

ECRイオン源によるITOの 水素反応性イオンビームエッチング

田谷 嘉浩, 菅原 智明

Hydrogen Reactive Ion Beam Etching of ITO by ECR Ion Source

Yoshihiro Taya and Tomoaki Sugawara

要 旨

ECR型RIBE装置で、ArとH₂の混合ガスによるITOのドライエッチングを行ない、H₂がITOエッチ速度に及ぼす影響について検討した。水素ラジカルは、ITOエッチングの反応種として有効であり、エッチング圧力が 8×10^{-3} Paから 8×10^0 Paの間では、H₂分圧を約20%にすることで、ITOを効率的にエッチングすることができる。

エレクトロルミネッセンス(EL)素子、液晶表示素子(LCD)や太陽電池など、発光、表示や光電変換素子の応用に不可欠な、透明性を備えた電極「透明導電膜」は、これらの素子開発と共にその機能及び加工技術の向上が要求されている。なかでも、素子の微細化に伴う透明導電膜の低抵抗化と微細加工技術の向上は、素子機能の応用範囲を大きく左右するものとして重要といえる。この透明導電膜の一つに、酸化インジウム(In₂O₃)に酸化スズ(SnO₂)をドーパしたITO(Indium-Tin Oxide)膜がある。ITOは透明導電膜として加工される最も一般的な材料であるが、微細加工に用いられる実用的なドライ系のエッチング技術は確立されておらず、硝酸系、塩鉄系、臭素系、ヨウ素などの薬液によるウェットエッチングが主である。一般的にITO膜は膜質の変化が大きく、ウェットエッチングではエッチ速度の安定性、均一性、微細性に欠ける。一方、ドライエッチングは比較的膜質の影響を受けにくいいため、その開発に期待がかかっている。現在レジストとの選択比

が良い、メタン系及びアルコール系のガスによる、プラズマエッチングやRIE(Reactive Ion Etching)等が検討されている¹⁾が、エッチ速度、カーボン膜のデポジット等解決すべき課題が多い。これらのエッチングガスの主な反応種はCH₃⁺、CH₃^{*}(CH₃ラジカル)であるが、プラズマ中ではCH₃⁺、CH₃^{*}の生成に伴いH₂⁺、H⁺、H^{*}(Hラジカル)が生成され、エッチ速度やカーボン膜の生成を左右する重要な因子と考えられている。H. Sakaueらは、CH₃OH/H₂によるRIEで、H₂添加量によりエッチ速度が変化することを報告している²⁾。また、この報告によると、エッチングガス圧が高いとカーボン膜のデポジット、低いほどITOのエッチ速度が上がるとされている。しかし、プラズマエッチングやRIEではその作動原理上、低ガス圧でのエッチングには限度がある。低ガス圧でのエッチング方法として、マイクロ波励起による電子サイクロトロン共鳴(ECR)を応用したRIBE(Reactive Ion Beam Etching)がある。この方法によれば、RIEに比べ2桁以上低圧でエッ

チングが可能である。

本実験では、マイクロ波励起ECRイオン源を用いた、RIBE装置を用いて、 H_2 によるITOのRIBEを行い、 H_2 がITOエッチングに与える影響について検討を行った。

エッチング試料に用いたITO膜は、RFマグネトロンスパッタ装置により作製した。ITOターゲットには、市販のターゲット ($In_2O_3:SnO_2=95:5$ wt%) を用い、ガラス基板上に約800nmの膜を作製した。膜の作製条件は、スパッタガスにAr (99.99%) を用い、スパッタ圧力 1.3×10^{-1} Pa, RF電力25W, 基板温度300℃で行った。作製されたITO膜の特性は、抵抗率が $4.7 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ で透過率は94% (550 nm) であった。

