

## Co/Ni エピタキシャル人工格子における磁気異方性とダンピング

関剛斎<sup>1</sup>、島田淳平<sup>1</sup>、飯浜賢志<sup>1</sup>、辻川雅人<sup>1</sup>、小金澤智之<sup>2</sup>、塩田明弘<sup>1</sup>、田代敬之<sup>1</sup>、周偉男<sup>1</sup>、  
菊池直登<sup>1</sup>、水上成美<sup>1</sup>、白井正文<sup>1</sup>、高梨弘毅<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>東北大、<sup>2</sup>高輝度光科学研究セ)

### Magnetic Anisotropy and Damping for Co / Ni Epitaxial Superlattices

T. Seki<sup>1</sup>, J. Shimada<sup>1</sup>, S. Iihama<sup>1</sup>, M. Tsujikawa<sup>1</sup>, T. Koganezawa<sup>2</sup>, A. Shioda<sup>1</sup>, T. Y. Tashiro<sup>1</sup>,  
W. Zhou<sup>1</sup>, N. Kikuchi<sup>1</sup>, S. Mizukami<sup>1</sup>, M. Shirai<sup>1</sup>, and K. Takanashi<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Tohoku Univ., <sup>2</sup>JASRI)

#### はじめに

磁気ランダムアクセスメモリ (MRAM) は、記憶セルの超高集積化、高速かつ低消費電力動作、さらに高信頼性を実現できるアプリケーションとして期待されている。MRAM の構成要素となる磁気記憶素子には、磁化の熱安定性を担保するための高い一軸磁気異方性エネルギー( $K_u$ )と、低電流密度で磁化反転させるための低いダンピング定数( $\alpha$ )という両方の特性が要求される。一般的に、高  $K_u$  材料には Pt などの貴金属や希土類元素が用いられており、大きなスピン軌道相互作用に起因して  $\alpha$  が増大してしまうことが懸念される。加えて、資源枯渇の問題を考慮すると、貴金属や希土類元素といった希少元素を用いずに高  $K_u$  かつ低  $\alpha$  を実現することが課題となる。そこで、本研究では  $3d$  遷移金属のみから成る Co-Ni 合金に着目し、原子層レベルで積層制御した Co / Ni 人工格子を作製することで高  $K_u$  と低  $\alpha$  の実現を目指した。Ni 層厚を変化させた試料を用い、Ni 層厚が構造および磁気特性に与える影響を系統的に調べた。得られた実験結果を第一原理計算と比較することで、(111)配向した Co / Ni 人工格子における垂直磁気異方性の発現機構を議論し、高  $K_u$  と低  $\alpha$  に向けた材料設計の指針を検討した。

#### 実験結果

分子線エピタキシー法を用いて、サファイア a 面単結晶基板および熱酸化シリコン基板上に V / Au 下地層を成長させた後に、Ni 層および Co 層を交互に積層させて人工格子を作製した。ここで、Co 層厚を 1 原子層に固定し、Ni 層の原子層数( $x$ )を変化させた。本研究では、0.20 nm が 1 原子層に相当する。X 線回折(XRD)および放射光(SR)-XRD により構造解析を行い、表面形態評価に反射高速電子線回折(RHEED)および原子間力顕微鏡(AFM)を用いた。磁気特性の評価には、振動試料型磁束計(VSM)、超伝導量子干渉素子(SQUID)、および磁気光学カー効果(MOKE)を用い、ダンピング定数は時間分解(TR)-MOKE を用いて評価した。

サファイア基板上において V / Au 下地層を用いることで、垂直磁化を有するエピタキシャル成長した Co / Ni 人工格子が作製された。一方、熱酸化シリコン基板上では面内無配向のテクスチャー薄膜となった<sup>1)</sup>。エピタキシャル薄膜とテクスチャー薄膜の  $K_u$  および  $\alpha$  を比較したところ、すべての Ni 層厚においてエピタキシャル薄膜はテクスチャー薄膜よりも高い  $K_u$  かつ低い  $\alpha$  を示した。実験および第一原理計算で得られた  $K_u$  の Ni 層厚依存性では、いずれも  $x=2$  において  $K_u$  が最大値を示し、実験と計算が定性的に一致した。さらに、 $K_u$  と  $\alpha$  の関係性について調べたところ、本研究においては明瞭な相関が見られなかった。このことは、Co / Ni エピタキシャル人工格子が、高  $K_u$  と低  $\alpha$  を同時に実現できるスピントロニクス材料になりうることを示唆している。

#### 参考文献

- 1) A. Shioda, T. Seki, J. Shimada, and K. Takanashi, *J. Appl. Phys.* **117**, 17C726-1-4 (2015).