

高周波マグネトロンスパッタリング装置の セルフバイアス

菅原 智明, 田谷 嘉浩, 下野 功, 菅 育正*

Measurement of Self-Bias Voltage on Radio-Frequency Magnetron Sputtering

Tomoaki Sugawara, Yoshihiro Taya, Isao Shimono
and Ikumasa Suga*

要 旨

スパッタリング装置への応用を目的として、種々のスパッタガス圧力、高周波電力、ターゲット-基板間距離におけるターゲット電圧と基板電圧を測定し、セルフバイアスについて検討した。その結果、セルフバイアスはアルゴンガス圧力に依存し、高周波電力25Wにおけるセルフバイアス電圧は、1～4 mTorrでは-200V程度であるが、8 mTorr以上では若干大きくなり、16mTorrで約-220Vとなった。高周波電力を大きくするとセルフバイアス電圧も高くなるが、ターゲット-基板間距離が変わってもセルフバイアス電圧に違いは見られなかった。基板については、プラスにバイアスされること、基板バイアス電圧が7～10Vの範囲であること、高周波電力やターゲット-基板間距離を変えても基板バイアス電圧はほとんど変化しないことが分かった。本実験結果から、今後は高周波電力を大きくしてもセルフバイアスが小さいスパッタリング装置の開発が必要と考えられる。

スパッタリング法は酸化物や硫化物などの高融点物質の薄膜を比較的低温で作製できるという特徴を有している。現在、この方法によって液晶やエレクトロルミネッセントランプの透明電極、水晶発振子の電極、保護膜や弾性表面波素子などが作製されており、工業的にも重要な薄膜作製プロセスとなっている。道南地域には真空関連機器を製造・販売している企業があり¹⁾、真空装置などの設計開発についての技術力も高い。

スパッタリング法を用いて作製した薄膜は、成膜過程で高エネルギー粒子が基板へ衝突し、膜にダメージが与えられるため、十分な特性が得られないことがある。高エネルギー粒子は、スパッタリング中にアルゴンイオンが負電位のターゲットに衝突することで発生する。ターゲットが負電位

となるのは高周波スパッタリング装置の低圧プラズマの挙動によるもので、セルフバイアス効果と呼ばれている²⁾。このセルフバイアス電圧を小さくすることにより、薄膜材料へのダメージは低減され、特性の向上が期待できる。本研究は、スパッタリング装置への応用を目的として、種々のスパッタガス圧力、高周波(RF)電力、ターゲット-基板(T-S)間距離において、ターゲット電圧と基板電圧を測定し、セルフバイアスに関する知見を得た。

スパッタガスには純度99.999%のアルゴン(Ar)ガス、ターゲットには純度99.99%の硫化亜鉛、成膜用基板には10×20mm、厚さ0.6mmの石英ガラスを用いた。電圧測定には周波数帯域がDC～100MHzのオシロスコープと減衰比100:1の高

* (株)菅製作所

電圧用プローブを用いた。なお、セルフバイアス電圧はプラズマ電位が基準となるが、本実験ではプラズマ電位を測定せずに、スパッタリング装置のチャンバーの電位を0Vとしてターゲット電圧を測り、その直流分をセルフバイアス電圧とした。スパッタリング用電源には周波数13.56MHzのRF電源を使用した。

図1に、ターゲット電圧波形を示す。成膜条件はArガス圧力1mTorr, RF電力25W, T-S間距離50mmである。波形は周波数13.58MHzの正弦波を示している。また、セルフバイアス効果のため、ターゲットはマイナスにバイアスされていることも分かる。

図2に、Arガス圧力によるセルフバイアス電圧の変化を示す。成膜条件はArガス圧力を1, 2, 4, 8, 16mTorr, RF電力を25, 50W, T-S間距離を50, 100mmとした。RF電力が25W, T-S間距離が50mmのとき、セルフバイアス電圧はArガス圧力が1~4mTorrでは-200V程度である

が、8mTorr以上では若干大きくなり、16mTorrでは約-220Vになることが分かる。これは、Arガス圧力が高くなると電離によって生成する電子が増加し、ターゲットに流入する電子が増えたことが原因の一つと考えられる。次に、Arガス圧力を一定にしてRF電力を大きくすると、セルフバイアス電圧は大きくなる。電圧波形を比較すると、RF電力25Wよりも50Wの方がピーク-ピーク電圧も大きくなっていることが分かった。このことから、RF電力の増加によってセルフバイアス電圧が大きくなった原因としては、プラズマの電子が増加したこと、電界が強くなったためターゲットに蓄積する電子が多くなったことが考えられる。T-S間距離については50mmと100mmでセルフバイアス電圧に大きな違いは見られなかった。

