

プラズマによる半導体処理装置

研究者	菅 野 卓 雄 氏	東京大学工学部 教授
開発企業代表者	林 主 税 氏	日本真空技術株式会社 代表取締役社長
(推薦者)	堀 川 清 司 氏	東京大学 工学部長)



菅 野 卓 雄 氏



林 主 税 氏

1. 技術の背景

半導体製造分野において高集積化が急速に進み、それに従い使用される被膜の高品質、高信頼性が強く要求されている。半導体製造の基板処理工程において、層間絶縁膜、ゲート絶縁膜、表面保護膜、拡散マスク用絶縁膜などの酸化膜や窒化膜の形成処理は重要なものの一つであり、これらは、シリコン半導体の場合熱酸化法やCVD（化学気相堆積）法などで形成されている。熱酸化法は基板表面を加熱酸化させ、CVD法は基板表面に膜を堆積させるが、いずれも1,000℃以上の高温で処理するため、基板の熱歪や拡散物質の再拡散などを避けることが不可能であり、低温での処理法が望まれていた。また、ガリウムヒ素などの化合物半導体の場合は湿式の陽極酸化法が用いられているが、形成膜の分解、溶液からの汚染等の問題があり、ドライプロセス化が望まれていた。

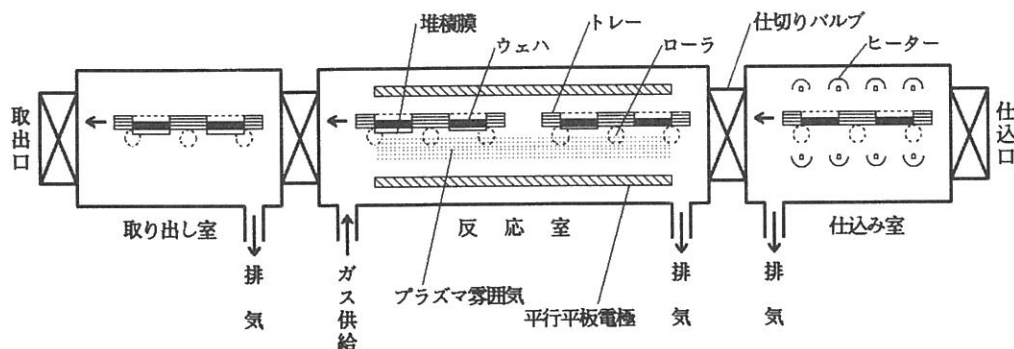
一方、太陽電池の開発が各方面で活発に行われており、アモルファスシリコン（a-Si）半導体を用いた太陽電池は高性能かつ低コスト化が期待できることから特に注目されているが、このa-Si半導体層を形成するには、CVD法では1,000℃以上の高温での処理になるため非晶質とならず、また、他の蒸着やスパッタリング法でも良質の膜を形成することができなかった。

2. 技術の概要

反応性のガスをプラズマ化させると、化学的に活性なイオンやラジカルとなり、高温にしなくても物質と反応しやすくなる。本技術はこの性質を利用し、基板を低温に維持したまま基板表面を直接酸化させるプラズマ酸化技術を確立するとともに、プラズマ技術をさらに発展させ、複数のガスを導入し、このガスをプラズマにより活性化して反応させ、低い温度で基板表面に各種の膜の堆積を行うプラズマCVDのインライン式量産装置を完成させた。現在、この装置がa-Si半導体による太陽電池の製造に広く用いられている。

