

※課題番号 : F-12-NU-0008
 ※支援課題名 (日本語) : GaAs を用いた AFM プロブの開発
 ※Program Title (in English) : Development of AFM probe with GaAs
 ※利用者名 (日本語) : 巨陽, 細井厚志
 ※Username (in English) : Yang Ju, Atsushi Hosoi
 ※所属名 (日本語) : 名古屋大学 工学研究科 機械理工学専攻
 ※Affiliation (in English) : Department of Mechanical Science and Engineering, Nagoya University

概要 (Summary) :

現在, 種々の走査型プローブ顕微鏡が開発され, 様々な材料物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.

実験 (Experimental) :

プロブ作製には, 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, マイクロ波振幅 0, 5, 10, 15, 20, 25dBm, プロブスイープ距離を 10~1nm とし, 10nm から近づけていった時の共振周波数変化である周波数シフトを測定した. 測定試料として Si, Au, ガラスを用いた.

結果と考察 (Results and Discussion) :

測定結果を図 1 に示す. この結果より, マイクロ波の振幅によって周波数シフトの変化が始まる位置が異なっていることが分かる. これは, 探針 - 試料間に働く原子間力が変化しているためであり, マイクロ波の振幅が大きくなるにつれて周波数シフトの始まるスタンドオフ距離が小さくなっていることが分かる. また Si 以外に Au, ガラスの測定を行った結果, 材料によっても位置が変わることが分かった. この原因と

してマイクロ波による振動電場が考えられる. AFM において 1~10nm のスタンドオフ距離ではファンデルワールス力が主な原子間力である. ファンデルワールス力は原子の分極に起因する静電相互作用による力であり, 距離に依存した大きさの力となる. M-AFM では探針 - 試料間にマイクロ波を照射するため, マイクロ波の振動電場によって, 分極が振動する. その結果, 探針 - 試料間の電場が変化し, ファンデルワールス力による引力は一定ではなくなり, 全体として減少すると考えられる. 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.

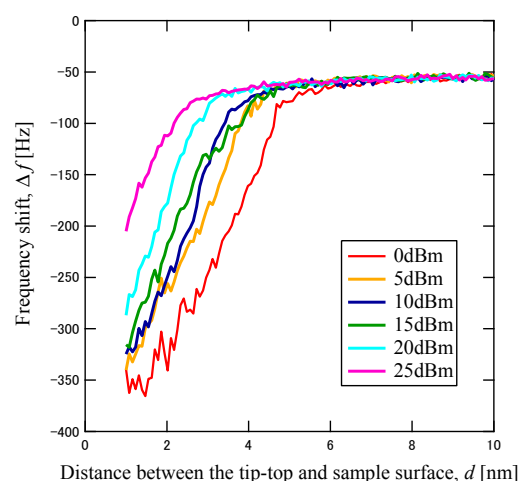


Fig.1 Relationship between microwave frequency shift and standoff distance

※その他・特記事項 (Others) :

本研究によって M-AFM でマイクロ波を導波させる強度を変えることにより, 周波数シフトが変化することが示された. 今後は周波数シフトから探針 - 試料間に働く原子間力を求め, マイクロ波による力を考察し, 局所導電率の定量評価方法の検討を行い, さらなる精度向上を目指す.