

審査の結果の要旨

論文提出者 久保田 雅則

本論文は、”Thermal Conductivity Pressure Sensors on the Basis of Ultra-Fine Silicon Structures (超微細シリコン立体構造を用いた熱伝導圧力センサ)”と題し、大規模集積回路(VLSI)と微小電気機械システム(MEMS)を集積したセンサネットワークノードの例として、超微細加工技術を駆使した 50 nm 幅 5 μm 深さの微細トレンチをシリコン基板上に加工し、68 気圧まで動作するピラニ式圧力計を実現したものであり、英文 6 章から構成されている。

第 1 章は序論であり、ガスセンサ・ガスパンプ・圧力計・制御演算装置・エネルギー源・通信装置などを 1 cm 程度の大きさで集積化した「集積化ガスシステム」を用いた大気モニタリングの重要性と、CMOS 回路と MEMS の集積によりそれを実現する手法について、過去の MEMS 圧力計の研究例を参照しつつ述べている。

第 2 章では、本研究における加工技術の核であるシリコンの深掘りエッチング技術について述べ、幅 500 nm 未満、アスペクト比数十の微細トレンチの形成法を解説している。

第 3 章では、サブミクロンサイズの空隙を用いることで大気圧近傍でもピラニ圧力計による圧力計測が可能になる原理と設計指針を示し、Silicon-On-Insulator (SOI) 基板上に幅 250 nm のトレンチを用いて作製したマイクロピラニ圧力計の設計と作製法について述べ、試作の結果として 4 Pa から 1×10^5 Pa (大気圧) までの圧力計測結果を示している。

第 4 章では、前章で作製したシリコン製ピラニ圧力計の測定可能圧力範囲を高圧側に拡張すべく、シリコントレンチの内部表面に超臨界流体製膜法により Cu を製膜する手法を考案し、幅 50 nm、深さ 5 μm の超微細トレンチを用いたピラニ圧力計の作製に成功した。超臨界流体製膜は微細孔内部の均一表面被覆に適した手法として開発されてきたが、実デバイスに関してその有用性が明確に示されたのは本例が初めてである。また、シリコン表面を Cu で被覆することはピラニ圧力計の感度向上に貢献することを、実験とモデリングの両面から実証した。

第 5 章では、今後の VLSI 集積 MEMS 作製に向けた設計指針を述べている。

第 6 章は結論であって、本研究で得られた成果を総括するとともに将来展望について述べている。

以上のように、本論文は、シリコン VLSI と集積が容易かつ大気圧近傍で圧力計測が可能な真空計としてピラニ圧力計に着目し、シリコン深掘りエッチングと超臨界流体製膜の組み合わせによる新規作製プロセスを用いて幅 50 nm の超微細空隙を実装し、68 気圧までの圧力計測に成功したものであり、電気電子工学に貢献するところが少なくない。

よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。