SiN_x 膜生産用インライン式プラズマ CVD 装置*

松沢 昭生**・伊藤 隆生**・石川 裕一**・柳田 博司***

(昭和55年1月28日 受理)

In-line Plasma CVD System for Producing SiN_x Films

Akio MATSUZAWA**, Takao ITOH**, Yuichi ISHIKAWA** and

Hiroshi YANAGIDA***

**(ULVAC Corp. 2500 Hagisono, Chigasaki, Kanagawa)

*** (Institute for Super Materials ULVAC Corp. Sanbu-gun, Chiba)

1. はじめに

窒化シリコン膜は耐 Na イオン性、耐水性にすぐれており半導体デバイスの最終パッシベーション膜として有効である。従来窒化シリコン膜は1000℃近い高温でしか生成されなかったが、反応性ガスのグロー放電を利用す

るプラズマ CVD 法では 300℃以下で膜生成が可能であり、従って被膜プロセスの連続化による膜質の制御及び生産の効率化が可能である。ここでは半導体ウェハのトレイ搬送方式によるインライン式量産装置を製作したのでその構造・性能等について報告する。

2. 装置の構成

装置の仕様を Table 1 に示す。

この装置は長方形の反応室を有し上方の基板電極と下方の RF 電極間で反応性ガスのプラズマを発生させる。ウェハの被覆面を下向きに保持したトレイは仕込中間室から反応室を経て取出中間室へ搬送される。トレイの搬送系を Fig. 1 に示す。

トレイの搬送、仕切りパルプの開閉、排気操作等はシーケンスコントローラーによって自動的に行われるが手動操作も可能である。トレイの駆動機構にはローラー方式を用いている。反応性ガスはマスフローコントローラーによって制御され、複数のノズルからトレイの移動方向に対して直角に噴出され、反応ゾーンを横切って速やかに排気される。排気系は反応室・仕込中間室・取出中間室についてそれぞれ独立に設備されている。排気系統図を Fig. 2 に示す。

Table 1 Specifications of in-line plasma CVD system

Capacity	1 pc/min 3" ϕ Si wafer
Substrate	3" ϕ , 4" ϕ Si wafer
Substrate heating	300°C
Type of reactor	Parallel diode, rectangular reaction zone "deposition-up"
RF power	13.56 MHz 5 kW (max) Auto matching controller
Pumping unit	Operation pressure 0.1~0.3 Torr PMB-006+D-650D $\times$ 4 (process chamber) PMB-001A $\times$ D-330D $\times$ 2 sets (load-lock chambers)
Gas	SiH ₄ /N ₂ or SiH ₄ /N ₂ +NH ₃ Auto flow controller
Control unit	Manual or Auto Sequential control

*昭和54年11月15日 第20回真空に関する連合講演会にて講演 (15a-8)

**日本真空技術株式会社 (神奈川県茅ヶ崎市)

***日本真空技術株式会社超材料研究所 (千葉県山武郡)

Fig. 1 Transfer units of in-line plasma CVD system.

Fig. 2 Construction of the production reactor.

3. 装置の性能

3.1 排気性能

反応室の到達圧力は 4×10^{-4} Torr (5×10^{-2} Pa) であり、排気開始後10分で 5×10^{-4} Torr (7×10^{-2} Pa) となる。両中間室は1.5分で 1×10^{-3} Torr (1.3×10^{-1} Pa) に達する。反応室の排気能力は0.2 Torr (25 Pa) において $1.7 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ の窒素ガスを排気できる。

Fig. 3 Uniformity of plasma deposited SiNx films.

Fig. 4 Tray-to-tray uniformity.

トレイはすき間なく並べられた状態で RF 電極上を移動してゆくため RF 電極—トレイ間で安定した放電が行われる。下方の RF 電極は昇降機を装備しており電極間距離が可変できる。

3.2 付着速度

付着速度は RF 出力の増加とともに大きくなるが、膜厚分布との兼ね合いから 2 kW の出力が最適であることが予備実験により確かめられている。反応ガスに窒素ベースのモノシランガスを使用した場合、付着速度は約 $230 \text{ Å} \cdot \text{min}^{-1}$ であるが、アンモニアを添加することによって $250 \sim 300 \text{ Å} \cdot \text{min}^{-1}$ にレートアップすることが確かめられた。

3.3 膜厚分布

プラズマ CVD 法によって窒化シリコン膜の生成を行う場合、膜厚分布に影響を与える因子としては生成温度 RF パワー、圧力、等のものがあるが、ガスの流し方は重要な因子である。高周波出力 2 kW、反応室圧力 0.2 Torr (25 Pa)、ガス流量 $1.5 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ の時膜厚分布は $\pm 5\%$ 以内である。Fig. 3 に1つのトレイ内の膜厚分布を示す。

連続してトレイを搬送した時のトレイ間の膜厚分布の一例を Fig. 4 に示す。

3.4 析出膜の性質

本装置で作られた窒化シリコン膜の性質を AES 分析、BHF エッチレート、及び赤外吸収スペクトルによって調べた。

1) AES 分析

Fig. 5 In-depth profile of plasma deposited SiNx film (In-line system).

AES 分析の結果、膜中には若干の F と O を含むことが認められた。これは反応室をクリーニングする際使用した CF_4 と系内の壁からの放出ガスによるものと考えられる。**Fig. 5** に膜の深さ方向の組成変化を示す。

この結果深さ方向の N/Si 比は一定であり均一組成膜が形成していることが認められる。プラズマ CVD 法で生成した膜は高温 CVD 法による膜とちがって屈折率 $n=2.0$ の膜でもストイキオメトリーからややシリコンリッチである。

2) BHF エッチレート

フッ化水素酸緩衝溶液によるエッチング速度は $40 \sim 60 \text{ \AA/min}$ であり緻密な膜が生成していることが判る。

3) 赤外吸収スペクトル

赤外吸収スペクトルにおいて 840 cm^{-1} 付近に大きな Si-N 吸収が観察されたことから窒化シリコン膜であることが同定できた。他にシランガスの分解生成物であると思われる弱い Si-H の吸収ピークが観察された。

4. ま と め

容量結合方式による高周波放電を用いて長方形の反応ゾーンをもつインライン式プラズマ CVD 装置を試作した。窒化シリコン膜の作表実験による評価の結果、基板温度 300°C で $230 \text{ \AA/min}$ の付着速度で $5000 \text{ \AA}$ の SiNx 膜を $76 \text{ mm}\phi$ のシリコンウェハ上に 1 枚/分の割合で生産できることが確認された。

謝 辞

本装置の開発は新技術開発事業団の御援助の下に行われた。また装置の設計・製作に当たっては東京大学の菅野教授及び日立武蔵工場の吉見技師に御助言いただいた。ここに感謝の意を表する。