

電界効果磁気スキルミオントランジスタの作製とその特性

馬闌¹, 荒井遼真¹, 張溪超¹, 山田侑生¹, 森迫昭光¹, 劉小晰¹, 小野輝男²
(¹信州大学, ²京都大学)

Preparation and properties of field-effect magnetic skyrmion transistor

Chuang Ma¹, Ryoma Arai¹, Xichao Zhang¹, Yusei Yamada¹, Akimitsu Morisako¹, Xiaoxi Liu¹, Teruo Ono²,
(¹Shinshu Univrtsity, ²Kyoto University)

はじめに

磁気スキルミオンはトポロジカル準粒子とみなすスピンの特殊な渦巻き構造である。その小ささと不揮発性、可制御性から次世代不揮発性論理回路への応用を考えられる。本研究では、チャンネルに電界を印加可能な3端子構造を作製し、電界アシスタント磁気スキルミオンの生成、電流駆動磁気スキルミオンの閾値電流密度とそのゲート電圧の影響、電界効果磁気スキルミオントランジスタとしての動作を報告する。

実験方法

試料作製には、ステンシルリソグラフィ法、フォトリソグラフィ法とスパッタリング装置を用いて、Fig. 1に示すような3端子構造を作製した。チャンネルは幅 $4\ \mu\text{m}$ 、長さ約 $20\ \mu\text{m}$ の Pt (0.5 nm)/CoNi (0.4 nm)/Pt (0.5 nm)/CoNi (0.4nm)/Pt (1 nm) の多層構造と構成された。

作製した素子はレーザーマイクロカー測定装置を用いて電界印加時の磁気特性を測定した。更に、高分解能カー顕微鏡による電界電流印加時の磁区構造と電界印加時の磁壁移動速度を測定した。

実験結果

Fig. 2にチャンネル部にゲート電圧 $V_G = 0\ \text{V}$ と $V_G = 8.5\ \text{V}$ の磁気特性を示す。 $V_G = 0\ \text{V}$ 時は優れた垂直磁気異方性を示し、保磁力 H_c が約 $30\ \text{Oe}$ であった。しかし、 $V_G = 8.5\ \text{V}$ 印加すると磁気特性に大きな変化が見られ、試料の垂直磁気異方性が減少し、保磁力も約 $2\ \text{Oe}$ まで減少した。Fig. 3にチャンネル部のカー顕微鏡によって観察した磁区構造の一例を示す。電流駆動時に、ゲート電圧アシスタントによって磁気スキルミオンバブルが形成したと考えられる。Fig. 4に $V_G = 0\ \text{V}$ から $V_G = 8.5\ \text{V}$ まで増加させた時に電流駆動磁気バブル移動の閾値電流密度 J_c の結果を示す。 $V_G = 0\ \text{V}$ の時の J_c が約 $5.9 \times 10^{11}\ (\text{A}/\text{m}^2)$ であったが、 V_G の増加に伴い J_c が減少し、 $V_G = 8.5\ \text{V}$ の時に J_c が約 $5.1 \times 10^{11}\ (\text{A}/\text{m}^2)$ まで減少した。ゲート電圧印加によってチャンネル部の閾値電流密度の制御を実現した。電流一定の時、電界による磁気スキルミオンの電流駆動の“ON”と“OFF”の確認もできた。

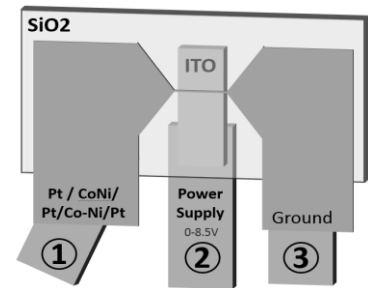


Fig.1 Structure of the device.

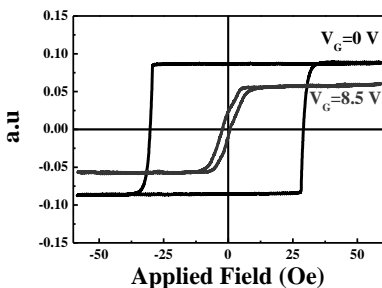


Fig.2 Kerr Hysteresis for $V_G = 0\ \text{V}$ and $V_G = 8\ \text{V}$.

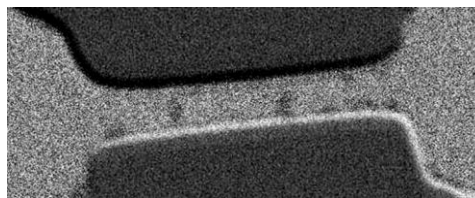


Fig.3 Kerr image

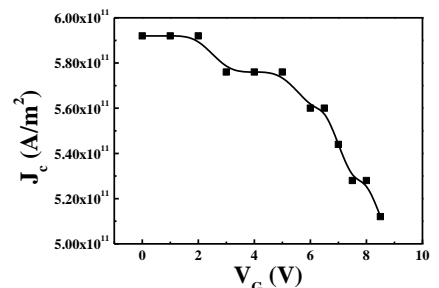


Fig.4 Threshold current density as a function of gate voltage V_G .