Néel Wall sebanding dengan perubahan ukuran kawat nano melalui kalkulasi sederhana berdasarkan profil magnetisasi M_x dan M_y . Pada nanowire CoFeB, diketahui bahwa perubahan durasi pulsa magnetik eksternal mempengaruhi besaran medan Walker breakdown (HWB). Semakin pendek durasi pulsa magnetik, maka nilai HWB akan semakin besar. Pergeseran nilai HWB pada durasi pulsa magnetik yang lebih singkat disebabkan adanya kebutuhan energi DW untuk bergerak sepanjang kawat nano yang lebih dominan. Pada material IMA, seperti Permalloy, ditunjukkan bahwa ukuran kedalaman notch yang semakin besar sebanding dengan peningkatan arus depinning (J_d) untuk menggerakkan DW keluar dari area notch. Struktur internal DW juga mengalami transformasi bentuk dari transversal menjadi anti-vortex dalam proses depinning. Pada material PMA CoFeB, ditunjukkan juga bahwa kedalaman ukuran notch memiliki korelasi berbanding lurus terhadap besarnya J_d . Namun demikian, pada kedalaman notch yang semakin besar terjadi peningkatan nilai J_d yang signifikan, terutama pada ukuran > 20 nm. Selain itu, nilai J_d tersebut lebih dipengaruhi oleh ketebalan kawat nano pada ukuran yang lebih tipis. Karakteristik ini dipengaruhi oleh peningkatan luas ukuran melintang (cross-sectional area), sehingga meningkatkan dominasi energi demagnetisasi untuk menahan DW pada kondisi pinning. Dipahami bahwa peningkatan energi DW saat depinning dapat disebabkan oleh perubahan ukuran struktur DW yang terjadi pada ukuran kawat nano yang lebih besar.

.....The spintronics research had an idea to manipulate the electron spin in the solid state system with the

purpose to obtain future devices, such as the integrated logic and the non-volatile memory. One of the important topics was the development of racetrack memory, based on the magnetic domain wall (DW) on the nanowire system as proposed by S. Parkin et al. in 2008. The interesting part of racetrack memory was the DW characteristics in the magnetic materials with in-plane anisotropy (IMA) and perpendicular magnetic anisotropy (PMA). The advantages of the PMA materials are the lower threshold current ($\sim 10^{11}$ Am⁻²) to move DW along the nanowire and reduce the impact of Joule heating. In this work, the DW dynamics on the ferromagnetic nanowire with IMA and PMA orientation have been studied utilizing micromagnetic simulation. The results showed that on the PMA CoFeB material, the DW magnetization tends to change gradually in the groundstate condition depending on nanowire geometries to obtain the Bloch Wall or the Néel Wall. Therefore, a critical transition size (t_c) of the Bloch Wall to Néel Wall can be defined as the increasing nanowire size by performing a simple calculation based on the M_x and M_y magnetization profile. In the CoFeB nanowire, it is understood that the decreasing of external magnetic pulse duration influenced the value of the Walker breakdown field (HWB). The HWB increased as the decreasing of pulse duration decreased. The shifted HWB values in the shorter pulse duration were caused by the dominant energy needed to move DW along the nanowire. The IMA material, such as Permalloy, showed that the increasing of notch dept related to the increasing of depinning current (J_d) to move the DW out from the notch area. The DW internal structure was also transformed from transverse to anti-vortex in the depinning process. The PMA CoFeB materials also showed that the notch dept size was related proportionally to the increased J_d . However, the J_d value increased significantly in the notch dept size larger than 20 nm. Furthermore, the J_d values are more influenced by the decreasing nanowire thickness. This characteristic was related to the increase of the cross-sectional area, so the demagnetization energy was dominated on the DW in the pinning condition. It is understood that the increase of DW depinning energy is caused by the DW structural change in the larger nanowire.