

研究課題別中間評価結果

1. **研究課題名:**走査型相互作用分光顕微鏡による表面単一分子の力学・電子物性計測

2. **研究代表者:**新井 豊子 (金沢大学 大学院自然科学研究科 教授)

3. 研究概要:

本研究では、非接触原子間力顕微鏡(nc-AFM)をベースに開発した表面局在相互作用分光法を固体表面上に担持された単一分子系へ応用し、本手法の可能性を広げるとともに、固体表面と分子の結合状態および電子状態の知見を得、分子エレクトロニクス的基础に貢献することを目的としている。そのためにまず、極低温で動作する超高真空走査型相互作用分光顕微鏡の調整、分子試料調製装置および試料搬送装置を設計・試作しつつ、探針の調製・評価を行った。本研究で用いる表面局在相互作用分光法は原子スケールで鋭利な探針を試料原子に近づけて測定するので、その成否は探針先端の鋭さ等探針の特性が握っている。このため探針の調製は本研究の重要なキーポイントである。

これまでの成果として、ハイブリッドなナノ構造をもつ Ge クラスタを先端にもつ Si 探針の製作を行った。Si 基板上に Ge を数モノレイヤー(ML)堆積させると、その格子定数の違いから Ge クラスタが成長し、その基板温度、堆積量によってハットクラスタやドームクラスタが成長する。これらのクラスタは安定なファセット面で囲まれていて、その形状の再現性は良い。またその頂点はナノスケールで鋭利である。そこで Si 探針に Ge を蒸着させたところ、SEM 観察により、先端に Ge クラスタが成長したと考えられるものが得られた。この探針を大気中 AFM で用いたところ、未処理の Si 探針に比べて像の解像度が改善した。また、Ge クラスタ探針を摩滅させた後、超高真空中で 500 °C に加熱すると再び先端にクラスタが成長した。Ge クラスタ探針は安定なファセット面で囲まれているため非常に安定な構造であり、加熱により再生する能力があり、何度でも同じ電子状態の探針を作ることが可能であると示唆された。この知見は本研究を遂行する上で重要な方法となる。

また、表面有機分子の観察のために必要な有機分子膜成膜用グローブボックスで調整された試料を、大気に触れることなく超高真空 nc-AFM チャンバーに導入することが可能な移動式導入チャンバーを設計・製作した。この結果、超高真空 nc-AFM チャンバー中では作製が困難な試料を超高真空 nc-AFM チャンバーへ導入する準備がほぼ整った。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況と今後の見込み

nc-AFM をベースとした表面局在相互作用分光法を単一分子系に応用するというチャレンジングな研究を行っている。そのためのキーポイントである探針調製技術(Ge クラスタ)を開発した。本研究が進めば、走査型相互作用分光顕微鏡として製品化され、ナノスケールの表面解析から

触媒開発等への応用が期待されるが、現状はデータの定量性や化学反応への理解が進んでいないとは考えにくく、早急に研究を加速する 必要性がある。

4 - 2 . 研究成果の現状と今後の見込み

分子の力学・電子物性の計測に至る過程で、その基礎となる現象を発見し、また応用技術を開発している。特に、コンダクタンスの量子化の発見および再現性の優れた Ge クラスタ探針調整技術の開発は評価出来る。

本研究は AFM を STM 的に用いることで、分子のポテンシャルと電子構造の双方を議論出来ることにインパクトがあるが、現時点では定量性を議論出来るまで進展していない。今後は低温での測定を強化することと、界面化学に長じた研究者との共同研究を進め、有用性を実証してもらいたい。

4 - 3 . 総合的評価

分子を識別する手法として他に類をみないユニークで革新的な方法であると思われる。

しかしシッフ塩基を対象とする、化学結合等に関する応用研究の達成には疑問があるため、今後は定量化と科学的な基礎的研究の遂行が望まれる。また、学会の口頭発表だけでは他分野へのインパクトは与えにくいので、論文にまとめるようにすべきである。今後、探針を用いた原子間相互作用の研究をさらに発展させていけば、幅広い分野への波及効果が期待される。