

## Fe系軟磁性体中の粒界形状による磁壁ピン留め効果

山田啓介, 入江将太, 村山創, 仲谷栄伸

電気通信大学 情報理工学研究科

Depinning field of domain walls at a misaligned grain boundary in Fe-base soft magnets

Keisuke Yamada, Shota Irie, Soh Murayam, and Yoshinobu Nakatani

Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications,

### はじめに

軟磁性材料は、変圧器、発電機、モーターなどの鉄心に広く用いられており、それぞれの機器の電気-磁気変換に伴うエネルギーの低減化が課題となっている。エネルギーの低減化を実現するには、低保磁力、高透磁率、低鉄損の性能を持つ軟磁性体が求められている。高透磁率、高飽和磁化を持つ材料として鉄ベースの軟磁性体材料[1]があり、さらなる性能向上を目指して多くの研究がなされている[2,3]。軟磁性体材料の保磁力機構は、磁壁移動が主な原因とされている。軟磁性体内では、磁性体を構成する粒子間(粒界)で磁壁移動がピン留めされることが保磁力の起源と考えられている[4,5]。しかしながら、軟磁性体に現れる $90^\circ$ 磁壁の粒子/粒界間での移動メカニズムや、粒界における $90^\circ$ 磁壁のピン留めメカニズムについてはまだ詳細に調べられていない。本研究では、マイクロマグネティクスシミュレーションを用いて、鉄ベースの軟磁性体において粒界形状による磁壁ピン留め及びデピンニング機構を調べた。

### 結果

使用した計算領域は、図1に示すように $x$ - $z$ 軸方向に $2048\text{ nm} \times 256\text{ nm}$ (セルサイズ: $2\text{ nm} \times 2\text{ nm}$ )とした2次元の領域とし、この構造が $z$ 方向に周期的につながっているものとした。粒界は、図1中心に白色で示された粒界幅 $\gamma_w = 4\text{ nm}$ の領域とした。粒界の形は、粒界の中心部分を頂点として折れ曲がった形状とし、その深さを $D$ とし変化させた。材料定数は $6.5\text{ wt\% Si-Fe}$ の軟磁性体の値を用いた。シミュレーション結果より、磁壁は粒界でピン留めされるが、2つの $90^\circ$ 磁壁がそれぞれ異なる磁界でデピンされることがわかった。デピンニング磁界は、粒界の深さ $D$ を増加させると減少することがわかった。これは、 $D$ の増加により $90^\circ$ 磁壁が粒界部でピンされる面積が減少するため、粒界での磁壁エネルギーの変化量が減少するためであることがわかった。また、磁壁エネルギー分布と粒界が重なる面積を調べることで、曲がった形状を持つ粒界におけるデピンニング磁界を解析的に求めることができた。

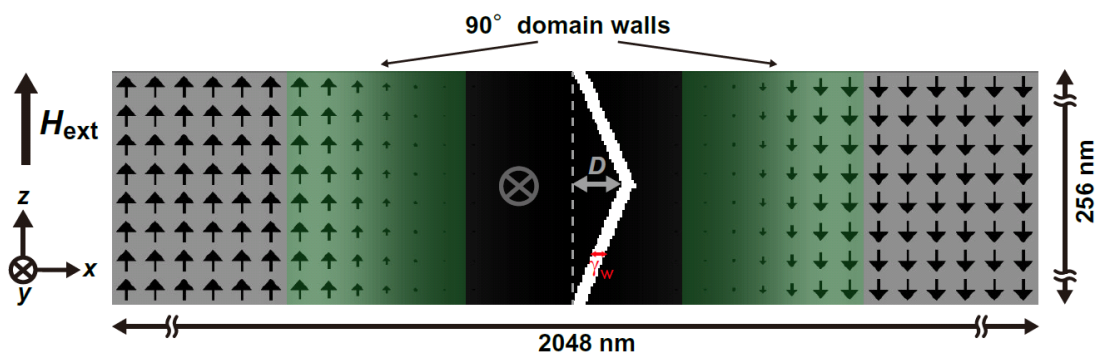


Fig. 1 Geometry of the grain boundary in the soft magnet.

### 参考文献

- [1] Y. Yoshizawa, *et al.*, *J. Appl. Phys.* **64**, 6044 (1988). [2] A. Makino, *et al.*, *Mater. Trans.* **50**, 204 (2009).  
 [3] A. Makino. *IEEE Trans. Mag.* **48**, 1331 (2012).  
 [4] C. Kaido, *et al.*, *J. Magn. Soc. Jpn.* **20**, 649, (1996).  
 [5] C. Kaido, *IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials* **131**, 466 (2011).