

先進プラズマ技術による産業イノベーション

～自律制御型プラズマナノプロセス技術の創成～

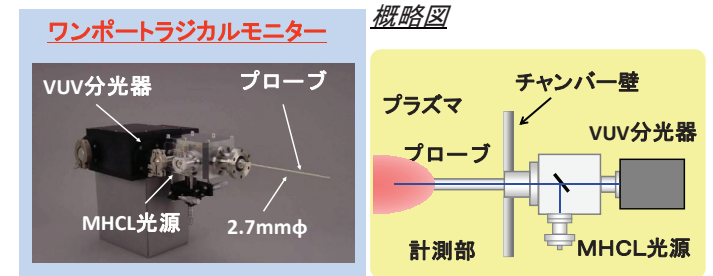
電子情報システム専攻 ナノプロセスグループ 堀 勝, 関根誠, 近藤博基, 竹田圭吾

研究開発の概要

現在のデバイスプロセスでは、ナノサイズでの加工精度が必要とされ、その実現にはプラズマプロセス装置に起因する外部パラメータ（圧力、パワー、ガス流量、ガス混合比など）ではなく、プロセス中での反応に直接影響する内部パラメータ（粒子の密度、種類、エネルギーなど）の制御が極めて重要である。本研究では、小型簡便なラジカルモニターを創製し、このようなプラズマナノ科学を基盤とした自律型ナノプロセス技術およびその装置化に成功した。そして、これまで本研究室にて蓄積した、ラジカル密度比や基板温度に対するエッチング加工形状に関するデータベースから、装置自身が最適なプロセス条件となるように、ラジカル密度比をリアルタイムに制御し、高精度微細加工エッチングを実現する技術を構築した。

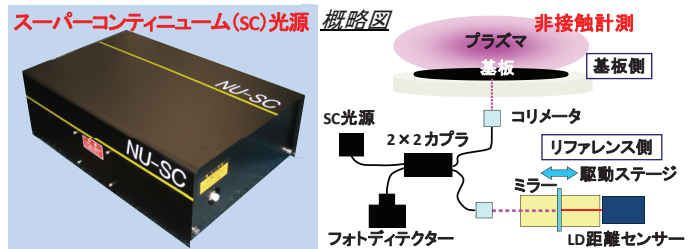
ワンポートラジカルモニタリングシステム

真空紫外吸収分光法を用いたラジカル絶対密度計測システム



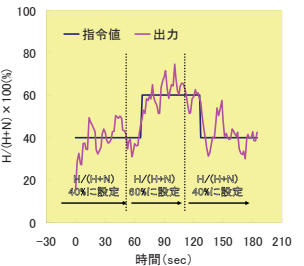
高精度基板温度モニターシステム

光ファイバー型低コヒーレンス干渉計による基板温度計測システム

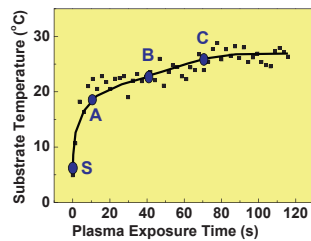


ラジカル密度比フィードバック制御

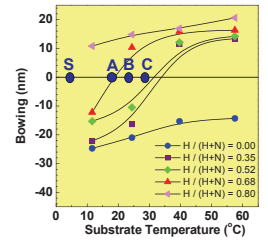
任意の指令値（ラジカル密度比）を設定し、出力（ラジカル密度比）をフィードバックして出力が一定になるように制御



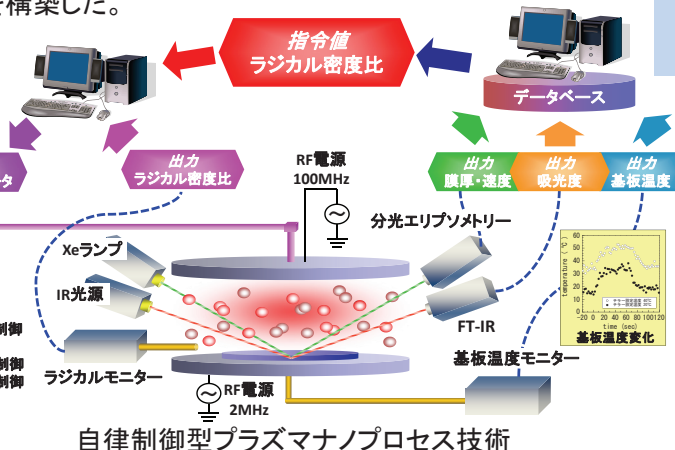
ラジカル密度比制御特性



基板温度のリアルタイムモニタリング



ラジカル密度比と微細加工精度



自律制御型プラズマナノプロセス技術

新規性・独創性

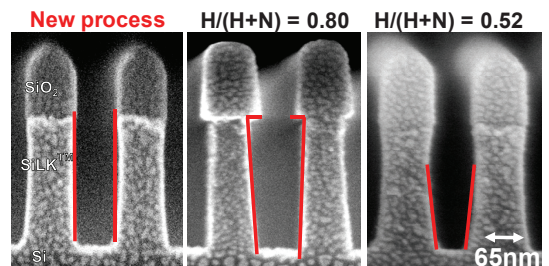
従来のブラックボックス的なプロセス開発から、プロセス反応に寄与するプラズマ内活性粒子の直接制御による高い精度で再現性を実現するプロセス技術の構築が期待される。

