QCM 用水晶振動子の外形加工による発振特性変化

Effect of surface machining on the oscillation properties of quartz crystal microbalance (QCM)

東洋大学理工学部応用化学科[1]、株式会社マツモト精密工業[2]、勝亦　徹[1]　松元　健[2]
Toyo Univ.[1], Matsumoto Precision Co.,Ltd[2], Toru Katsumata[1], Takeshi Matsumoto[2]

はじめに

水晶振動子を使った超微量天秤はQCM(Quartz Crystal Microbalance)と呼ばれ、バイオセンサやガスセンサ等の幅広い用途で用いられている。QCM用の水晶振動子は測定に悪影響を及ぼすスプリアス（目的周波数以外の発振）を低減するために表面を凸状に加工している。この研究では、QCMセンサの高性能化を目的として、振動子の表面を球面加工し、ノイズ低減や共振特性に与える球面加工の影響を検討した。

実験

QCM センサ用水晶振動子の球面精度や表面形状の再現性を向上するために、球芯揺動機構のついた NC 研磨機とダイヤモンド粒を充填した研磨砥石を使用して球面加工を行った。図 1 に示したように、①平板試料（凸面加工なし）、②従来法による凸面加工試料、③球芯研磨による球面加工試料を試作した。球面加工試料については、半径の異なるものについて評価を行った。試作した表面形状の異なる試料を用いて、ネットワークアナライザー（アドバンテスト、R3754A）による周波数特性の測定を行った。

結果

平板状水晶では主振動ピーク付近の高周波数側に大きなスプリアスが観察された。平板状水晶は、スプリアスのために QCM センサとしての使用が困難であることがわかった。従来の凸状加工を行った水晶振動子では、表面の凸状加工によって主振動ピーク付近のスプリアスは改善されたが、主振動ピークの高周波数側には複数のスプリアスが見られた。QCM センサの発振周波数は、質量増加に比例して高周波数側にシフトするため、平面状センサや凸面状センサに見られる主振動ピークの高周波数側のスプリアスは、測定精度に悪影響を与える要因になる。図 2 に、今回試作した球面状の QCM センサの発振特性を示した。球面状センサでは平面状センサや凸面状センサに比べて、主振動ピークよりも高周波数側のスプリアスが改善されることがわかった。球面状センサを使用することにより、QCM センサの測定質量範囲の拡大や、高感度化が可能になることがわかった。

表面形状とスプリアスとの関係を調べるために、表面形状が異なる水晶振動子試料の発振特性を評価した。水晶振動子の表面を球面加工することによって、平面の振動子に見られた不規則なスプリアスが除去できることがわかった。さらに水晶振動子表面の形状の違いによってスプリアスの周波数が変化することがわかった。主振動の周波数とスプリアスの周波数を離すことにより、QCM 測定のダイナミックレンジを改善できると考えられる。

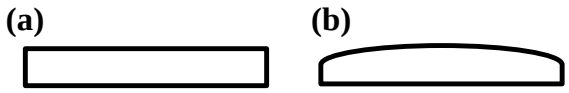

図 1、無加工（平面状）の水晶板(a)と凸面加工した水晶板(b)の断面形状。凸面加工試料としては、従来の凸面加工試料と精密加工した球面状試料を試作した。

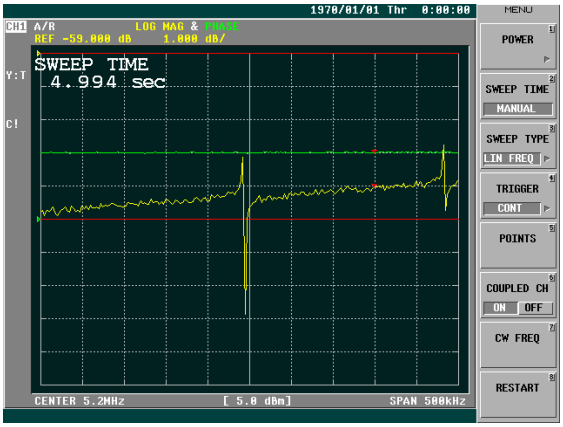

図 6、本研究で試作した球面状 QCM センサの発振特性。

© 2017年 応用物理学会