

# 分子素子の栄光と没落

## Rises and Falls of Molecular Devices

産業技術総合研究所ナノテクノロジー研究部門 水谷 亘

分子素子の研究は、1974年に Aviram と Ratner が一つの有機分子がダイオードとして機能することを理論的に示し、分子を電子部品とすれば電子回路を飛躍的に小型化できるという提案を行ったことに始まる [1]。1982年 Carter が編集した分子エレクトロニクス会議の論文集 [2] が出版されると、分子素子研究のブームがおこった。当時は分子構造を設計して積み上げる方法として主に Langmuir-Blodgett (LB) 法が使われた。研究者はさまざまな分子を合成し、LB膜を作製し、電極をつけて電気特性を測定した。分子物性の研究には資するところが大きかったが、同時に LB膜で実用的な分子素子を実現することは難しいことも明らかになった。1982年に Scanning Tunneling Microscope (STM) が開発されると [3] 有機分子への応用が進み、1988年に Aviram らは STM を使って単一分子で整流性を観察したとする報告を行った [4]。しかし、1989年にはこの整流性は分子なしでも観察されたという訂正がなされた [5]。1980年代後半から LB膜にかわって Self-Assembled Monolayer (SAM) が分子素子研究の主流になり、STMによる観察評価が行われた。2001年、Schön らによる SAM を使った電界効果トランジスタ [6] の報告は衝撃的であったが、2002年にはデータ捏造が明らかになった。同2002年には Park らおよび Liang らによるナノギャップ電極を使って分子を架橋した構造で単電子トンネル現象などを測定した報告があった [7, 8]。STM や Mechanical Break Junction (MBJ) [9, 10] 法などでナノギャップの中に分子を挟み込む測定はなされていたが、集積化可能な作りつけの電極に分子を架橋して電気特性を測定することが可能になった。アメリカでは2001年から始まった National Nanotechnology Initiative により分子エレクトロニクス研究への投資が増え、クロスバータイプの分子メモリー [11, 12] が一つの成果とされている。2003年10月、この分子メモリー効果に対してさまざまな批判がなされている。その一つは、分子膜の中に伸びた微細な metal filament の寄与ではないかという議論である [13]。

以上が分子素子研究の発端から現在に至る大まかな興亡の歴史と考えている。図1に年表風にまとめてみた。足りない部分、誤解している点もあると思うので、識者のコメント、ご意見をお願いしたい。

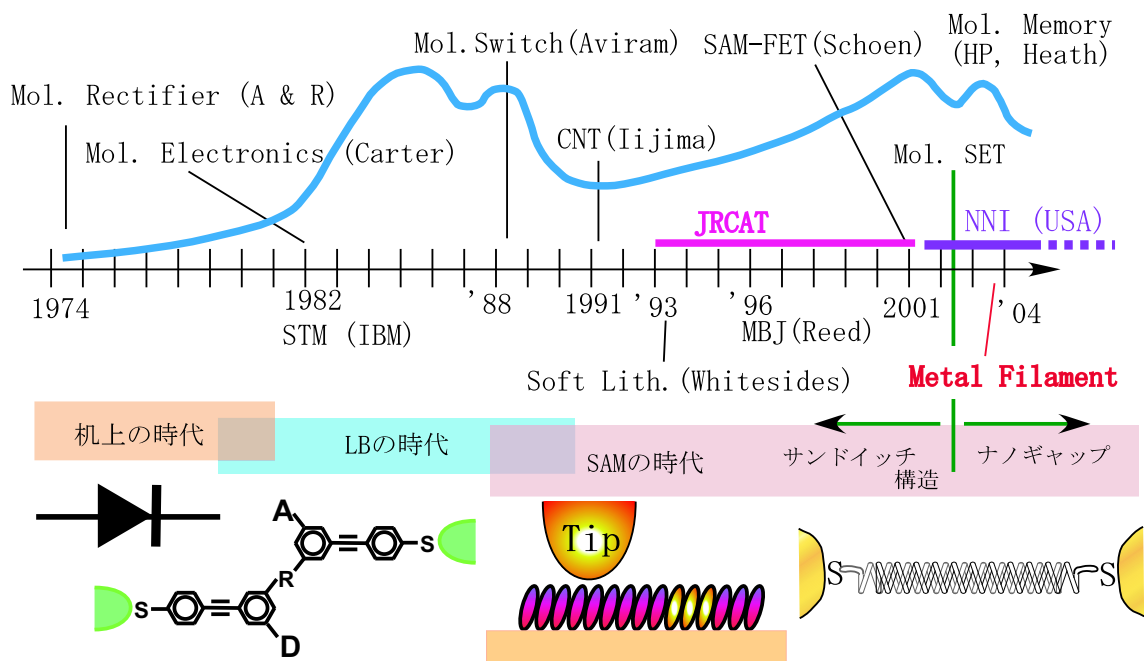


図 1: 分子素子年表.

## 参考文献

- [1] A. Aviram and M. A. Ratner, *Chem. Phys. Lett.* **29**, 277 (1974).
- [2] F. L. Carter, *Molecular Electronic Devices* (Marcel Dekker, New York, 1982).
- [3] G. Binnig, H. Rohrer, C. Gerber, and E. Weibel, *Appl. Phys. Lett.* **40**, 178 (1982).
- [4] A. Aviram, C. Joachim, and M. Pomerantz, *Chem. Phys. Lett.* **146**, 490 (1988).
- [5] R. M. Metzger and C. A. Panetta, *Synth. Metals* **28**, 807 (1989).
- [6] J. H. Schön, H. Meng, and Z. Bao, *Nature* **413**, 713 (2001).
- [7] J. Park *et al.*, *Nature* **417**, 722 (2002).
- [8] W. Liang *et al.*, *Nature* **417**, 725 (2002).
- [9] C. J. Muller *et al.*, *Nanotechnology* **7**, 409 (1996).
- [10] M. A. