

第二十九回 イノベーションが生まれる時

～高密度プラズマ，チャージングダメージ，日本のドライエッチング技術が世界をリードした 1980～1990 年代，そして今，産学連携のあるべき姿～最先端半導体開発に対する世界の取り組み

野尻 一男 ナノテクリサーチ

2024年2月10日（土）9：00～

モデレータ 石川 健治

概要

日立製作所でのプラズマエッチング技術やプロセス中のチャージダメージ現象の研究に加え，米国の Lam Research 社での先端ドライプロセスの研究と合わせた 40 年以上の研究をご説明いただいた。さらに，これまでの国内外の豊富な知識と経験から，日本が世界の半導体産業をリードしていた 1980～1990 年代と現在を鑑みることで，いま日本でイノベーションを起こすために必要なこと，そして産学連携のあるべき姿を語って頂いた。

日本の半導体企業のマーケットシェアは 1980 年代のピーク時には 50%以上にも及んでいた。1970 年代の主流は，1 度に複数枚のウェハ処理が可能な CCP(Conductively Coupled Plasma)型のバッチ処理方式をとっており，圧力 10 Pa 程度の電子密度 $10^9 \sim 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ のプラズマ装置であった。その後，ウェハの大口径化と微細化が進むにつれ 1 枚毎に処理する枚葉処理が主流へと変移していった。枚葉処理によるスループットの低下を改善するために，高密度プラズマ装置が必要となり様々な研究開発が始まった。日立製作所では，異方性エッチングを満たす高密度プラズマを生成するべく，ECR(Electron Cyclotron Resonance)装置に着目し研究をスタートさせた。電子密度 $10^{11} \sim 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 程度の低圧・高密度プラズマの生成に成功し，量産装置を開発するとともに様々な材料の高速異方性エッチングのプロセスを実現した。K. Nojiri et al., J. Vac. Sci. Technol. B 14, 1791 (1996)。

1980 年代のプラズマ装置開発と合わせて，プラズマ内の荷電粒子による半導体へのチャージングダメージが大きな問題となり，メカニズム解明が急務となっていた。講演者らは，プラズマからウェハへの荷電粒子の流入の不均一性が，ゲートポテンシャルの不均一分布を生じさせダメージをもたらすことを解明した。他にも国内ではパターン形状の加工の際に生じる電子シェーディングダメージの発生メカニズムなども報告されており，日本では世界に先駆け，プラズマによるチャージングダメージの解明およびダメージ抑制のためのハード・プロセス上の対策が進んでいた。

最後に，これまでの半導体産業のイノベーションは強力なニーズ志向から生まれており，日本半導体産業の再興には多くの技術者・研究者がメーカの垣根を越えた研究開発と明確な社会実装を目的として産学連携の推進が重要である。とご助言いただき，本講座は終了した。(記：堤 隆嘉)

日本が世界をリードしたチャージングダメージ研究

1980年代後半から1990年前半にかけて，日本の半導体メーカーがチャージングダメージの研究を尽くして，発生メカニズムから対策までの全貌が明らかになった

日立

- MNOSによるチャージング定量評価: Y. Kawamoto, SSDM (1985)
- アンテナ効果: K. Tsunokuni and K. Nojiri, SSDM (1987)
- チャージングダメージ発生メカニズム: ECRエッチャーのチャージングダメージ低減(RF周波数依存性): K. Nojiri and K. Tsunokuni, JVST (1993)
- ゲート破壊のメカニズム(定電流ストレスモデル): K. Nojiri and K. Tsunokuni, JVST (1993)
- バイアスパルシングを用いた電子シェーディングダメージ低減: K. Nojiri et al, DPS (1999)

東芝

- RIEにおけるゲート破壊のメカニズム: Y. Yoshida and T. Watanabe, DPS (1983)

松下(現 Panasonic)

- シミュレーション: T. Namura et al, DPS (1990)
- マグネトロンRIEのチャージング低減: S. Nakagawa et al, DPS (1993)

富士通

- 電子シェーディングダメージ: K. Hashimoto et al, JJAP (1993)
- ダメージ電流の直接計測: A. Hasegawa et al, DPS (1997)