

**第十一回 教科書に無いプラズマCVDの話**

白谷 正治 九州大学

2022年 8月13日(土) 9:00~

モデレータ 堀 勝

**概要**

集積回路の多層化やトランジスタ構造の3次元化、成膜温度の低温化などプラズマCVDの進化が益々必要とされている。さらなる進化には基本を見直すことが重要と考え、プラズマCVDの基礎、特に、その全体像・表面反応・ダスト生成などについて最近の研究成果を用いてご解説いただいた。

低温プラズマの特異的な特長の1つに室温で超高温の化学反応場をつくることが挙げられる。低温プラズマでは、ガス温度  $T_g$  は室温であるのに対して電子温度  $T_e$  は約3万度と非常に高温な非平衡状態となっている。この高エネルギー電子が化学的活性なラジカルやイオン、光子といった活性種を生成し、原子レベルでの微細加工や成膜を実現している。このように、低温プラズマは半導体デバイス製造の根幹を担っており、いわば『現在の人類の打ち出の小槌』となっている。さらに、現在では非平衡プラズマは農業や医療などのバイオ関連分野への応用も活発に研究されている。

プラズマへの入力電力の20%程度は、バルクプラズマ内のジュール加熱、シースでの統計加熱、表面近傍での2次電子放出加熱などの機構で消費される。また、入力電力の70%程度は、正イオンの電極や容器壁への流出に伴う損失で消費される。すなわち、表面へのイオン入射に伴う電力損失が大部分を占めている。この基板表面へのイオン入射は、表面欠陥を生成するとともに表面温度を上昇させる。CVDプロセスにおいて基板温度は、表面反応を決める極めて重要な物理量である。例えば、 $SiH_4$  を原料とするプラズマCVDにより成膜している  $a-Si:H$  ではダングリングボンドは水素終端されている。しかしながら、基板温度が  $350^\circ C$  を超えると表面終端していた水素がほぼ脱離する。このダングリングボンドの生成により  $SiH_3$  ラジカルの表面反応確率が増加し、成膜速度が飛躍的に増加する。この場合の膜は、膜中の水素終端が不足し欠陥密度が高くなるため半導体としての応用には適さない。 $SiH_4$  の電子衝突解離により生成された  $SiH_3$  ラジカルは、高品質  $a-Si:H$  成膜に主要な役割を果たしている。一方、 $SiH_2$  ラジカルなどの気相2次反応によって生成される **Higher Order Silane (HOS)** やクラスターは膜質の劣化を引き起こす。この問題を解決するためにHOSやクラスターの影響を抑制する成膜装置を開発した。この装置ではガス流制御により、成膜へのHOSやクラスターの影響を1%以下に抑制することに成功した。装置改造や *in-situ* 気相・表面計測を駆使し膜質は成膜前駆体に依存することを解明し、光劣化による発電効率低下が極めて少ない高品質  $a-Si:H$  太陽電池を実現した。

(記: 堀 隆嘉)

**Conclusion 膜質は成膜前駆体に依存する**

**Deposition precursors determine film qualities.**
