

プラズマ端微分反射分光による配線膜の導電率測定

Inspection of metallization process by differential reflection spectral measurements at plasma edges.

茨城大工 ○小貫 哲平、 東北大工 桑野 博喜

Ibaraki Univ. °Teppei Onuki, Tohoku Univ. Tohoku Univ. Hiroki Kuwano

E-mail: onuki-t@mx.ibaraki.ac.jp

配線膜の導電率の評価には 4 探針法による電極を膜表面に接触させる方法が用いられるが、接触圧による値の変動や探針接触部の破壊、電界分布の補正が必要などの問題がある。本発表はプラズマ端の反射分光測定から非接触で導電特性を評価する方法について報告する。導電率 σ と伝導電子の散乱緩和周波数 ω_r との間に

$$\sigma = N e^2 m_0 \tau / m^* = m_0 \epsilon \epsilon_0 \omega_p^2 / \omega_r \quad (1)$$

の関係がある。プラズマ周波数 ω_p は伝導電子密度 N で決まり、金属では紫外～可視光帯域、透明電極では可視～近赤外帯域にある。マティーンセンの規則として知られるように結晶中の欠陥や不純物、結晶粒界、表面粗さなど製膜プロセスに依存する散乱因子に対し、 ω_r は各散乱因子による緩和周波数の和として表現される。誘電関数の分散式から ω_p と ω_r は束縛電子による遮蔽効果も加味したスペクトル上の見かけのプラズマ周波数として

$$\omega_p' = (\omega_p^2 / (1 + \epsilon_b) - \omega_r^2)^{1/2} \quad (2)$$

の関係と表される[1]。つまり、プラズマ共鳴周波数近傍での伝導電子の外場に対する応答は電子ドリフト散乱緩和、すなわち導電率によって変動する性質がある。この特性からプラズマ共鳴近傍帯の反射応答の解析によって光の侵入深さ程度の厚さ（銅で 100nm 程度）の導電率を測定できる。プラズマ端における反射率の変化の急峻さは微分することでピーク位置及び高さとして定量的に表すことができる。

図 1 及び 2 は成膜条件が異なる銅薄膜（厚さ 25±5 nm）の反射率と微分反射率の測定結果である。見かけのプラズマ波長（600 nm）における反射率の変化が単ピーク状に表れており、導電率の違いを識別することができている。図 3 及び 4 はドリフト緩和時間 τ を条件とした解析結果で、緩和時間（周波数）の違いがプラズマ端反射率の変化として表れることが理論的にも示されている。

参考

[1] Onuki et.al., *Journal of Micromechanics and Micro-engineering* Vol.19 094017 6pp (2009)

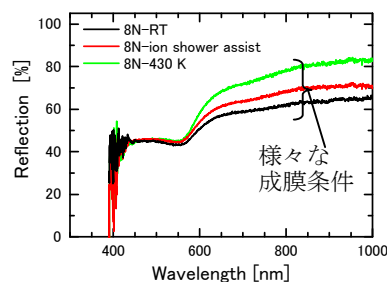


図 1. 銅膜反射スペクトル

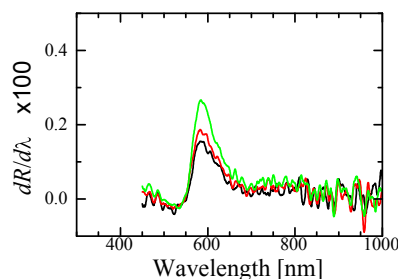


図 2. 銅膜微分反射スペクトル

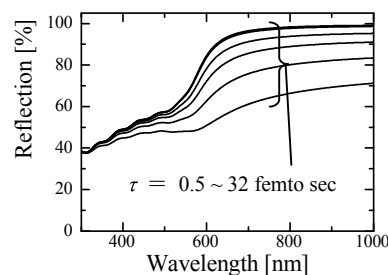


図 3. 銅反射スペクトル 解析

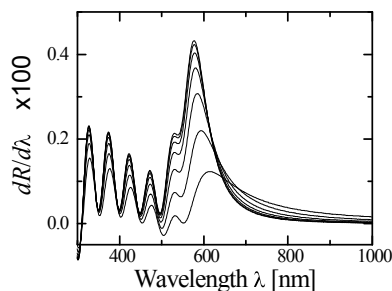


図 4. 銅微分反射スペクトル 解析