

審査の結果の要旨

氏 名 MURAT GEL

本論文は「Force Sensing Piezoresistive Probes for Biophysical Manipulation(生物物理マニピュレーションのための力測定プローブ)」と題し、7章からなっている。

カンチレバーの機械的な変形を利用して微小力を検出する方法は、レーザートラップを利用する方法とともに、生物学的な微小力の検出の有効な方法である。カンチレバーを小さく作れば、ばね定数が小さくなるので、力学的な感度があがるとともに、固有振動数が大きくなり、微小力を動的に計測できると考えられる。本論文は、たんぱく質など生物学的な材料に働く微小な力を計測できる感度をもつカンチレバーに関するものであり、理論、設計、試作、評価を行っている。サブミクロンの厚さをもつカンチレバーをSOI(Silicon On Insulator)基板を利用してパターンニングし、ごく表面にイオンをドーピングして piezo 抵抗を形成し、微小力がカンチレバーに作用することで生じるカンチレバー表面の歪を抵抗変化として測定することによって、力を計測している。

具体的な本論文の記述内容は以下である。

第1章は序論であり、研究の目的と意義、背景、従来の研究が述べられている。

第2章では、微小力を測定するカンチレバーの理論が述べられている。piezo 抵抗を使って力を計測するときの力の検出限界、ノイズと感度との関係と、具体的な例に対して計算結果が示されている。

第3章では、設計と製作方法が述べられている。カンチレバーを設計するときの主要なパラメータについて言及し、これらのパラメータの具体的な値が示されている。また、製作プロセスを、マスクやプロセスの条件なども示しながら、詳細に述べている。

第4章には、結果が示されている。試作したカンチレバーのSEM写真とともに、piezo 抵抗部分のドーピング量のプロファイル、シート抵抗、カンチレバーの感度、共振周波数、カンチレバーのばね定数の計測結果が記述されている。さらに、これらの計測結果を得るための計測方法についても、詳細に述べている。

第5章にはアルゴンを注入することによってカンチレバーの感度を向上させる方法が述べられている。カンチレバーの表面から不純物をドーブしたあと、裏面からアルゴンを注入してピエゾ抵抗の形成される部分を表面からごく浅いところだけに限定する方法であり、これによって、カンチレバーの感度が向上することが述べられている。

第6章ではラピッド・サーマル・ディフュージョン法が述べられている。カンチレバーを薄くし、さらに、そのごく表面にピエゾ抵抗を形成することで、カンチレバーの感度が増すが、不純物を短時間にドーブすることで、ピエゾ抵抗を表面から薄い範囲に限定的に形成することができる。この方法の製作プロセスと得られる特性について、詳しく述べている。

第7章は結論である。

以上のように、本論文は生物学的な分子等に働く微小力を検出できる感度をもつカンチレバーの理論、設計、試作、評価に関するものであり、試作したカンチレバーの評価により、有効性を実証したものである。論文中に示されたデータやプロセスの詳細は、生物学的な力の計測のみならず、情報記憶デバイスに用いられようとしているカンチレバーの設計、製作にも貢献するものである。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。