

# 風速・風向センサ用 ポリシリコン・ヒータの特性改善

中国職業能力開発大学校

附属福山職業能力開発短期大学校

市田 憲治

春口 良博

Improvement on Poly-silicon Heater for Sensors

Kenji ICHIDA and Yoshihiro HARUGUCHI

**要約** ポリシリコン・ヒータを使用した風速・風向センサの開発を行ってきたが、センサ出力に電氣的不安定性を伴っていた。このセンサは微風を測定するため、センサ自体のわずかな電氣的変動も問題となる。そこで種々の評価を繰り返し、電氣的不安定性の原因を追求した。その結果、酸素プラズマ処理による2酸化シリコン膜が電氣的不安定性の原因であることが判明した。プラズマ処理のプロセス条件を変更することにより、安定したセンサ出力を得ることができた。

## はじめに

平成12年度の事業主団体方式研究開発事業（F方式）で風速・風向センサの開発を行った<sup>(1)(2)</sup>。その用途は半導体製造装置内部の風速・風向を測定するものであり、測定すべき風速の値は0.3m/s程度の微風である。図1、2に示す中空構造のポリシリコン・ヒータをセンサとすることにより、目的とする風速・風向をセンスできることを確認した。しかし、風速・風向センサの試作は10数回以上になるが、風速・風向センサの出力電圧に不安定性の問題があった。本報告は、風速・風向センサの電氣的安定性の改善について報告する。

## 風速・風向センサの電氣的不安定性

風速・風向センサの評価回路を図3に示す。図3で測定した一例を図4に示す。図4において「初期特性」とは、サンプルの試作完了後、ポリシリコン・ヒータに印加する電圧を0～70[V]まで増加させ、その時の電流を測定したものである。すなわち、ヴァー

ジンは、サンプルに初めて電流を流した特性である。「2、3回目の特性」とは、「初期特性」の測定終了後、「初期特性」と同様の測定を繰り返したものである。

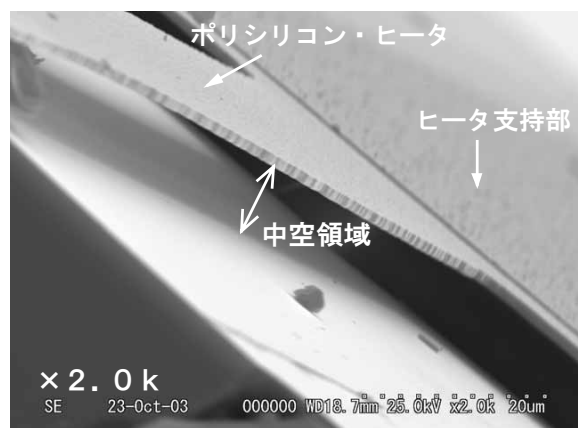


図1 ポリシリコン・ヒータ部

図4から分かるように、ポリシリコン・ヒータに印加する電圧を増加させながら電流を流すことを繰り返すことにより、次第に安定化の傾向を示す。センサ出力はポリシリコン・ヒータの抵抗変化であるため、10

