

|              |                                                                                 |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | 原子間力顕微鏡 (AFM) による固体表面 - AFM tip間の付着力測定と解析                                       |
| Author(s)    | 胡木, 政登                                                                          |
| Citation     |                                                                                 |
| Issue Date   | 2011-03                                                                         |
| Type         | Thesis or Dissertation                                                          |
| Text version | none                                                                            |
| URL          | <a href="http://hdl.handle.net/10119/9711">http://hdl.handle.net/10119/9711</a> |
| Rights       |                                                                                 |
| Description  | Supervisor: 下田 達也, マテリアルサイエンス研究科, 修士                                            |

## 原子間力顕微鏡(AFM)による固体表面-AFM tip 間の付着力測定と解析

胡木 政登 (下田研究室)

【はじめに】近年、電子ペーパーやレーザープリンターなどの普及により、マイクロ粒子(色素粒子やトナーなどの)の付着現象の解明および制御が非常に重要となっている。特に粒子の小径化が進むにつれ、静電気力に加えて van der Waals(vdW)力に代表されるような非静電的な力も大きくなることが理論的に分かっている。それに伴い、非静電的な付着力を直接的に定量評価する有効な手段が待望されている。そこで、本研究では、非静電的な付着力評価方法の確立を目的とし、原子間力顕微鏡(AFM)をその測定手段として用いる検討を行うとともに、付着力を間接的に見積もれるその他の評価方法の確立を試みた。

【実験】カンチレバーおよび基板の洗浄方法の違いが付着力に与える影響を調べた。湿式洗浄としてカンチレバーには浸漬洗浄、基板には超音波洗浄を行った。両者ともに 10 分間アセトンで洗浄した後に 10 分間エタノールで洗浄を行った。また、乾式洗浄として UV-O<sub>3</sub> 洗浄を 20 分間行った。その後、大気、m-キシレン、ヘキサン中における 8~11 種類の基板に対し、フォースカーブを測定し、付着力の評価を行った。また、各基板の接触角測定により、表面自由エネルギーを算出した。その際、van Oss の理論を用い、表面自由エネルギーを Lifshitz vdW 項とドナーとアクセプター項の 3 成分に分けて考え、得られた表面エネルギーの値からカンチレバーチップと基板間に働く付着仕事を求めた。さらに、Lifshitz 理論と Simple Spectral Method(SSM)により各基板の Hamaker 定数を算出した。そして、フォースカーブにより得られた付着力と、付着仕事および、Hamaker 定数との比較を行った。

【結果と考察】Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> カンチレバーおよび基板の洗浄を行った。湿式洗浄後では、洗浄前と比べ付着力の変化はほとんど見られなかった。一方、UV-O<sub>3</sub> 洗浄においては、カンチレバーおよび基板ともに付着力は大きく増加した。これは、UV-O<sub>3</sub> 洗浄によってチップ表面の吸着物が除去され、チップ材料である Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> が表面に露出したためと考えられる。すなわち Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> の表面自由エネルギーは、有機物などの表面自由エネルギーよりもはるかに大きいので、付着力が大きく増加したと考えられる。この結果より、未処理状態のチップ表面には大気中からの吸着物が存在しており、UV-O<sub>3</sub> 洗浄はそれを除去するのに非常に効果的であることがわかった。次に、8~11 種類の基板について測定した付着力を縦軸に、付着仕事および Hamaker 定数を横軸にとり、それぞれプロットした図を以下に 2 つ示す。図 1 に比べ図 2 において付着力が大きくなっているが、これは上で述べたとおり、UV-O<sub>3</sub> 洗浄を行ったためである。また、図 2 で金(Au)基板のみ直線から大きくはずれている。金は酸化物と比べ表面エネルギーが大きく、UV-O<sub>3</sub> 洗浄を行っても大気に数秒露出するだけで水と有限の接触角を持つようになる。この金属表面の低エネルギー化によって、付着力が低下し、直線から大きくはずれたと考えられる。図 1,2 の結果より、付着力は、付着仕事および Hamaker 定数におよそ比例するということがわかった。以上の結果より、AFM は、定量的に付着力の測定を行うことができ、また表面自由エネルギーや Hamaker 定数は、付着力の傾向を予測する手段として有効であることがわかった。

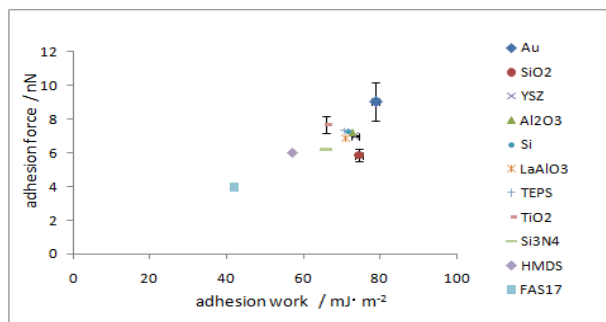
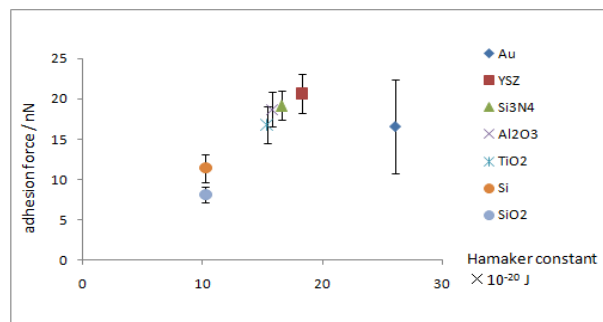


図1 湿式洗浄後の付着力と付着仕事の関係 (大気中)

図2 UV-O<sub>3</sub> 洗浄後の付着力と Hamaker 定数の関係 (大気中)

【キーワード】付着力, AFM, 表面自由エネルギー, 付着仕事, Hamaker 定数