

研究課題別 事後評価結果

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 理工研究域 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(nc-AFS)を固体表面上に担持された単一分子系へ応用し、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。

以下成果の概要を示す。

3-1. 電圧印加非接触原子間力分光法の確立と高感度化

原子レベルまで先鋭化した探針を用い、電圧をかけると特定印加電圧で引力と電流が同時に急激に増大する。これは化学結合の形成により電子伝導チャンネルが開くことによる。この現象を用い、探針と試料の距離／探針と試料界面とのポイントコンタクト等の精密条件を変えて電子伝導の状態解析を行なった。

3-2. 極低温超高真空走査型相互作用分光顕微鏡の開発

nc-AFS の測定精度を左右する探針の構造評価をするために極低温で可動する装置を開発し探針と界面との相互作用力、電流、印加電圧特性を同時測定することが可能になった。

3-3. 高感度水晶振動子センサーの開発

nc-AFS では探針を加振させ、試料との相互作用によって変化するカンチレバーの共振周波数の変化を検出する。多様でソフトな力学特性を持つ分子系ナノ構造への展開を図るためにはこの検出感度の高感度化が必要である。そこで水晶振動子による力センサーを東北大学・工学部・安部准教授と協同で開発し、結果として高感度化に成功した。

3-4. 先鋭化探針の開発

ハイブリッドなナノ構造である Ge クラスタを先端に持つ 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、加熱再生が可能であることがわかった。

3-5. 機能分子試料の調製

北陸先端大学・村田准教授の協力を得て有機EL素子等の高効率発光素子の界面での挙動と電流効率を解析するために π 共役分子を平面基板上に調製した。まだ検討初期段階

ではあるが調整材料のAFM像から分子の固定と配向が明確になり、表面構造と電子伝導との関係も追跡出来ることが明らかになった。

4. 事後評価結果

4-1. 外部発表(論文、口頭発表等)、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

発表論文: (邦文) 1件 / (英文) 5件

口頭発表: (国内) 31件 / (海外) 7件

特許出願: (国内) 0件 / (海外) 0件

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きた。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)の開発に成功した。本研究の独創性は高いが、研究成果が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までに用いられるためにはデータの定量性や化学反応解析が不十分である。界面の挙動解析は将来の実用技術としても有望な薄膜太陽電池、EL等の面発光、ナノ触媒等の研究開発に必須であり、この研究成果の進展が期待されている。その意味で関連する研究者との交流の幅を広げ、この装置・方法を必要とする舞台で研究の深度を深めて欲しい。

4-2. 成果の科学技術への貢献

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きた。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、現時点ではユニットの操作等は進展したものの、特に有機界面の定量化等を議論出来るまでデータがない。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. その他特記事項

本研究代表者はSORST期間中(3年間)に2度の promotion がありこれ自体喜ばしいことであつたが、時間的な制約のため、研究計画の上での的を絞った方が良かった。