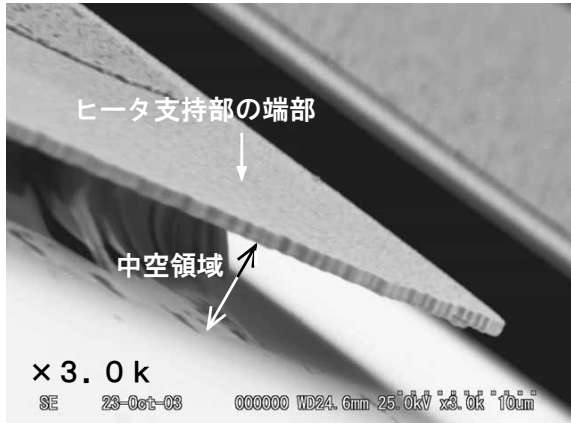


図2 ポリシリコン・ヒータ支持部

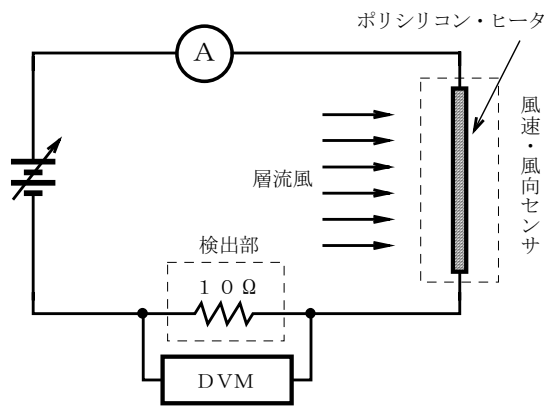


図3 風速・風向センサの評価回路

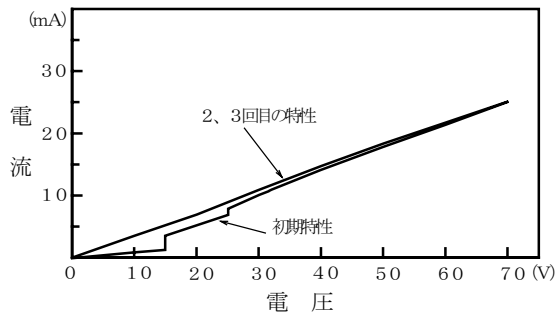


図4 ポリシリコン・ヒータの電圧・電流特性

[Ω]の抵抗に流れる電流変化分を電圧変化分としてDVMで検出している。風速が0.3m/s程度の微風をセンスするためには0.1~1[mV]オーダの電圧変化を測定しなければならない。このオーダの測定を行うと、見かけ上安定した電圧・電流特性を示していても、わずかながらセンサの出力電圧が変化してしまう。すなわち、図4の「2、3回目の特性」では安定しているとは言えない。

ポリシリコン・ヒータの評価

風速・風向センサの電気的不安定性の原因として最初に疑ったものは、ポリシリコンそのものであった。すなわち、ポリシリコンの導電機能に不安定性があるものと考えた。

ポリシリコンは、減圧下で、加熱したシリコン基板上でモノシラン (SiH<sub>4</sub>) を熱分解させて成膜しているが、基板温度によりポリシリコンの構造が異なってくる。650以上の高温ではポリシリコンの単結晶粒径が比較的大きくなるが、温度が低下するに従い粒径は小さくなり、550程度になるとアモルファス(非晶質)となる。ポリシリコン自体は導電性がないため、3価のp形用不純物であるボロンを熱拡散して導電性を持たせている。このボロンがポリシリコンの中でどのように振舞うかに疑問を持った。

点焦点型光加熱減圧CVD装置でポリシリコンを成膜すると、ウエハの中央部は高温になり粒径が大きいポリシリコンの成膜できる。一方、ウエハの周辺部は中央部に比べて温度が低くなるため粒径の小さいポリシリコンが成膜される。この装置の特性を用いて、図5に示すポリシリコン評価用チップを製作した。このポリシリコン評価用チップでは、ウエハの中央から周辺に向かって4本のポリシリコン・ヒータがあり、かつ、それぞれが4分割されている。ポリシリコン評価用チップの等価回路を図6に示す。ポリシリコン評価用チップの試作条件は、ウエハの中央部は680、周辺部は610である。したがって、ウエハの中央部は比較的大きな粒径のポリシリコンの評価ができ、周辺部に至るに従い粒径の小さいポリシリコンの評価ができる。ただし、このポリシリコン評価用チップは電気的不安定性を評価するためのものであるから、中空構造ではない。すなわち、2酸化シリコン膜上にポリシリコン抵抗を形成している。

評価結果は、中央部、周辺部共に電気的不安定性を

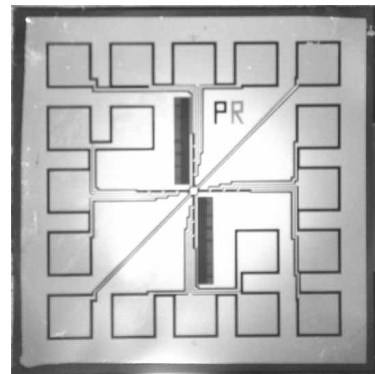


図5 ポリシリコン評価用チップ (30×30mm<sup>2</sup>)

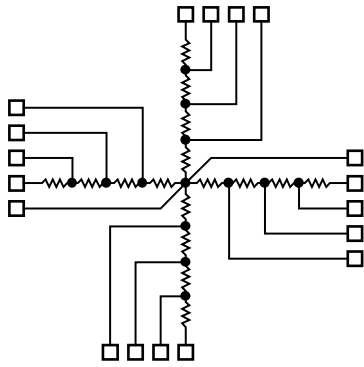


図6 ポリシリコン評価用チップの等価回路

伴った。ボロンの濃度、ポリシリコン膜の膜厚を変えてみたが、いずれも電気的不安定性を伴った。

### アルミ・シタリング工程の評価

風速・風向センサの構造上、ポリシリコン・ヒータに問題がないとすると、残りはポリシリコン・ヒータとアルミ電極間のオーミック接続の問題しかない。このポリシリコン・ヒータとアルミ電極間のオーミック接続は、アルミ・シタリング工程（480℃、20分）で行っている。アルミ・シタリング工程が不十分ではないかと考え、シタリング温度を500℃に上げてみたが改善には至らなかった。（図7）

