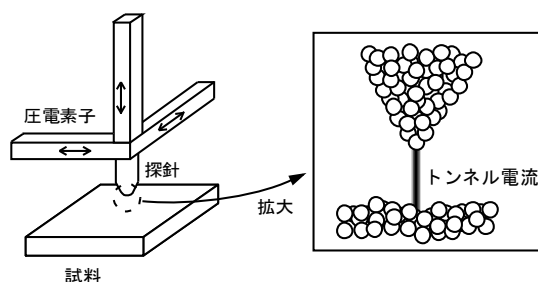


| | |
|----------|------|
| ディビジョン番号 | 10 |
| ディビジョン名 | 分析化学 |

| | |
|-----|--------------------------|
| 大項目 | 1. 分析化学 |
| 中項目 | 1-12. 顕微鏡 |
| 小項目 | 1-12-2. 走査型トンネル顕微鏡 (STM) |

概要 (200字以内)

STMにより、固体表面の原子配列や電子状態を原子レベルで可視化できる。金属・半導体の表面や吸着分子の分子構造の観察例が多数報告されている。近年、カーボンナノチューブなどの微小構造体の原子配列や電子特性の評価が盛んに行われている。また、微小電子デバイス創製に向け、単一分子の電子伝導の報告が多くなされている。STMでは、原子・分子の識別が困難であるが、分子探針を用いることにより化学選択性が得られる。



現状と最前線

STMは、導体間に流れるトンネル電流をプローブとして用い、固体表面の原子配列や電子状態を原子レベルで可視化する分析手法である¹。金属や半導体の単結晶清浄表面は、比較的古くからSTMを用いて広く研究が行われており、原子配列やバンド構造など種々の原子尺度での知見がもたらされている。また、これらの導電性基板に吸着した有機分子の観察も行われている。アルカンチオールなどの含硫黄有機化合物が貴金属に化学吸着した自己組織化単分子膜や、貴金属に物理吸着した多環芳香族化合物などの観察について多数報告があり、これらの分子の化学構造と吸着膜の分子配列の相関や、吸着のダイナミクスなどが明らかにされている。

近年、カーボンナノチューブに代表されるごく微小な構造体に対し多くの興味を寄せられており、原子構造の解析と共に、ナノスケールの電子デバイス創製に向け、導電性などの電子特性評価がSTMを用いて行われている²。電子デバイス創製に関連し、STMおよびトンネル分光法によって単一分子を通じた電子伝導の測定がなされている³。トンネル分光法では、測定する分子上にSTM探針を静止させて電圧を掃引し、電流を測定する¹。 π 共役系における高い伝導

性など分子構造と電子特性の関係が明らかにされたが、分子/金属界面が電子伝導に及ぼす影響など不明な点も多く残されている。

STM は、空間分解能に優れる一方で、原子・分子種の識別は困難である。そのため、従来の金属 STM 探針を機能性有機分子で化学的に修飾した分子探針が開発された。分子探針と試料中相互作用を通じて、トンネル電流が大きく増加し、特定の化学種・官能基が選択的に明るく観察される⁴。その他、化学選択性を得る手法として、トンネル電子を励起源として用いた振動分光法である STM-非弾性トンネル分光法が挙げられる⁵。

参考文献

1. 日本表面科学会編：「ナノテクノロジーのための走査プローブ顕微鏡」，丸善（2005）。
2. R.L. Carroll and C.B. Gorman: Angew. Chem. Int. Ed. 41 (2002) 4379.
3. A. Troisi and M.A. Ratner: Small 2 (2006) 172.
4. 西野智昭，梅澤喜夫：表面科学 27 (2006) 27.
5. W. Ho: J. Chem. Phys. 117 (2002) 11033.

将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

分子探針などによる STM を用いた化学分析方法論の確立。

高分解 STM 観察のための、生体分子の表面固定化法の確立。導電性基板上に生体分子の高次構造、機能を保ったまま固定化する手法が望まれる。

再現性よく原子像を達成できる探針の作成技術。

時間分解能の向上。現在、STM の時間分解能は非常に低く（約 1 min/image），改善が待たれる。

- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

最表面だけでなく試料内部も観察できる 3次元 STM の開発。これに対し、トンネル電流の位相変化を利用するなどの手法が提案されている。タンパク質など立体的な試料に対しては興味深い知見が得られると期待できる。

キーワード

表面分析，単結晶，カーボンナノチューブ，自己組織化単分子膜，分子探針

（執筆者：西野 智昭）