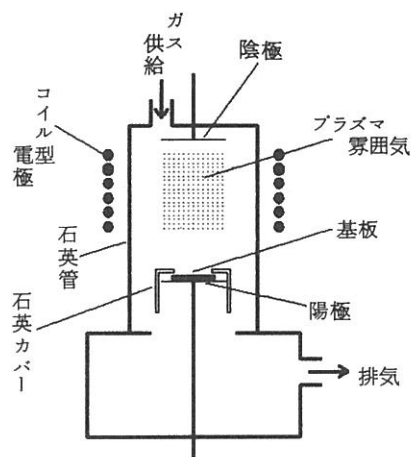
プラズマCVD装置は、反応室、平行平板型電極、高周波電源、ガス供給・排気系、各種制御系から構成されており、反応室の前後には仕切バルブで区切られた仕込み室と取り出し室が設けられ、基板はトレーに乗って移動し反応ガス雰囲気中を通過する（図参照）。300℃程度の低い温度で膜形成を行い、また、堆積面を下に向けて移動させるため塵などによる欠陥が極めて少ない均質な非晶質膜などが得られる。

a-Siによる太陽電池は、ガラス基板に付けた透明電極上にp、i、n型の各a-Si半導体層を積層し、電極、保護膜を重ねて製造する。本装置によるとp型層ではモノシラン（ SiH_4 ）にジボラン（ B_2H_6 ）を、i型層では SiH_4 を、n型層では SiH_4 にフォスフィン（ PH_3 ）のガスをそれぞれ水素（ H_2 ）ガスなどで希釈して導入し、プラズマ化して反応させ、ほう素（B）がドーピングされたp型層、a-Siだけのi型層、リン（P）がドーピングされたn型層の特性の良い半導体層を積層させることができる。これによって安価で性能の良いa-Si太陽電池の製造が可能となり、電卓用電源などとして大量に生産されるようになった。



インライン式プラズマCVD装置構造図

一方、プラズマ酸化装置は、石英製反応管の外側に巻いたコイル型電極により、放電管内部に導入した酸素ガスをプラズマ化させ、半導体表面を急速に酸化させるもので、プラズマ雰囲気と基板との距離を変えて温度調節ができるようにしてある。化合物半導体の場合は、100℃を越えるとひ素などが蒸発してしまうが、この装置は20～50℃の低温で酸化処理できるため、ひ素などの蒸発を防ぐことができる唯一のドライ



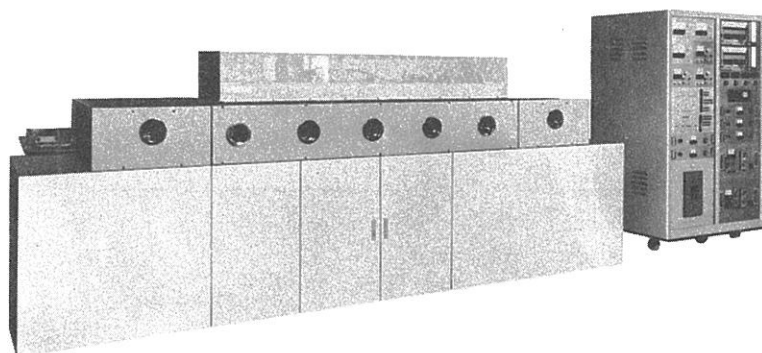
プラズマ酸化装置構造図

プロセス装置である。また、シリコン半導体においても300～500℃と従来の半分以上の温度で処理でき、超高密度素子の製造装置として期待される。

3. 効 果

本技術は、低温で膜の堆積や酸化処理ができるので、基板の熱歪や拡散物質の再拡散のほか、非晶質の結晶化やバードビーク（酸化膜がマスクの下に潜り込む現象）などを防ぐことができる。特に本装置が完成して以来、安価で性能の良いa-Si半導体を用いた太陽電池が大量に生産されるようになり、日本におけるa-Si半導体太陽電池の生産装置の8割以上が本装置で占められている。

また、シリコンよりも高速動作に適しており、将来主流になるであろうガリウムひ素などの化合物半導体の酸化処理では唯一の低温ドライプロセスであり、さらに、今後高集積化が進むシリコンの超高密度素子製造においてもより高品質の被膜が要求されていることから、この装置は、半導体製造における主要設備の一つとなるものと予想される。



インライン式プラズマCVD装置