

課題番号 : F-13-NU-0010
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名 (日本語) : GaAs を用いたマイクロ波 AFM プロブの開発
 Program Title (in English) : Development of Microwave AFM probe with GaAs
 利用者名 (日本語) : 巨 陽, 中島 隆博
 Username (in English) : Yang Ju, Takahiro Nakashima
 所属名 (日本語) : 名古屋大学大学院 工学研究科 機械理工学専攻
 Affiliation (in English) : Department of Mechanical Science and Engineering, Nagoya University

1. 概要 (Summary)

現在、種々の走査型プローブ顕微鏡が開発され、様々な材料特性が測定できるようになった。しかしながら微小領域で電気的特性を定量的に評価できる技術はいまだに確立されていない。そこで、ナノスケールで材料の表面形状像だけでなく電気的特性も評価できるマイクロ波原子間力顕微鏡(M-AFM)を提案した。本研究では M-AFM プロブを作製し、M-AFM にマイクロ波を導波させた際の原子間力の変化を用いて、電気的特性評価への応用を検討した。

2. 実験 (Experimental)

プローブ作製には、マイクロ波の減衰を抑えるため、面方位が(100)、厚さが 350 μm のノンドープ半絶縁性 GaAs ウェーハを基板として用いた。プローブの作製には露光プロセス装置一式を利用し、半導体微細加工プロセス技術であるフォトリソグラフィおよびウェットエッチングにより行った。さらにそのプローブ上下面に金属薄膜を成膜することにより、マイクロ波導波路として平行板線路を構築した。このマイクロ波導波路の構築は、電子ビーム蒸着装置により Au 薄膜を成膜したのち、集束イオンビーム装置を用いて探針先端部にスリットを導入することにより行った。作製した M-AFM プロブの探針の高さは約 8 μm であり、曲率半径はおおよそ 30 nm である。また FIB 加工によって導入されたスリット幅は約 100 nm である。このスリットの導入によりプローブの探針先端がマイクロ波導波路の開放終端となり、マイクロ波が放出される。作製した M-AFM プロブを用いて M-AFM 測定を行った。マイクロ波周波数 94GHz、マイクロ波出力 0, 5, 10, 15, 20, 25dBm、スタンドオフ距離を基準にプローブを 5nm から 2nm まで近づけた時の共振周波数変化である周波数シフトを測定し、探針-試料間に働く原子間力変化を評価した。測定試料として Au, Si, Glass を用いた。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

Si の測定結果を Fig.1 に示す。この結果より、マイクロ波の振幅の増大とともにフォースカーブの傾きが増大していることが分かる。これは、マイクロ波の影響により探針-試料間に引力が作用し、探針-試料間に働く原子間力が大きくなっているためであると考えられる。また Si 以外に Au, Glass の測定を行った結果、Si, Glass においてはマイクロ波の影響により

探針-試料間の引力が増大したのに対し、Au ではマイクロ波の影響は見られなかった。この原因として、分極に起因したクーロン力の影響が考えられる。高周波交流電界電場中における誘電体には分極に起因したクーロン力が作用し、マイクロ波の振幅強度の増加に伴い、電界の強さが大きくなり、探針-試料間の引力が増大したと考察される。また、このクーロン力は媒質と誘電体の誘電率によって変化するため、M-AFM を用いて分極に起因するクーロン力を検出することで物質の誘電率の評価が可能であると示唆される。したがって、この現象を利用することにより、材料の電気的特性の定量評価のさらなる精度向上や材質の同定などが期待できる。

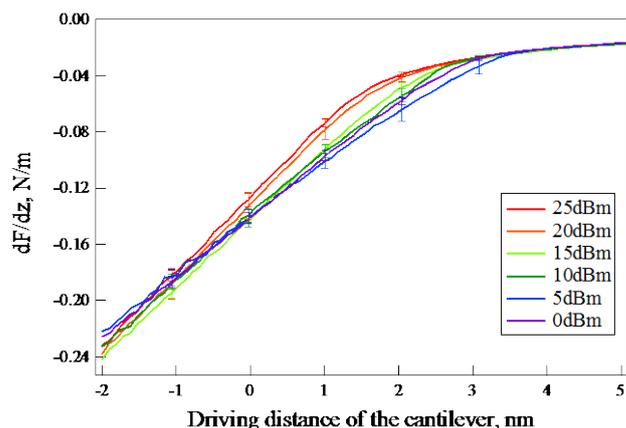


Fig.1 Relationship between the force curve of the Si surface and driving distance

4. その他・特記事項 (Others)

本研究によって M-AFM でマイクロ波の導波強度を変化させることで、探針-試料間に働く引力が変化することが示された。今後は現象の理論構築を行い、理論と実験結果との比較により、M-AFM を用いて分極に起因するクーロン力とマイクロ波による力の算出を試み、局所導電率の定量評価方法の検討とさらなる精度向上を目指す。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

中島隆博, 細井厚志, 巨陽, マイクロ波原子間力顕微鏡を用いた金属ナノワイヤの導電率の定量評価に関する研究, 日本機械学会 2013 年度年次大会, 2013 年 9 月。

6. 関連特許 (Patent)

なし。