

## 国際会議「STM '90/NANO I」

International Conference

「STM '90/NANO I」

## 【理論関連】

STM/STSでは理論面からの研究が重要でしかも興味深い課題が多いにもかかわらず、この会議での理論の論文数の割合はさほど大きくない。今回も理論のセッションとしては1/4日程度のもので、それにポスターセッションの15-16件の論文数にとどまった。しかし、理論以外のセッションに出されたものを含めれば、論文数はもっと多いはずである。

この会議で最も印象的だったのはLandmanのプレナリ講演で数千個の原子よりなる模型を用いて、探針・表面間の相互作用の原子レベルの描像を数値的にシミュレーションしてみせたものであった。この理論計算の結果を左右する原子間ポテンシャルについては、よく検討されているようには思われなかったが、トライボロジーや探針による表面加工の基礎など今後のSTMの発展に刺激を与えることになるだろう。この会議ではAFMの有効性を伺わせる論文が目立ったが、これと関係する理論の発表も多かった。古典的連続体模型による分解能の議論、数個の原子からなる探針模型に適用した数値シミュレーションなどである。Tomanekのグループでは、連続体模型とLDAとを組み合わせた新しい試みを行ったが、GIC等への応用ではまだ実験を説明するには到っていないようである。

STM/STSに関してはChen, Baratoff, Lang, 筆者等などの理論家の間で、広がったS波だけが効くのか？あるいは原子に局在した $dz^2$ 波、 $p_z$ 波が重要なのか？の論争が続いているが、この会議では後者の考え方の必要性を認識させ、Tersoff-Hamannの単純な理論の反省を行った論文が目立った。(東大理・塚田 捷)

## 【物理関連】

原子レベルの分解能を持つSTM装置が購入可能となったことに伴って、STM研究の裾野は大きく広がっている。しかし、STMを容易に使える段階に入った今、新しい、また、より深い物理を探る、STMの“使い方”が模索されているのが、本会議にも見られるSTM研究の現状と言えよう。

傾向としては、従来の“静的”なSTM像観察に加え、核形成、相変化、非平衡状態に於ける電子状態等、STMを“動的”な物理現象と結び付ける試みがなされている。試料の温度や圧力、電子スピンを制御する他に、試料に損傷を与えたり、STMをレーザーと組み合わせる方法等が用いられている。低温STM(超伝導)や、STMと光を組み合わせたPHOTO-STMは、本会議ではそれぞれ独立したセッションとなっている。また、速い現象をとらえる為、STM測定の高速度も進められている。

STM '89からの一年間に見られる大きな変化の一つとして、AFM技術の歩進が上げられる。また、それに

伴って、探針と固体表面の相互作用に関する理論的解析も進められている。

界面構造を探る手段であるBEEMも独立したセッションが持たれ、 $NiSi_2$ ,  $CoSi_2$ 等の系に対する報告がなされている。

層状物質表面やCDWの観察、また、グラファイト等の基板に蒸着させたPt, Au等の“クラスター”の観察も、それぞれ一つの分野をしめている。

STM '90は、ナノメータ領域との合同会議だったこともあって“表面加工”は今回のテーマの一つであったが、トンネル電流や探針を用いた従来の表面加工に加えて、Xe/Niの系を用いて行われたように、表面構造の制御が原子レベルで達成されたことがこの分野での特筆すべき点であろう。

(筑波大学物質工学系・重川秀実)

## 【化学関連】

STMによる化学関連の研究は、化学物質(例えば有機物分子)を測定対象としたものと、固体表面での化学反応に関連したもの二種類に大別できよう。STM '90では前者に関する報告が大幅に増えており、かつその多くが原子分解能を示していたのが特徴的であった。以前から原子像が観察されていたCBと呼ばれる一群の液晶分子を対象としたものが相変わらず多かったが、これらについてはSTM像が見える機構を理論的に検討した報告および急速に分解能の向上してきたAFMを用いてナイロン表面に配向させた液晶分子を観察した報告が目立った。これ以外の有機物としては高分子化合物およびLB膜に関する研究が多かった。

固体表面での化学反応に関しては、Siや金属酸化物の表面が酸素や水素と反応する際の反応サイトを検討した報告が数例あった。またクラスターに関するセッションが新設され、金属超微粒子を固体表面に担持してその形状や処理条件による変化を調べたものや有機配位子を持つ金属クラスターをSTM観察した結果などが報告されていた。またAFMによる研究例および超微粒子を担持した結果固体表面に生起する超格子構造に関する報告が、特に固体触媒反応との関連で注目された。これまで超微粒子やクラスターに関するSTM研究例は少なく、今後のSTM応用研究の一つの方向を示すものである。