応用

- ・半導体デバイス製造
- ・微細加工、薄膜堆積、表面処理工程におけるプロセスモニタリングおよび制御
- ・その他、プラズマプロセス技術全般

企業への期待

プラズマプロセス制御・モニタリング技術のニーズとのマッチングをとり、共同研究開発を進めたい。



加工速度: 147.5 nm/min (new), 175.2 nm/min (conv), 130.2 nm/min (conv)
 横方向: 4.5 nm (new), 14.8 nm (conv), -10.5 nm (conv)
 削れ量: 4.5 nm (new), 14.8 nm (conv), -10.5 nm (conv)

基板温度に追従したラジカル制御と従来技術との比較

先進プラズマ技術による産業イノベーション

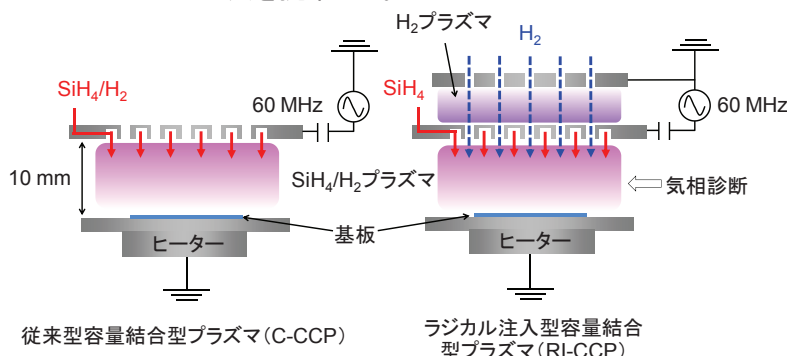
～ラジカル注入型プラズマ化学気相堆積法による太陽電池素子製造技術の構築～

電子情報システム専攻 ナノプロセスグループ 堀 勝, 関根誠, 近藤博基, 竹田圭吾

研究開発の概要

シリコン薄膜太陽電池は、省資源、低コスト化が可能であることから注目されている。アモルファスシリコン、微結晶シリコンがその光吸収層に用いられており、現在、プラズマ化学気相堆積法(PECVD)がそれらの作成方法として主流である。

低コスト化のためには、シリコン薄膜の高品質かつ高速成膜が必要不可欠である。微結晶シリコンを高速成膜するためには堆積前駆体の増加と、結晶化に必要な水素ラジカルを十分に成膜表面に供給する必要がある。これまでに高圧枯渇法という手法が提案され、デバイスグレードの膜が2 nm/sという高成膜レートで得られている。しかし、更に成膜レートを増加させると発電効率が低下してしまうという問題がある。そこで、本研究グループではラジカル注入PECVD法を提案した。



新規性・独創性

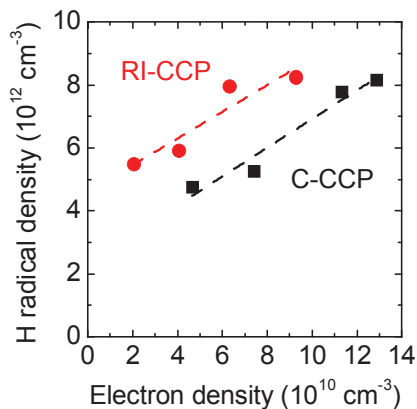
水素ラジカル注入により、 SiH_4 を過剰に枯渇させない状態で、結晶化に十分な水素ラジカル密度を供給できる。それにより更に多くの堆積前駆体を供給できるため堆積速度を向上させることが可能である。高水素ラジカル密度、従来型よりも低いプラズマ密度(低 SiH_4 枯渇率)での結晶化を実現した。

応用

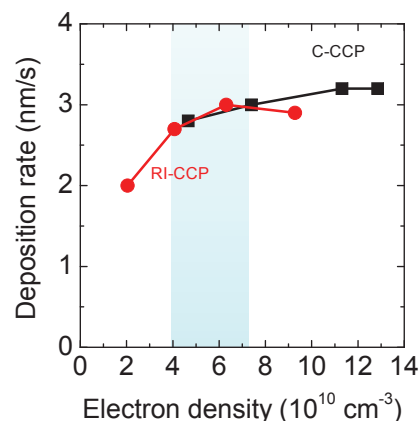
- ・太陽電池素子製造
- ・微細加工、薄膜堆積、表面処理工程における反応活性種制御技術
- ・その他、プラズマプロセス技術全般

企業への期待

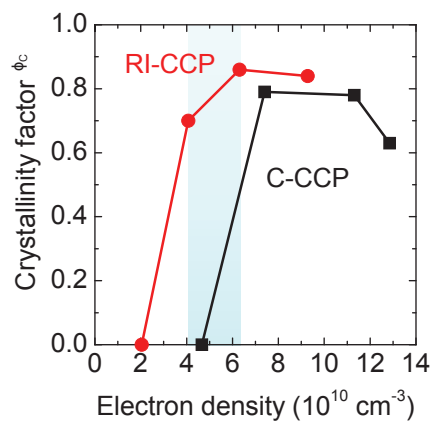
プラズマプロセス技術の高度化およびラジカル供給プロセスのニーズとのマッチングをとり、共同研究開発を進めたい。



Hラジカル密度の電子密度依存性



堆積速度の電子密度依存性



結晶化率の電子密度依存性