基板電圧波形を図3に示す。成膜条件は図1と同じで、Arガス圧力1mTorr, RF電力25W, T-S間距離50mmである。基板はプラスにバイアスされていることが分かる。これは、プラズマの

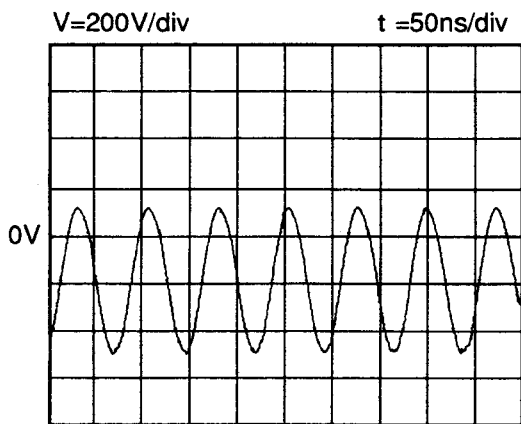


図1 ターゲット電圧波形

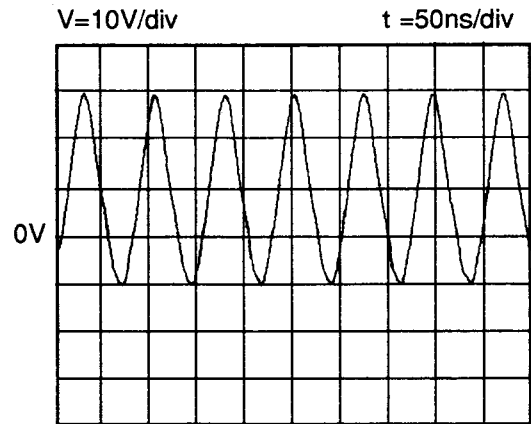


図3 基板電圧波形

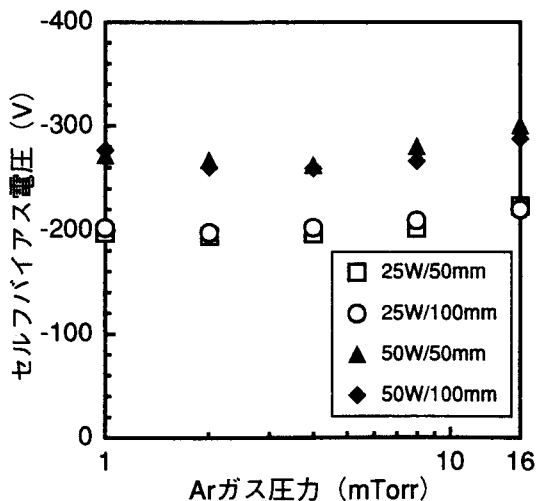


図2 セルフバイアス電圧のArガス圧力依存性

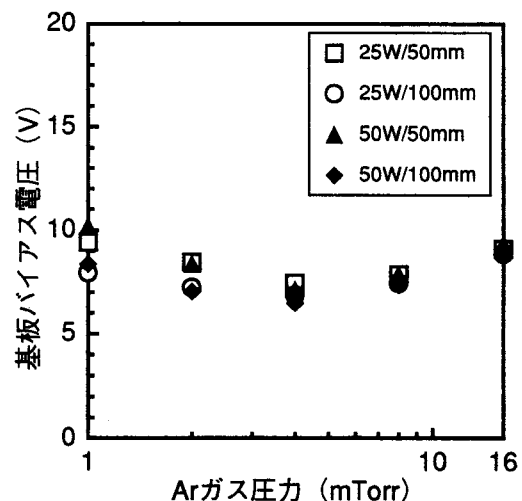


図4 基板バイアス電圧のArガス圧力依存性

DC電位がプラスである³⁾影響とも考えられるが、原因は明らかにできなかった。この点は今後の課題である。また、図3と図1の電圧波形から、基板電圧とターゲット電圧の位相差はほとんどないことも分かる。

図4に、Arガス圧力による基板バイアス電圧の変化を示す。基板バイアス電圧はArガス圧力によって若干異なるが、7～10Vの範囲であった。また、RF電力やT-S間距離を変えても基板バイアス電圧はほとんど変化しないことも分かった。

本実験結果から、セルフバイアス電圧を小さくするためには、RF電力を小さくすることが効果的であることが分かった。しかし、RF電力を小さくすると成膜速度が遅くなり、生産性は低下すると考えられる。今後はRF電力を大きくしても

セルフバイアスが小さいスパッタリング装置の開発が必要になると考えられる。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、貴重な御助言を頂いた北海道電力(株)総合研究所 本間工士氏に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) ほくでん総研ニュース, 第41号 (1998), P2~3
- 2) 金原 粲: スパッタリング現象 (東京大学出版会), (1991), P143
- 3) 小林春洋: スパッタ薄膜 (日刊工業新聞社), (1993), P38