

リモート水素プラズマ支援による Mn-Ge 系ナノドットの高密度一括形成

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

¹名大院工, ²名大 VBL, ^{○1}温 映輝, ¹牧原 克典, ²大田 晃生, ¹宮崎 誠一
¹Nagoya Univ., ²Nagoya Univ. VBL, ^{○1}Yinghui Wen, ¹Katsunori Makihara, ²Akio Ohta,
 and ¹Seiichi Miyazaki

E-mail: wen.yinghui@a.mbox.nagoya-u.ac.jp

序＞これまでに、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報告した[1]。本研究では、Mn と Ge の合金に着目し、SiO₂ 上の Mn 膜と非結晶 Ge(a-Ge)薄膜の積層構造への H₂-RP 処理による表面形状および化学結合状態の変化を調べると共に、Mn ジャーマナイドナノドットの形成を試みた。

実験＞p-Si(100)基板を化学溶液洗浄後、乾燥酸素雰囲気中で熱酸化 SiO₂ 膜を形成した。SiO₂ 膜上に、電子線蒸着により膜厚~10nm の a-Ge 膜を堆積し、膜厚~1.0nm および~10nm の 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(H₂-RP)処理(60MHz-ICP: 500W, 13.3Pa)を 10 分間行った。

結果及び考察＞SiO₂ 上に形成した Mn/a-Ge 積層膜の形成直後における表面形状像は、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(Figs. 1(a), (b))。一方、H₂-RP 処理後では、Mn の膜厚依らずナノドットの形成が認められ、ドットの面密度は、Mn 膜~1.0nm では~1.7×10¹¹cm⁻²であるのに対して、膜厚~10nm では~1.4×10¹¹cm⁻²であり、ドット高さは、Mn 単層膜に比べ 2 倍であった(Figs. 1 (a'), (b'))。形成したナノドットの化学結合状態を X 線光電子分光法(単色化 AlKα 特性 X 線, hv = 1486.6eV)を用いて評価した結果、Mn 膜~1.0nm では、Mn3p 信号が明瞭に観測されるが、Ge に起因する信号が認められない。これに対して、Mn 膜~10nm では、金属 Ge 成分が明瞭に観測され、Mn-Ge 系ナノドットの形成が示唆される(Fig. 2)。別途、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℃まで急激に温度上昇することから、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と考えられる。これらの結果から、厚さ~1.0nm の Mn 膜では、Mn と Ge の合金化反応とともに、Ge 原子がナノドット表面に露出することで水素原子による Ge のエッチングが進行したと推察される。

結論＞Mn/Ge 積層膜への H₂-RP 照射による Mn-Ge 系ナノドットの形成では、上層 Mn 膜厚を制御し、H₂-RP 時に生じる Ge のエッチングを抑制することが重要であることが分かった。

文献＞[1] R. Fukuoka et al., Magnetics and Optics Research Int. Symp. (Omiya, 2014), We-P-07

謝辞＞試料作成は、名古屋大学 VBL の設備を利用して行った。本研究の一部は、東北大学電気通信研究所 共同プロジェクト研究の支援により行われた。

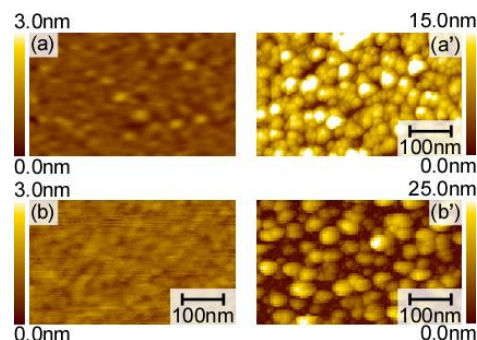


Fig. 1 AFM images of Mn(~1.0nm)/a-Ge(~10nm) (a, a') and Mn(~10nm)/a-Ge(~10nm) (b, b') bi-layer structures before (a, b) and after H₂-RP (b, b').

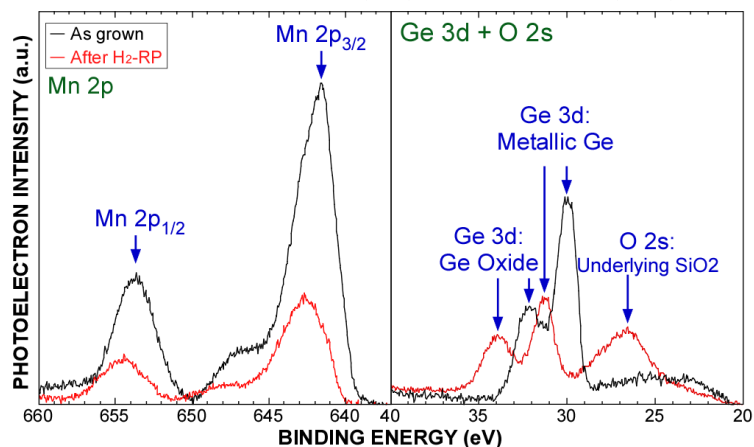


Fig. 1 Mn2p, Ge3d and O2s spectra measured for ~10nm-thick Mn/~10nm-thick a-Ge bi-layer structures before and after H₂-RP, which were taken at photoemission take-off angle of 90.