

審査の結果の要旨

氏名 朴 柁昱

本論文は「A high resolution biosensor using microcantilever resonating at air/ liquid interface (気液界面で共振するカンチレバーを用いた高感度バイオセンサー)」と題し英文で書かれており8章と付録からなる。マイクロ流体システムに集積化して細胞などから分泌される生体分子を実時間で測定するセンサを目指して、気液界面で振動するカンチレバーの液体側の表面で対象分子を捕獲し、共振周波数の変化で検出するデバイスを扱っている。

第1章は序論であり、本研究の研究背景を述べている。マイクロ流体システム中での生体分子濃度の変化を、高感度実時間で検出するセンサが必要であることを述べ、これまでの研究を総括してその問題点を明らかにするとともに、気液界面で共振振動するカンチレバーに基づくデバイスを解決策として提案し、本論文の目的と研究の意義を提示している。

第2章では、提案したカンチレバーの共振特性を変化させる要因について、表面への標的分子捕獲に伴う質量変化以外に、副次的に作用する要因を検討し、その影響を低減する設計指針を述べている。作製プロセスを考案し、実際に気液界面で共振振動するカンチレバーの特性を測って、液中で動作させた場合に比べて性能が向上することを確認した。

第3章では、センサの動作原理である質量変化に伴うカンチレバーの共振周波数変化について、理論と実験の両面から詳細に検討している。さらに、標的分子の選択的捕獲に用いる抗体の表面修飾について、共振周波数変化とカンチレバー表面の蛍光強度変化とを対応させて確認を行い、両者がよく一致することを示した。

第4章では、カンチレバーの周囲で液体の漏れを防ぐ、メニスカスの影響を論じている。メニスカスのサイズや液体の表面張力が共振周波数に及ぼす効果を、理論と実験の両面から検討し、スリットの最適寸法として6 μ mを得た。また、今回の測定対象とする液体では表面張力の影響も無視できることを確認した。

第5章では、マイクロ流路内の圧力が共振周波数に与える影響を検討し、チップ外の流路とポンプの最適化でそれを無視できる範囲に低減できることを示した。

第6章では、振動検出系と信号処理系を含めたセンサシステムの構成を示している。

第7章は提案したデバイスのバイオセンサー応用であり、インシュリンを対象に検出を試みた結果、濃度340 ppm (2 ng/ml)まで検出可能であることが示された。

第8章は結論であり、本論文で得た成果をまとめ、マイクロ流体システム内の低濃度の生体分子を検出可能なセンサにするために、今後の研究で明らかにすべき課題を述べている。

以上これを要するに、本論文は、マイクロ流体システムに集積化可能で、生体分子の濃度変化を実時間かつ高感度に検出可能なセンサを得るために、気液界面で振動するカンチレバーへの標的物質の結合に伴い共振周波数が変化するデバイスを提案し、その設計製作法と副次的作用の共振周波数への影響の低減法を示すとともに、実際に低濃度の生体物質を検出可能なことを示したもので、電気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。