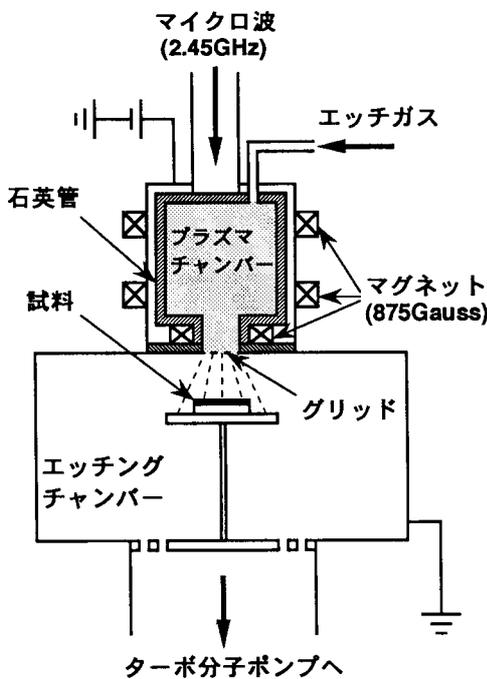


図1 ECRイオン源を用いたRIBE装置の概略図

エッチングに使用した、ECRイオン源を用いたRIBE装置の概略を図1に示す。プラズマチャンバー(イオンソース)内壁はインクボトル型の石英管からできており、上部からエッチングガス、マイクロ波が導入される。イオンソースの電源として、マイクロ波電源(周波数:2.45GHz, 0~500W)とイオン加速用DC電源(0~2kV, max10W)を使用している。

エッチングにはArと H_2 の混合ガス(以下Ar+ H_2 と記す)を用い、イオン引き出し口と試料の距離30mm, マイクロ波出力50W, エッチング時間

15minを一定条件とし、 H_2 ガスの混合比, エッチングガス圧, イオン加速電圧をパラメータとした。エッチ速度は、エッチング深さを触針式表面荒さ計で測定し、エッチング時間で割ったものを使用した。

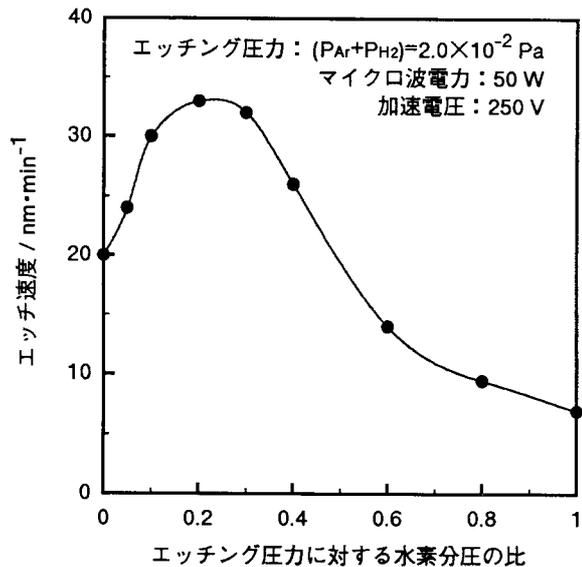


図2 ITOエッチ速度の H_2 添加量依存性

図2に、ITOエッチ速度の H_2 添加量依存性を示す。エッチング圧 ($P_{Ar}+P_{H_2}$) に対して、 H_2 分圧 (P_{H_2}) が20%前後で、Arのみ(以下Arと記す)のエッチングに対して2倍近くのエッチ速度が得られる。しかし、 H_2 分圧が40%を越えるとArの方がエッチ速度が早く、 H_2 のみ(以下 H_2 と記す)ではArの半分にも満たないエッチ速度となっている。

