20a-C11-4

リモート水素プラズマ支援による SiO_2 上への Fe ナノドットの高密度形成

Formation of High Density Fe-Nanodots on SiO_2 Induced by Remote Hydrogen Plasma

名大院工　○張 海，福岡 諒，壁谷 悠希，牧原 克典，宮崎 誠一

Grad. School of Eng.　Nagoya Univ.

○ Hai Zhang, Ryo Fukuoka, Yuuki Kabeya, Katsunori Makihara and Seiichi Miyazaki

E-mail: z_hai@nuee.nagoya-u.ac.jp

序＞絶縁薄膜上への高密度金属ドット形成は、磁気・不揮発性メモリへの展開が期待され注目されている[1,2]。本研究では、Si 熱酸化膜上に形成した極薄 Fe 膜をリモート水素プラズマ(RP-H_2)処理することで Fe ナノドットの形成を試みた。

実験＞p-Si(100)基板を 1000ºC、2%O_2 中で酸化後，0.1%HF 処理により Si-OH 終端した膜厚~5.0nm の SiO_2 膜上に、電子線蒸着法により膜厚約 3.0nm の Fe 膜を蒸着した。その後、60MHz 高周波電力（VHF）の誘導結合により励起・生成した高密度水素プラズマを用いて、外部非加熱で Fe 膜の処理を施した。プラズマ処理時の投入電力および圧力は、9.0~39.9Pa、300~500W で変化させた。プラズマ処理前後の表面形状変化は、AFM により評価した。

結果及び考察＞プラズマ処理前後(500W, 26.6Pa)の Fe 膜の表面形状像をそれぞれ Fig. 1 に示す。プラズマ処理前の Fe 膜の表面ラフネス(RMS)は 0.28nm であり、均一な Fe 膜の形成が確認した(Fig. 1(a))。プラズマ処理後では、ナノドットの高密度(~2.4×10^{11}cm^{-2})形成が認められ、密度サイズ分布から算出した平均ドット高さは~4.34nm であった(Fig. 1(b))。熱電対を用いてプラズマ照射時の表面温度を計測したところ、表面温度が 500°C まで急激に上昇することが確認されることから(Closed symbols in Fig. 2)、Fe 薄膜表面における原子状水素の再結合に起因した局所加熱によって Fe 原子の表面マイグレーション・凝集が促進したと解釈できる。H_2-RP 処理時の投入電力およびH_2ガス圧力がドット形成に及ぼす影響を調べた結果(Fig. 2)、投入電力依存性では、電力の増加に伴いドット面密度が線形に増加する結果が認められた。これは、表面に入射する原子状水素フラックスの増大によって、表面温度が上昇し、凝集作用が促進したことを示している。一方、圧力依存性では、20Pa 以下の領域では、圧力の増加に伴いドットの大幅な増大が認められるものの、27Pa 以上では、ドット面密度が減少傾向にあり、平均ドットサイズも減少することが分かった。この場合、Fe 箔の温度変化測定において、温度の低下が認められることから、27Pa 以上の領域では、圧力の増加に伴い、Fe 膜表面への原子状水素の入射量が低下していることが原因と考えられる。

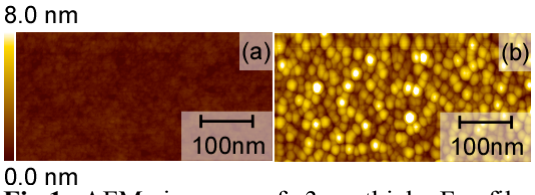

Fig.1 AFM images of 3nm-thick Fe film before (a) and after (b) remote H_2-plasma exposure at VHF power of 500W H_2 gas pressure at 26.6 Pa, respectively.

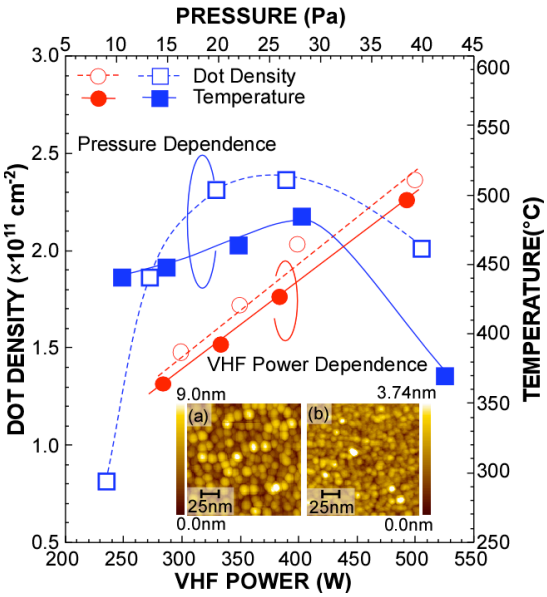

Fig. 2. VHF power and H_2-pressure dependence of Fe-NDs areal densities (Open symbols) and temperature changes of Fe foil during by remote H_2 plasma exposure (26.6 Pa, 500 W) (Closed symbols).

結論＞熱酸化 SiO_2 上に極薄 Fe 膜(~3.0nm)を形成し、リモート水素プラズマ処理を行うことで、面密度 2.4×10^{11}cm^{-2}、平均ドットサイズ~13.5nm の Fe ドットが形成できた。

文献＞[1]T. Sakaguchi et al., Jpn. J. Appl. Phys., 43 (2004) 2203. [2] H. Kirimura et al., Appl. Phys. Lett. 86 (2005) 262106.

© 2013 年　応用物理学会