

機器紹介 半導体熱処理装置（酸化、拡散、CVD）を用いたシリコンウェーハ上への薄膜形成

キーワード：半導体熱処理、不純物拡散、LPCVD、シリコン、薄膜、窒化膜、ポリシリコン

概要

半導体熱処理装置(酸化炉、拡散炉、LPCVD装置)は、シリコンウェーハの薄膜形成に用いられており、半導体製造工程において重要な役割を果たしています。LPCVDは、Low Pressure Chemical Vapor Depositionの略で、低圧化学的気相成長法と呼ばれています。当研究所では、「半導体熱処理装置(酸化炉、拡散炉、LPCVD装置)」として、光洋サーモシステム(株)製、MODEL-274A-M400、274ALP-M400を導入しています。この装置にて作製可能な薄膜、不純物拡散は次のようなものがあります。

- ・熱酸化膜 (SiO₂)
- ・不純物拡散 (リン、ボロン)
- ・CVD 窒化膜 (Si₃N₄)
- ・CVD 多結晶シリコン膜(poly-silicon)
- ・CVD 酸化膜 (SiO₂)

仕様

本装置は8本の横型石英炉心管を持つ電気炉で構成されています。内訳は、3本の酸化炉(2本は水蒸気酸化、1本はドライ酸化)と、拡散炉(リン)、拡散炉(ボロン)、CVD 窒化膜成膜炉、CVD 多結晶シリコン成膜炉、CVD 酸化膜成膜炉、それぞれ1本からなります。図1にLPCVD装置(窒化膜成膜用炉)において、2インチウェーハの炉への挿入の様子を示しています。

主な仕様について以下に示します。

- ・石英管 φ140 8本
- ・処理可能ウェーハ 2~4インチ
- ・常用温度範囲 400~1150℃
- ・均熱長 250mm(4インチ最大20枚)

表1に熱酸化膜の成膜時間と酸化膜厚の関係を示し、表2にLPCVD膜の成膜条件を示します。

用途

シリコン熱酸化膜の成膜方法として、水蒸気酸化(wet)とドライ酸化(dry)があります。水蒸気酸



図1 LPCVD装置(窒化膜成膜炉)

表1 熱酸化膜の成膜時間と膜厚の関係

温度	時間	酸化膜厚
1140℃(wet)	90min	760nm
1000℃(wet)	440min	1000nm
1000℃(dry)	60min	50nm

表2 LPCVD膜の成膜条件

成膜	流量	真空度	成膜温度	成膜速度
CVD 窒化膜	SiH ₂ Cl ₂ :15sccm, NH ₃ :60sccm	26Pa	780℃	5nm/min
CVD 多結晶シリコン膜	SiH ₄ :48sccm	26Pa	600℃	15nm/min
CVD 酸化膜	SiH ₄ :10sccm, O ₂ :50sccm	13Pa	370℃	10~13nm/min

化は、ドライ酸化より成膜速度が早いという特徴があり、集積回路の素子分離用などの厚い酸化膜の成膜に用いられています。一方ドライ酸化は、水蒸気酸化より緻密な酸化膜が得られ、MOS-FET のゲート酸化膜等の成膜に用いられています。

拡散炉は、シリコンの p 型、n 型層形成に用いられ、pn 接合によるバイポーラトランジスタの作製等に用いられています。不純物源には、 POCl_3 , BBr_3 のバブラーを用いています。

CVD 窒化膜は、選択酸化や、表面保護膜に用いられています。CVD 多結晶シリコン膜は、FET ゲートに用いられ、CVD 酸化膜は、層間絶縁膜に用いられています。また、それぞれの薄膜は、マイクロマシニングの構成材料としても用いられています。

応用例 1 集積回路

当研究所マイクロデバイス開発支援センターでは、半導体熱処理装置をはじめ、各種半導体プロセス装置を揃えており、集積回路やマイクロセンサの作製が可能です。図 2 に当研究所で作製した CMOS 集積回路を示します。デザインルールは $8 \mu\text{m}$ 、チップ寸法は、 $6 \text{mm} \times 6 \text{mm}$ です。また、1 チップ上に作製可能なトランジスタ数は数千程度です。回路規模は大きくありませんが、マイクロマシニングとの混在が可能です。

応用例 2 赤外線センサ

当研究所において作製した赤外線センサについて紹介します。図 3 に赤外線センサの断面図を示します。基板には、Si 基板を用いており、検知部は、熱応答を良くするためにマイクロマシニング技術を用いてメンブレン構造にしています。メンブレンの断面は、 $\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2$ の積層膜になっています。理由は、引張り応力を有する窒化膜と、圧縮応力を有する酸化膜を積層することにより、最適な応力分布を実現し、膜の歪みに

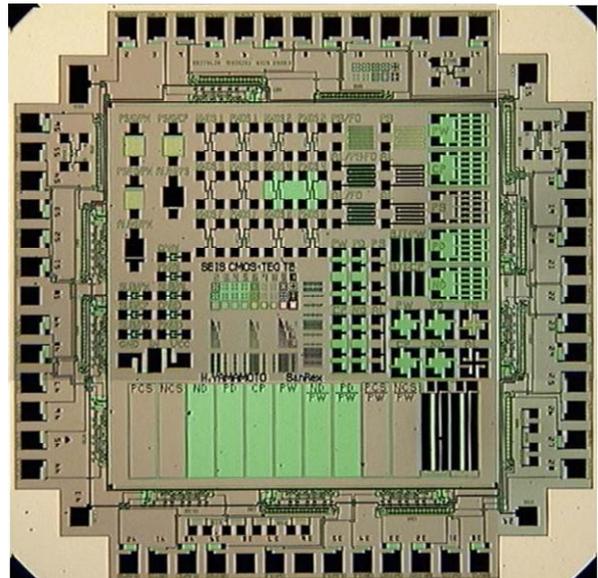


図2 CMOSFET 集積回路

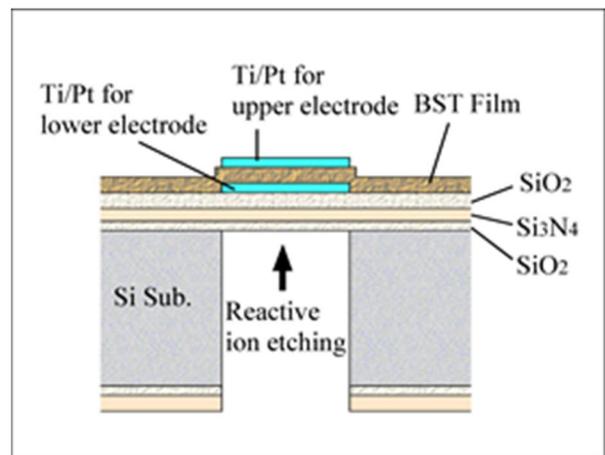


図3 赤外線センサの断面図

よるクラックを防止するためです。また、赤外線センサの種類は、熱型の誘電ボロメータ型赤外線センサを用いています。検知用キャパシタには、誘電率の温度依存性が大きい強誘電体薄膜である、 $\text{Ba}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{TiO}_3$ (BST) 薄膜を用いています。

おわりに

本装置は、集積回路、センサの開発に最適な装置です。生産および研究用として、ご利用できますのでご相談下さい。