

GCIB を用いた原子層エッチングによる Si_3N_4 膜の極薄化 及びその耐圧性評価

Ultra-thinning of Si_3N_4 membrane by atomic layer etching using GCIB and evaluation of the pressure resistance

兵庫県大工 °竹内雅耶, 藤原怜輝, 豊田紀章

Grad. school of Eng., Univ. of Hyogo, °Masaya Takeuchi, Reki Fujiwara, Noriaki Toyoda

E-mail: m_takeuchi@eng.u-hyogo.ac.jp

X線光電子分光 (XPS) は原子の結合状態を高精度に分析できる手法として応用が進んでいるが、超高真空中 (10^{-6} Pa 以下) での測定であるため、液中の材料評価には光電子透過窓を有する溶液セルが必要である。先行研究で膜厚 5 nm の Si_3N_4 膜を用いた XPS 測定が行われているが[1], それでも光電子の透過率は 20%程度で、仮にその膜を 2 nm まで薄くできれば光電子透過率は 50%以上になり励起された光電子の検出感度は大きく向上する。本研究では、ガスクラスタライオンビーム (GCIB) 照射と原子層エッチング (ALE) を利用し、 Si_3N_4 膜のさらなる薄化、及びサブナノオーダーでの膜厚制御を試みる。ここで、GCIB は数千個の原子が緩やかに結合しクラスター化したビームであり、数 eV/atom の超低エネルギー照射によって通常のプラズマエッチングでは実現できない低損傷エッチングが可能となる。また、原子層エッチングはサンプル表面への分子吸着及びその改質層の除去により、原子一層〜数層をエッチングする技術である。我々は GCIB と ALE を組み合わせ (GCIB-ALE) により、 Si_3N_4 メンブレンの機械特性を保持しつつ、Å オーダーの膜厚制御が可能となると考えた。これらの特徴は、極薄かつ耐圧性が要求される光電子透過窓にとって有利である。実験は、吸着分子として金属 ALE で一般的に用いられるアセチルアセトン及びヘキサフルオロアセチルアセトンを用い、10 kV, 1800 nA の Ar-GCIB 照射により行われた。Fig. 2 に、1 サイクル毎の照射時間—エッチング深さ特性を示す。各吸着ガスで、一定時間が経過するとエッチング深さが変化しないことが示された。これは、吸着ガスによる Si_3N_4 膜の改質層のみが除去され、その後 Si_3N_4 膜が露出しエッチングが自己停止したことを示している。我々は GCIB-ALE により Si_3N_4 の膜厚を Å オーダーで制御可能なことを確認した。講演では、この ALE 特性の詳細及び GCIB-ALE により数 nm まで極薄化された Si_3N_4 メンブレンの耐圧性について議論する。

[1] R. Endo et. al., *Appl. Phys. Lett.*, **114**, 173702, (2019)

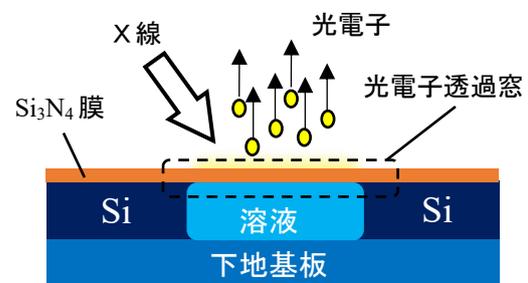


Fig. 1 Schematic of environmental cell

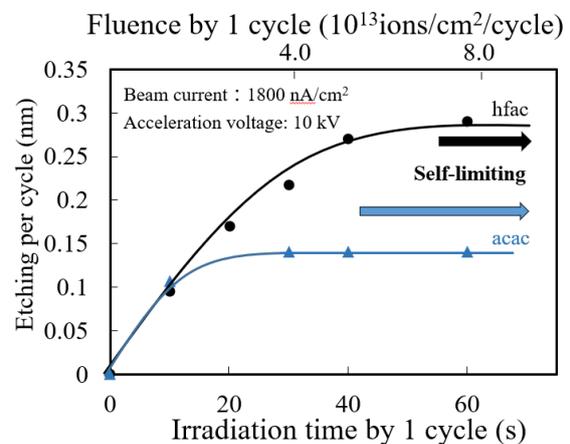


Fig. 2 Irradiation time vs. EPC