

課題番号 : F-13-NU-0007, F-13-RO-0034
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名 (日本語) : Pt 系合金ナノドットの高密度形成
 Program Title (English) : High Density Formation of Pt-based Alloy Nanodots
 利用者名 (日本語) : 牧原 克典, 福岡 諒, 壁谷 悠希, 大田晃生
 Username (English) : K. Makihara, R. Fukuoka, Y. Kabeya, A. Ohta
 所属名 (日本語) : 名古屋大学大学院 工学研究科
 Affiliation (English) : Graduate School of Engineering, Nagoya University

1. 概要 (Summary)

Pt/Co および Pt/Fe 極薄積層膜への H₂-RP 照射により、積層膜表面での原子状水素の再結合に起因した局所加熱により金属原子の表面拡散・凝集と同時に合金化反応が生じ、合金ナノドットが高密度形成できることがわかった。Pt/Fe 積層膜の場合、垂直磁気異方性を有する L1₀-FePt 合金ドットの高密度形成が実現できた。

2. 実験 (Experimental)

n-Si(100)基板を 1000°C、2%O₂ 中で酸化して形成した膜厚~1.0nm の SiO₂ 膜上に、電子ビーム蒸着装置 (アルバック社製 EBX-10D) を用いて膜厚~1.0nm の Co 薄膜を堆積した後、引き続き、膜厚~1.0nm の Pt 薄膜を形成した。さらに、p-Si(100)基板を 1000°C、2%O₂/H₂ 中でウェット酸化により形成した SiO₂ 膜 (膜厚~150nm) 上に、電子線蒸着により厚さ~3.6nm の Fe 薄膜を堆積した後、引き続き、同一チャンバ内で厚さ~4.4nm の Pt 薄膜を形成した。その後、外部非加熱で H₂-RP 処理(60MHz-ICP: 400~500W, 13.3Pa)を行った。磁化特性は、交番磁界勾配型磁力計 (LakeShore 社製 PMC MicroMag 2900) により評価した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

SiO₂ 膜上の Pt/Co および Pt/Fe 積層膜に H₂-RP 処理を施した後の AFM 表面形状像を Fig.1 に示す。いずれの場合においてもナノドットの形成が認められ、表面形状像から算出した面密度は、 $2.8 \times 10^{11} \text{cm}^{-2}$ (Pt/Co)、 $2.0 \times 10^{11} \text{cm}^{-2}$ (Pt/Fe)であった。Pt 箔で覆った熱電対を用いて Pt 箔の温度変化測定した結果、~570°C まで温度の上昇が認められたことから、H₂-RP による表面形状変化は、Pt 極薄膜表面で原子状水素の再結合に起因した局所加熱によって金属原子の表面拡散・凝集が生

じ、ナノドットが形成したとして解釈できる。また、導電性 AFM 探針を用いた帯電特性評価において、探針電圧-5.0V を印加した領域では、ナノドットへの電子注入・保持に起因した表面電位変化による帯電が安定して観測できることから、互いに絶縁分離した高密度金属ナノドットが形成できていることが確認できた。Pt/Co 積層膜においては、低運動エネルギー側の光電子カットオフエネルギーにより仕事関数を評価した結果、H₂-RP 処理により合金化が促進することが分かった。H₂-RP 処理後の Pt/Fe 積層膜を XRD 評価した結果、FePt(001)および(002)ピークが明瞭に認められたことから、L1₀ 相の形成が示唆される。FePt 合金ナノドットの面内および面直方向に外部磁場を印加し、磁化特性を評価した結果(Fig.2)、L1₀-FePt 相に起因する垂直磁気異方性が室温で認められ、磁化曲線から算出した面内および面直方向の保磁力は各々~0.9kOe、~4.8kOe であった。

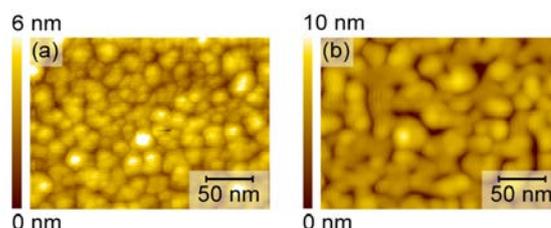


Fig. 1 AFM images of (a) Pt/Co and (b) Pt/Fe bilayers after H₂-RP exposure.

