変形磁界型高周波マグネトロンスパッタ法による Ni 薄膜の堆積速度*

原田 猛**・麻原 浩志**・河村 智彦**・佐藤 豊**
島本 省吾**・田中 武**・川畑 敬志**

(受理1999年11月29日, 掲載決定2000年2月5日)

Deposition Rate of Ni Thin Films by Modified r.f. Magnetron Sputtering*

Takeshi HARADA**, Hiroshi ASAHARA**, Tomohiko KAWAMURA**, Yutaka SATO**,
Syogo SHIMAMOTO**, Takeshi TANAKA** and Keishi KAWABATA**

** (Department of Electronics, Hiroshima Institute of Technology,
2-1-1, Miyake, Saekiku, Hiroshima 731-5193)

(Received, November 29, 1999, Accepted February 5, 2000)

In order to obtain high deposition rate of Ni films, we have developed a modified magnetron sputtering cathode configuration with a ferromagnetic Ni target of 100 mm in diameter and 5 mm in thickness. The plasma confinement could be enhanced by providing four special permanent magnets around outside the cathode. Nickel films were prepared at the rf power of 100 to 200 W and the argon gas pressure of 6.7×10^{-1} to 8.1×10^{-2} Pa. The deposition rate was 14 nm/min, four times as large as that of a conventional magnetron sputtering at an rf power of 100 W and an argon gas pressure of 6.7×10^{-1} Pa.

1. はじめに

スパッタリング法による薄膜形成技術においては、主として低温で成膜可能なマグネトロンスパッタ法が用いられている。マグネトロンスパッタ法は堆積速度が速く、低圧力で膜形成ができる特徴を持っている。近年磁性材料は記録媒体の材料として注目されている。また筆者等は通常産業用として使用されている13.56 MHzのRFとDC電圧をターゲットに同時に印加した高周波一直流結合形マグネトロンスパッタ法を用いて水素吸蔵合金であるMg薄膜の作製¹⁾, Mg-Ni薄膜のNi/Mg組成比のターゲットDCバイアス制御効果²⁾について報告し

た。しかしながら、磁性材料であるNiをターゲットに用いたとき、通常のプレーナマグネトロンスパッタ法では、ターゲット表面上の磁束密度が低下し、その膜堆積速度も遅くなる。そこで、これまでターゲットの背後にサマリウムコバルトなどの強力な磁石を付加したマグネトロンスパッタリング装置や、厚さ1.5 mm以下の薄いターゲットを用いるなど、様々な手法が試みられている³⁾。

本研究では、高周波に13.56 MHzを用いたマグネトロンスパッタ装置にカソード内の磁石とは別に永久磁石をターゲットの外部空間に配置した変形磁界型高周波マグネトロンスパッタ法を用いて、Niターゲット上の磁束密度の増加およびNi薄膜の堆積速度の改善を検討した。

* 平成11年11月11日 第40回真空に関する連合講演会で講演

** 広島工業大学工学部電子工学科 (〒731-5193 広島市佐伯区三宅 2-1-1)

Fig. 1 Schematic diagram of a modified r.f. magnetron sputtering system.

2. 実験方法

通常のプレーナマグネトロンスパッタ法ではターゲットの背後に磁石を配置することによりターゲット表面に磁界分布を形成している。強磁性体ターゲットを用いるとターゲット内部に磁束が収束されるために、ターゲット表面上の漏洩磁束密度は低下する。磁束密度の増加を図るため、カソード内磁石とは別に永久磁石をターゲット外周囲に配置した変形磁界型マグネトロンスパッタ装置図を Fig. 1 に示す。ターゲットに Ni (純度99.95%, 直径100 mm, 厚さ5 mm) を用いた。基板温度は300°C 一定とした。槽内に Ar (99.9999%) ガスが導入でき、ガス流量は10 sccm 一定とした。排気系は液体窒素トラップ、ターボ分子ポンプおよびロータリポンプから構成されている。槽内の最終到達圧力は 4.7×10^{-5} Pa 以下とし、スパッタガス圧力は 6.7×10^{-1} Pa から 8.1×10^{-2} Pa まで変化させた。Ni 薄膜の堆積速度の RF 電力依存性およびスパッタガス圧力依存性について検討した。基板としてコーニング7059ガラスおよび n-Si(100) ($\rho=1-10 \Omega\text{cm}$) ウェハを用いた。Ni 薄膜の膜厚は繰り返し反射干渉計を用いて測定し、Ni 薄膜の結晶構造を X 線回折法 (XRD, $\text{CuK}\alpha=1.5405\text{\AA}$, 40 kV, 40 mA) により評価した。