(山梨大学教育学部化学教室・小宮山政晴)

## 【トライボロジー関連】

トライボロジーは従来「エンジニアリング」としての認識が強かったが、表面科学としても興味深い分野であることが次第に認識されるようになってきた。

U. Landmanは探針と基板表面の接触による原子の移着過程を分子動力学の計算機シミュレーションで示した。これはトライボロジーにおける「凝着」現象に相当する。トライボロジーが「擦る」という現象を扱うことから、STMよりAFMを用いた実験が多い。LB膜を付加した $SiO_2$ 表面の摩擦(G. S. Blackman T.)の測定、SiやFを含有させたカーボン膜の摩擦(R. Miya-

moto ら)の測定などが発表された。AFMにおいて、探針の表面に対する垂直および接線方向の変位を同時に測定できる装置も開発され、通常の AFM 測定と同時に摩擦力も測定できるようになった (S. R. Cohen ら)。Y. Andoh らは STM を用いて潤滑剤分子を観測することにより、潤滑剤の固体表面への吸着効果を評価した。これらの研究は STM や AFM を用いることにより、原子・分子レベルの摩擦や摩擦を観測できることを示したものである。この研究目的には、摩擦・摩擦の起源を解明する基礎研究と、磁気記録やマイクロメカニクスで遭遇する超低荷重条件におけるゼロ摩擦の実現という技術開発との2面があると考えられる。

(NTT 電子応用研究所・金子礼三)

【固液界面関連】

1990年7月23日より27日までの5日間、アメリカ合衆国バルチモアで第5回 STM 国際会議が開催された。著者は、この会議の「固液界面への STM の応用」として、プレナリー講演を行ったので、この方面の最新の進展について述べたい。水溶液中で電極表面の原子レベルの測定が可能となった基板は、Au, Pt, Rh, Pd 単結晶であり、Au(111)を用いた金原子の表面拡散過程、銅合金のアノード溶解過程等が口頭発表でなされた。MoS<sub>2</sub> 半導体電極の溶液中での CDW についての発表もあった。昨年大洗で行われた第4回の国際会議までは、固体/溶液界面の最先端の解像力は単原子ステップとテラス構造を示すものであったが、今回は、原子1個1個を解像する話が出た。Au 単結晶上への銅原子の電析における  $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$  構造の出現 (西ドイツ, Behm グループ), Au(111) の金原子の  $1 \times 1$  構造 (著者等), さらに、AFM を用いた Au(111) の  $1 \times 1$ , 及び銅の  $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$  さらには電気化学的酸化による AuOH 層の観察 (Hansma のグループ) が注目された。

固液界面における真の原子レベルの解像力が達成されたことから、超高真空中で行われて来た議論と同レベルの議論が、今後なされて行くものと思われる。これまで

固液界面を扱って来た電気化学にとって、革命的な事象と思われる。in-situ STM/AFM の今後の動向には目を離せない状況と言える。

(東北大学工学部・板谷謹悟)

【有機~バイオ系 STM 研究】

昨年の大洗での STM '89 に引き続き、今回も有機~バイオ系の分野で、多くの発表と活発な議論が行なわれた。昨年は新しい STM 像の報告が相次ぎ、「驚き」の多い会議であったが、今回は「見えるけれども本物か?そして、どうするか?」といった、誰もが「見える次」のブレイクスルーを待っている様子であった。その中で、この分野の先端に行く注目すべき発表を何件か紹介してみる。

まず、New Mexico 大の Bustamante と Arizona 州立大の Lindsay のグループで、特に Bustamante らは金の単結晶面上で信頼性の高い蛋白の単分子像を得ていた (Nature に投稿済のこと)。両者共、Nature と Science の表紙を飾った STM 像を発表しているが、Bustamante が「慎重にならなくては」と言っていたのが印象的であった。

次に、Max Planck の Guckenberger らは蛋白の単結晶像を報告していたが、試料と探針の作製から測定環境の検討まで、バイオ~電顕系の研究者としてのアプローチが効を奏した様子であった。最も注目を浴びていたのは、Cal. Tech. 大の Doriscoll らの超高真空 STM で得られた DNA 像で、会議後 Nature の表紙になったものである。又、興味深い傾向は、バイオ系研究者が STM ~AFM の研究グループに向いて得た像の発表が増えて来たことである。中でも、Max Planck から UCSB の Hansma の研究室に来た Butt は、水中の AFM で紫膜の鮮明な像を得ていた。今後も、同様な協同研究の展開が期待される。

((特)理化学研究所 国際フロンティア研究システム  
分子素子研究チーム・原 正彦)