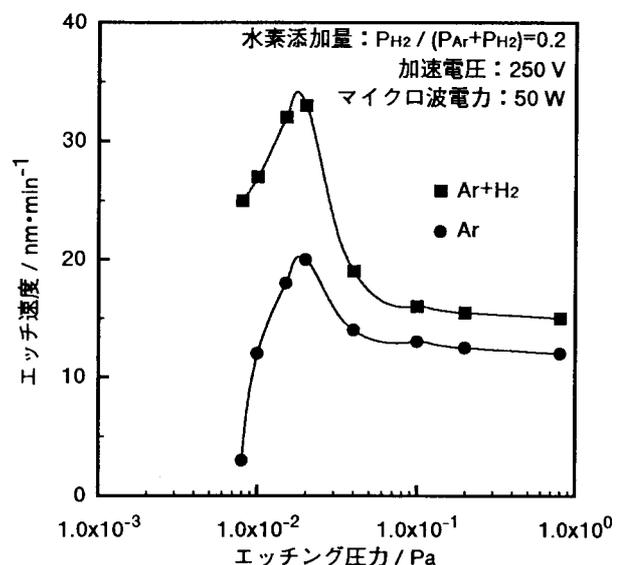


図3 ITOエッチ速度の圧力依存性

図3にITOエッチ速度の圧力依存性を示す。Ar+H₂及びAr共に 2×10^{-2} Pa付近でエッチ速度が最大となる。この圧力範囲では、Ar+H₂によるエッチングがArによるエッチングよりもエッチ速度が早い。特に低圧側でその差が大きくなる。また、Ar+H₂では最大エッチ速度のガス圧を境に、圧力の増加と共に急激にエッチ速度が低下し、 1×10^{-1} Pa付近でArエッチングのエッチ速度とほぼ同等となる。

以上の結果は、次のことが原因と考えられる。

Arのエッチングは、不活性なAr⁺によるイオンエッチングであり、Arのイオン化ポテンシャルは15.8eVである。一方、H₂はH₂⁺になるイオン化ポテンシャル(15.4eV)がH-Hの解離エネルギー(4.48eV)の約3倍であり、H⁺になるイオン化ポテンシャル(13.6eV)もH₂⁺に比べ小さい。すなわち、H₂分圧の高いエッチングでは、H-Hの解離によるH⁺, H*のイオン及びラジカルエッチングが主となる。Ar⁺とH⁺のイオンエッチングでは、質量数が大きくスッパタエネルギーの大きいAr⁺のエッチ速度が早い。また、図4のITOエッチ速度のイオン加速電圧依存性が示すように、イオンエッチングが関与しない加速電圧0V、すなわちH*のみによるラジカルエッチングではエッチ速度2nmと遅い。従って、H₂分圧の高いエッチングでは、Arでのイオンエッチングに比べエッチ速度が遅くなる。逆に、H₂分圧が適度であれば、Ar⁺イオンエッチングとH⁺, H*の反応性イオン及びラジカルエッチングが作用し、早いエッチ速度が得られる。特に、低ガス圧ではH⁺, H*の放出に有利であるため、図3の様な結果が得られる。

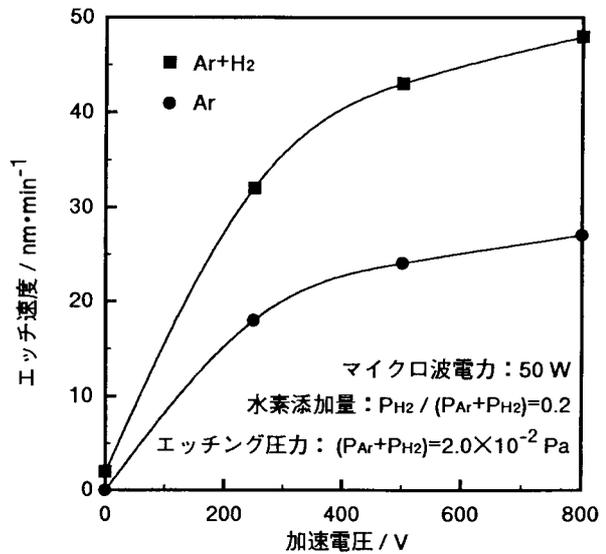


図4 ITOエッチ速度のイオン加速電圧依存性

以上の結果からAr+H₂によるITOのRIBEで、以下の結論を見いだすことができた。

- 1) 水素ラジカル(H*)は、ITOエッチングの反応種として有効である。
- 2) H₂分圧を適度に調整(特に低圧力で)することにより、効果的にITOをエッチングすることができる。

参考文献

- 1) 例えば, M. Mohri, H. Kakinuma, M. Sakamoto and H. Sawai: Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 29 (1990) pp.1932.
- 2) H. Sakaue, M. Koto and Y. Horiike: Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 31 (1992) pp.2006.