3. 結果及び考察

通常のプレーナマグネトロンスパッタ装置に Sm-Co 磁石を十字に配置した変形磁界型マグネトロンスパッタ装置における磁束密度等高線を Fig. 2 に示す。ここで、ガウスメータを用いて Ni ターゲット表面上 (5 mm) 水平部分の各位置における磁束密度を測定した。Fig. 2 からカソード外部に永久磁石を配置することによりターゲ

Fig. 2 Schematic illustration of the sputtering device equipped with multipolar magnets around the Ni target, the magnetic line of force, and contours of equi-magnetic field strength in 2 mT interval.

Fig. 3 Deposition rate of Ni thin films as a function of RF power.

ット表面の磁束密度の極大値が約 1 mT から約10 mT に増加していることが明らかになった。

スパッタガス圧力を 6.7×10^{-1} Pa 一定とした通常のプレーナマグネトロンスパッタ法、および変形磁界型高周波マグネトロンスパッタ法による Ni 薄膜の堆積速度を Fig. 3 に示す。通常のプレーナマグネトロンスパッタ法に比べてカソード外部に永久磁石を配置することにより、ターゲット表面上の磁束密度が増加し、その結果堆積速度が著しく増加し、特に RF 電力が100 W のとき、磁石を用いることにより約 4 倍の値 (約14 nm/min) が

Fig. 4 Deposition rate of Ni thin films as a function of sputtering gas pressure.

得られた。これらの結果から、変形磁界型高周波マグネトロンスパッタ法を用いるとNi薄膜の堆積速度は通常のプレーナマグネトロンスパッタ法に比べて、著しく増加することが明らかになった。

RF電力150 W一定として変形磁界型高周波マグネトロンスパッタ法で作製したNi薄膜の堆積速度のスパッタガス圧力依存性をFig. 4に示す。スパッタガス圧力の減少と伴に薄膜の堆積速度は減少し、 8.1×10^{-2} Paでは約5 nm/minであった。以上の結果から、変形磁界型高周波マグネトロンスパッタ法は、 8.1×10^{-2} Paの低スパッタガス圧力で、Ni薄膜の堆積が可能になることが明らかになった。

スパッタガス圧力を 6.7×10^{-1} Pa, 1.3×10^{-1} Pa, および 8.1×10^{-2} Paで作製したNi薄膜のX線回折パターンをFig. 5に示す。ここでスパッタガス圧力が 6.7×10^{-1} Paと 1.3×10^{-1} Paで作製したNi薄膜のXRDパターンでは、Ni(111)とNi(200)の両方のピークが観察された。低スパッタガス圧力 (8.1×10^{-2} Pa) で堆積したNi薄膜のXRDパターンにおいて、Ni(200)のピークのみ顕著に観察された。

4. ま と め

カソード外部に永久磁石を配置した変形磁界型マグネ

Fig. 5 X-ray diffraction patterns for Ni thin films as a function of RF power.

トロンスパッタ法において次のことが明らかになった。

(1) 変形磁界型高周波マグネトロンスパッタ法による堆積速度は通常のプレーナマグネトロンスパッタ法に比べて、RF電力が100 Wのとき、約4倍の値(約14 nm/min)が得られた。

(2) 変形磁界型高周波マグネトロンスパッタ法は 8.1×10^{-2} Paの低スパッタガス圧力で、Ni薄膜を作製することができ、圧力の低下と伴にNi(200)の強い配向性を持つ膜が得られた。

今後の課題として、Ni薄膜の結晶構造の基板温度依存性を検討し、本スパッタ法を用いて水素吸蔵合金であるMg-Ni薄膜作製に展開する。

謝辞

本研究の一部は、広島工業大学学術フロンティア推進拠点「超高速塑性加工研究センター」での共同研究として行ったものである。

〔文 献〕

- 1) T. Tanaka, M. Suzuki and K. Kawabata: *Thin Solid Films*, **343** (1999) 57.
- 2) M. Suzuki, T. Tanaka and K. Kawabata: *Thin Solid Films*, **343** (1999) 21.
- 3) J. A. Brewer, M. Migliuolo and R. M. Belan: *Proc. Annu. Tech. Conf. Soc. Vac. Coaters*, **33** (1990) 37.