

水晶振動子力センサーに適した変位検出回路の構成

A signal detection circuit suitable to a quartz force sensor for NC-AFM

金大院自然¹, 〇大江 弘晃¹, 新井 豊子²Graduate School of Natural Sci. Tech., Kanazawa Univ.¹, 〇Hiroaki Ooe¹, Toyoko Arai²

E-mail: hioo@stu.kanazawa-u.ac.jp

非接触原子間力顕微鏡(NC-AFM)の力センサーとして音叉型水晶振動子力センサーが提案され、その派生として一本プロング型のqPlusセンサーが広く用いられている[1]。我々は、小振幅かつ微小な周波数変化での計測では、二本のプロングが逆相で振動する二本プロング型力センサーの方がqPlusセンサーよりも高感度になる可能性があることを報告した。実際、我々は二本プロング型力センサーを用いてSi(111)7x7再構成表面の原子像観察に成功している。そのとき使用した信号検出回路の構成を図1に示す。信号増幅用電流アンプの帰還抵抗は30MΩであった。

NC-AFMの力検出感度を評価するために、振動の安定性を示すQ値と変位換算した雑音密度 $N(\text{fm}/\sqrt{\text{Hz}})$ が比較される。Qが高くNが小さいほど最少検出感度が向上する。図1に示す検出回路を自作超高真空(UHV)NC-AFM装置に設置して、二本プロング力センサーの特性を室温で計測したところ、Q値と雑音密度Nは、 $Q=18,000$ 、 $N=150\text{fm}/\sqrt{\text{Hz}}$ であった。 $Q=18,000$ は、qPlusセンサーで得られるQ値の範囲(5,000~10,000程度)より高いが、音叉型水晶振動子本来のQ値(60,000以上)の半分以下であった。力センサーのQ値が数万以上となる場合、それまで問題にならなかった検出回路でのエネルギー散逸がQ値の検出上限に影響する可能性がある。そこで、図1に示した箇所に容量(C1,C2,C3)を挿入し、熱振動スペクトルから測定されるQ値と雑音密度の変化を調べた(図2)。表1に、挿入した容量、Q値、雑音密度をまとめた。この結果より、高いQ値を計測するには帰還抵抗と並列に容量を挿入することが必要となることが分かった。さらに、雑音密度を低く抑えるためには、加振信号キャンセル用容量を小さくし、この容量と電流アンプ間の配線を短くすることが有効であることが分かった。

当日は、回路構成とQ値の上限および振幅雑音密度の関係、改良した検出回路で得た計測結果も報告する。

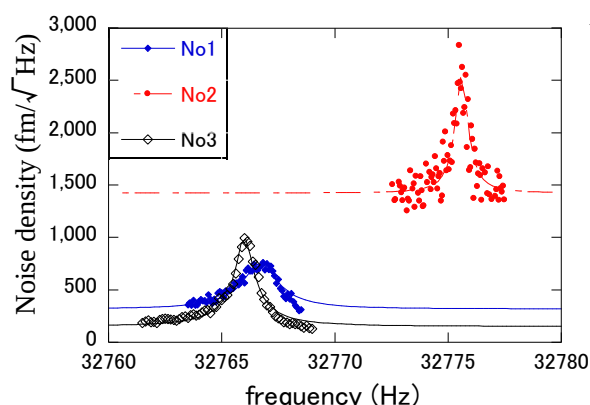


図 2.異なる回路構成で得た熱振動スペクトル

参考文献 [1]F.J.Giessibl,Appl. Phys. Lett., 76(2000)1470

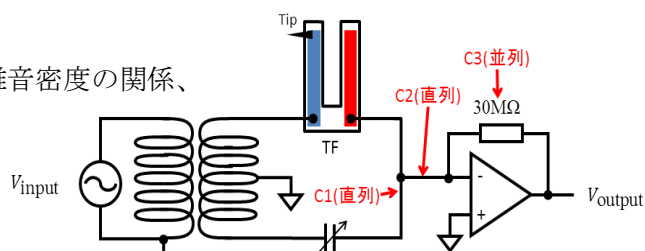


図 1.使用した振動信号検出回路

No	C1	C2	C3	Q 値	雑音密度 N
1	10pF	—	—	18,000	150fm/√Hz
2	—	10pF	—	60,000	1300fm/√Hz
3	5pF	—	1pF	50,000	120fm/√Hz

表 1.検出回路に挿入した容量と熱振動スペクトルから得た Q 値と雑音密度 N