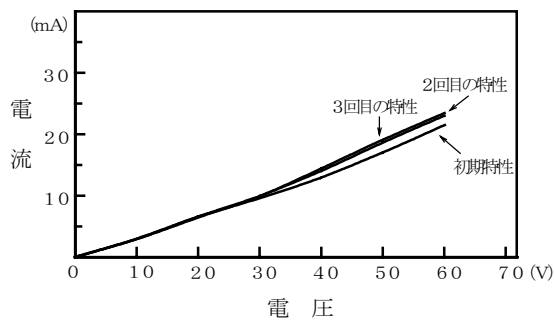


図7 ポリシリコン・ヒータの電圧・電流特性

### オーミック接続の不安定性の原因

ポリシリコン・ヒータの形成工程は、ポリシリコン成膜、フォトリソ工程、ドライエッチング、フォトレジストのアッシング、純水洗浄である。その後、ウエハ・ベーク、アルミ蒸着と進む。上記のフォトレジストのアッシングは、酸素プラズマを使用している。酸素プラズマ中の活性な酸素は、ポリシリコン表面と反

応して2酸化シリコン膜を形成することが考えられる。

酸素プラズマによる2酸化シリコン膜の膜厚を評価するため、酸素プラズマでフォトレジストのアッシングを行った後、シリコン表面の2酸化シリコン膜の膜厚をエリブソメータで測定した。その値は80~90程度であることが判明した。この値は自然酸化膜に比べてかなり厚く、オーミック接続の不安定性の原因となり得ると考えられる。

そこで、オーミック接続の不安定性を示すサンプル、すなわち、酸素プラズマによるフォトレジストのアッシングを行ったサンプルを用意し、そのサンプルのアルミ膜をエッチングで除去し、さらに希フッ酸でポリシリコン・ヒータ表面の2酸化シリコン膜をエッチングして除去した。2酸化シリコン膜の無いポリシリコン・ヒータの表面にタングステン針を2本立てて電圧・電流特性を測定した。その結果は、従来のような不安定性はなく、初期特性、2回目、3回目の測定に差が出なかった。

そこで、従来の製造プロセスにおけるフォトレジストのアッシングの条件を変更した。すなわち、従来はフォトレジストのみを除去することを目的としていたため、酸素(O<sub>2</sub>)を50sccm流し、周波数13.56MHzの高周波電力(390W)でプラズマ処理を10分間行っていた。変更後は、フォトレジストのアッシングにより生じる2酸化シリコン膜も除去するために、アッシングの後に4フッ化炭素(CF<sub>4</sub>)を追加した。すなわち、酸素(O<sub>2</sub>)流量を50sccmとして、同電力のプラズマ処理を10分間行い、その後、酸素(O<sub>2</sub>)流量を15sccmに変更し、4フッ化炭素(CF<sub>4</sub>)流量を50sccmとして同電力でプラズマ処理を15秒間行った。この条件で試作したサンプルの結果を図8に示す。非常に安定した電圧・電流特性が得られた。センサの出力電圧においても、[mV]オーダの安定した測定値を得ることができた。（図9）

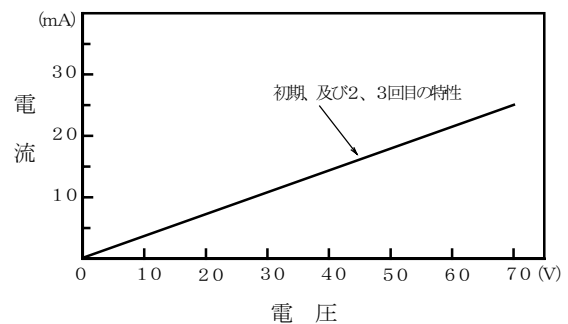


図8 改善後のポリシリコン・ヒータの電圧・電流特性

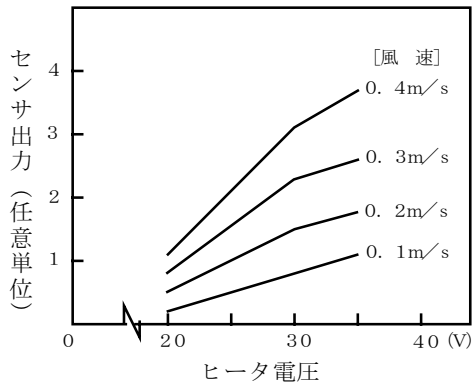


図9 風速・風向センサの風速特性の例

## おわりに

風速・風向センサの電気的不安定性は解決できたが、さらにセンス感度を上げるための形状、膜厚、プロセス条件等の最適化が必要である。アイデアは種々あるが、どこから手を着けるかが最大の課題である。

### [参考文献]

- (1) 春口他：マイクロマシニング技術による風速・風向センサの開発、技能と技術、4号、2001年、PP 22 - 25
- (2) 春口他：マイクロマシニング技術による風速・風向センサの開発、福山職業能力開発短期大学校紀要、7号、2001年、PP 37 - 40