

リモート水素プラズマ支援による Mn および Mn ジャーマナイド ナノドットの高密度一括形成

High Density Formation of Mn and Mn-germanide Nanodots Induced by Remote Hydrogen Plasma

¹名大院工, ²名大 VBL, ³広大院先端研 [○]¹温 映輝, ¹牧原 克典, ²大田 晃生, ³池田 弥央,
¹宮崎 誠一

¹Nagoya Univ., ²Nagoya Univ. VBL, ³Hiroshima Univ., [○]¹Yinghui Wen, ¹Katsunori Makihara,
²Akio Ohta, ³Mitsuhsa Ikeda and ¹Seiichi Miyazaki

E-mail: miyazakilab@googlegroups.com

序＞これまでに、Si 熱酸化膜上に形成した極薄金属膜(Ni, Pt, Co, Pd, Fe)に外部非加熱でリモート H₂ プラズマ(H₂-RP)照射することで、金属ナノドットが高密度・一括形成できることを報告した[1]。さらに、金属二層薄膜に H₂-RP 照射した場合、合金化反応と共に、原子のマイグレーション・凝集が同時に促進することに起因して、合金ナノドットが形成できることを明らかにした[2]。本研究では、Mn と Ge の合金に着目し、SiO₂ 上の極薄 Mn 膜および非結晶 Ge(a-Ge)薄膜への H₂-RP 処理による表面形状の変化を調べると共に、Mn/a-Ge 極薄積層膜への同様の処理による合金ドットの形成を試みた。

実験＞p-Si(100)基板を 1000°C、2%O₂ 中で酸化して形成した膜厚~3.2nm の SiO₂ 膜上に、電子線蒸着により膜厚~1.0nm の a-Ge 膜および Mn 膜を堆積した。また、極薄積層膜は、a-Ge と Mn 膜を同一チャンバ内で連続堆積した。その後、外部非加熱で H₂ ガスのリモートプラズマ処理(60MHz-ICP: 500W, 13.3Pa)を行った。

結果及び考察＞SiO₂ 上に形成した Mn、a-Ge 単層膜および Mn/Ge 積層膜の形成直後における表面形状像(Fig. 1(a)-(c))は、何れも表面ラフネスが~0.4nm 以下であり、均一膜の形成が確認できる。一方、H₂-RP 処理後では、Mn 単層膜および Mn/a-Ge 積層膜において、面密度~1.8×10¹¹cm⁻² のドット形成が認められ、Mn/a-Ge 積層膜におけるドット高さは、Mn 単層膜に比べ、2 倍であった。Mn 箔で覆った熱電対の H₂-RP 処理時における温度変化を調べた結果、600°C まで急激に温度上昇することから、Mn ナノドットの形成は、Mn 膜表面での原子状水素の吸着・再結合に起因した局所温度上昇により Mn 原子が表面マイグレーション・凝集した結果として説明できる。これに対し、Ge 単層膜では、プラズマ処理前後で表面形状に変化は認められなかった。プラズマ CVD(基板温度 150°C)により別途形成した a-Ge :H 膜では、H₂-RP により~56nm/min でエッチングされることが分かっていることから[3]、a-Ge では、水素原子の表面再結合に比べ、エッチングが支配的となったと考えられる。極薄積層膜への H₂-RP 処理により形成したナノドットをラマン散乱測定した結果、~270cm⁻¹ 近傍に Mn ジャーマナイドを示唆する新たなシャープな信号が認められた。Mn/a-Ge 積層膜の H₂-RP 処理において、上層 Mn 原子の表面マイグレーション・凝集と下地 a-Ge との合金化反応が同時進行することで Mn ジャーマナイドナノドットが形成されたと考えられる。

結論＞Mn/Ge 積層膜への H₂-RP 照射によって、Mn ジャーマナイドナノドットを面密度~1.8×10¹¹cm⁻² で形成できた。

文献＞[1] K. Makihara et al., Adv. Mat Res., 750-752 (2013) 1011. [2] R. Fukuoka et al., MORIS2013, (Saitama, 2013), We-P-07. [3] S. Miyazaki, IC-PLANTS 2011, (Takayama, 2011), I-05.

謝辞＞本研究の一部は、科研費基盤研究(A)および若手研究(A)の支援を受けて行われた。

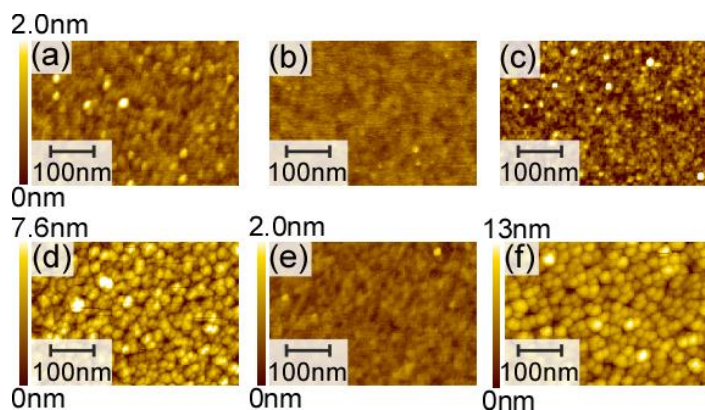


Fig. 1 Topographic images taken before (a, b, c) and after H₂-RP (d, e, f) to Mn (a, d) Ge (b, e) and Mn/Ge -bilayer (c, f).

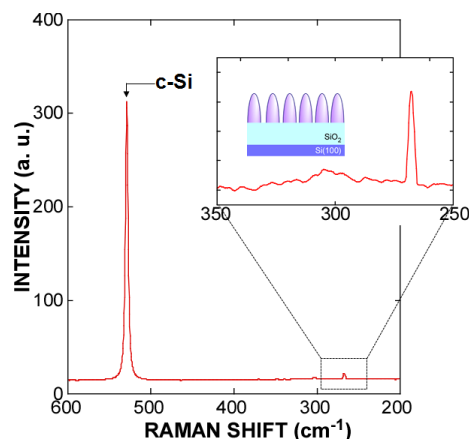


Fig. 2 Raman scattering spectra of Mn/Ge-bilayer after exposing to H₂-RP.