

タイトル：プロセス予測のシステム化

担当分野：知的ナノプロセス

## 1. 研究目的

革新的ナノプロセスとプラズマモニタリングを融合することにより、プロセスの予測を可能とするシステムを構築し、インテリジェントなプロセスコントロールを実現する。さらに、プロセス予測システムを実用化する。

## 2. 研究成果の内容

電荷蓄積量センサは現実のコンタクトホールに対応するアスペクト比（深さ/穴径）2~10 のホール形状の上部と下部に電極を設けた構造である。プラズマ照射下で本センサの上下電極電位差は、コンタクトホールでの電荷蓄積ダメージに対応する。測定した電荷蓄積量からシミュレーションにより電位分布を計算し、入射イオン軌道（エッチング形状に大きく影響する）を予測した（図1）。実際のエッチング形状と比較することでイオン軌道の側壁導電性依存性やアスペクト比依存性を予測することに既に成功し、孔間の距離が近いときの孔の歪曲（ツイスティング）も定量的に予測することが出来ている。さらに、数百  $\mu\text{m}$  以上の凹凸がある基板表面での加工を行なうMEMSデバイス製造プロセスにおけるイオン軌道およびエッチング形状を予測するために、電荷蓄積量センサ構造を応用しイオンシース形状を観測するイオンシース形状センサを開発した。シース電圧およびイオン電流の測定値からイオンシースの電位分布を算出して独自に開発したシミュレーションによりイオン軌道を予測することに成功している。

紫外線照射損傷センサは、紫外線照射により  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  などの絶縁膜中に生成する電荷（電子・正孔対）を測定するデバイスで、独自に取得した紫外線誘起電流と欠陥密度に関する膨大なデータベースによりプラズマからの紫外線照射により発生する欠陥を定量的に予測できることを世界で初めて明らかにした。絶縁膜の種類を変えることで、異なる波長特性を持つセンサが得られた。MOSトランジスタへのプラズマ照射損傷（デバイス特性変化）と紫外線照射損傷センサの電流値は強い相関が見られ、本センサにより実際のデバイス界面で発生するダメージを予測できることが実証された。さらに、複数の絶縁膜構造のセンサの測定値と、分光器で得られた紫外線スペクトルとを、ニューラルネットワークを用いて関係付けることで、実際のプロセスにおける紫外線スペクトルを高精度に予測することに成功した。また、紫外線スペクトルと発生する欠陥（E' Center）密度を関連づけるデータベースを用いることで、プラズマ照射に起因する欠陥生成量を予測することに成功した。また、独自に開発したシミュレーションによりアッシング装置における低誘電率膜ダメージ形状の予測に成功し、実際の損傷分布を正確に予測できることを示した（図2）。

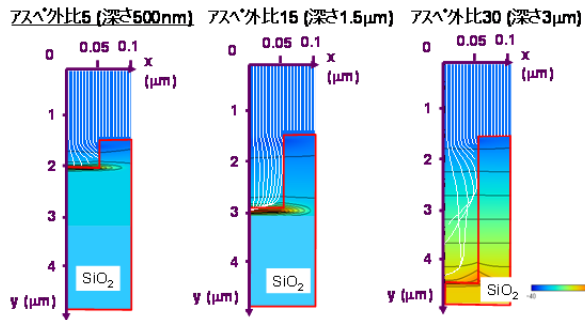


図1 電荷蓄積量測定結果に基づくイオン軌道予測

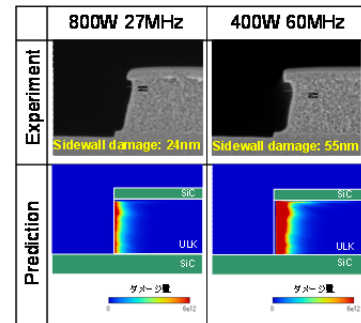


図2 紫外光照射損傷の実測と予測の比較

### 3. 研究成果

#### ① 学術雑誌（査読付き国際会議，解説等を含む）

1. Butsurin Jinnai, Seiichi Fukuda, Hiroto Ohtake, Seiji Samukawa, “Prediction of UV spectra and UV-radiation damage in actual plasma etching processes using on-wafer monitoring technique”, Journal of Applied Physics, Vol. 17 (2010), 043302 (6pp)
2. Michio Sato, Hiroto Ohtake, Seiji Samukawa, “Novel Particle-Reduction System in Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition Process of Interlayer Dielectrics”, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 49 (2010) 04DB13 (4pp).
3. Hiroto Ohtake, Seiichi Fukuda, Butsurin Jinnai, Tomohiko Tatsumi, Seiji Samukawa, “Prediction of Abnormal Etching Profile in High-Aspect-Ratio Via/Hole Etching Using On-Wafer Monitoring System”, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 49 (2010) 04DB14 (5pp).

#### ② 国際会議・国内学会・研究会・口頭発表等

1. 荒木良亮、奥村宏克、陣内佛霖、松永範昭、寒川誠二、オンウェハモニタリングによるPE-CVDプロセスにおけるチャージングダメージの発生メカニズム解明とそのリアルタイム評価、2010年秋季第71回応用物理学会学術講演会（長崎大学）、16a-ZF-5、2010/9/16
2. 荒木良亮、和田章良、三輪和弘、岩崎拓也、小野耕平、寒川誠二、オンウェハセンサーを用いたプラズマエッチングプロセスにおけるシース形状およびイオン軌道予測、2011年春季第58回応用物理学関係連合講演会（神奈川工科大学）、26p-EB-15、2011/3/26

#### ③ その他（特許，受賞，マスコミ発表等）

1. 陣内佛霖、折田敏幸、橋本潤、市橋由成、大竹浩人、寒川誠二：論文“On-wafer monitoring of charge accumulation and sidewall conductivity in high-aspect-ratio contact holes during SiO<sub>2</sub> etching process” (Journal of Vacuum Science and Technology B, Vol. 25, No. 6, pp. 1808-1813, 2007) により応用物理学会プラズマエレクトロニクス賞を受賞（2010）
2. みずほ情報総研（株）により、オンウェハモニタリング技術と連携したプラズマプロセス解析サービスが事業化される。

<http://www.mizuho-ir.co.jp/solution/research/semiconductor/fabmeister/onwafer/index.html>