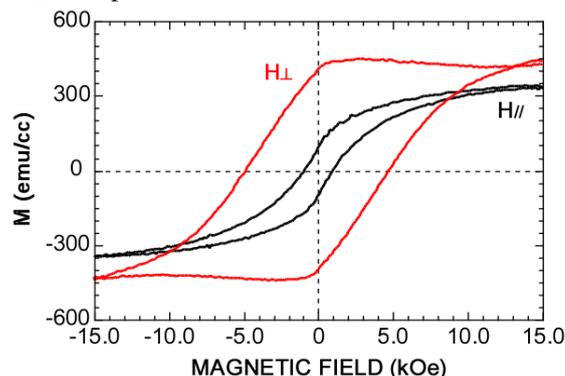


Fig. 2 Hysteresis loops of FePt-NDs at room temperature.

4. その他・特記事項 (Others)

なし。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

(1) R. Fukuoka, H. Zhang, K. Makihara, Y. Tokuoka, T. Kato, S. Iwata and S. Miyazaki, "High density formation of FePt alloy nanodots on SiO₂ induced by remote hydrogen plasma", Magnetics and Optics Research Int. Symp., Dec. 4, 2013.

(2) Y. Kabeya, H. Zhang, R. Fukuoka, K. Makihara and S. Miyazaki, "Formation of High-Density Magnetic Nanodots on Ultrathin SiO₂ Induced by Remote H₂ Plasma", 7th Int. WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics and JSPS Core to Core Program Joint Seminar "Atomically Controlled Processing for Ultralarge Scale Integration", Jan. 28, 2014.

(3) R. Fukuoka, H. Zhang, K. Makihara, Y. Tokuoka, T. Kato, S. Iwata and S. Miyazaki, "High Density Formation of FePt Alloy Nanodots Induced by Remote Hydrogen Plasma and Characterization of Their Magnetic Properties", 7th Int. WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics and JSPS Core to Core Program Joint Seminar "Atomically Controlled Processing for Ultralarge Scale Integration", Jan. 28, 2014.

(4) 壁谷悠希、張海、福岡諒、牧原克典、宮崎誠一、「磁性 AFM 探針を用いた CoPt 合金ナノドットの電子輸送特性評価-外部磁場依存性」第 61 回春季応用物理学会, 2014 年 3 月 17 日.

(5) 福岡諒、張海、牧原克典、大田晃生、徳岡良浩、加藤剛志、岩田聡、宮崎誠一、「FePt 合金ナノドットの構造および磁化特性評価」第 61 回春季応用物理学会, 2014 年 3 月 18 日.

(6) 牧原 克典、宮崎 誠一、「金属合金化反応制御による強磁性ナノドットの高密度・自己組織化形成」名古屋大学ナノテクノロジープラットフォーム第 1 回合同シンポジウム~中部ものづくりは名大から~, (名古屋大学), 2014 年 2 月 20 日

(7) 壁谷 悠希、張 海、福岡 諒、牧原 克典、宮崎 誠一、「外部磁場印加が CoPt 合金ナノドットの電気伝導特性に及ぼす影響」応用物理学会 SC 東海地区学術講演会 2013, 2013 年 11 月 16 日

(8) 福岡 諒、張 海、牧原 克典、宮崎 誠一、「リモート水素プラズマ支援による FePt 合金ナノドットの高密度・一括形成と磁化特性評価」応用物理学会 SC 東海地区学術講演会 2013, 2013 年 11 月 16 日

(9) 壁谷悠希、福岡諒、張海、牧原克典、宮崎誠一、「外部磁場印加が CoPt 合金ナノドットの電子輸送特性に及ぼす影響」第 74 回秋季応用物理学会, 2013 年 9 月 19 日

(10) 福岡諒、張海、壁谷悠希、恒川直輝、牧原克典、大田晃生、宮崎誠一、「リモート水素プラズマ支援による FePt 合金ナノドットの高密度形成と磁化特性評価」第 74 回秋季応用物理学会, 2013 年 9 月 19 日

6. 関連特許 (Patent)

なし。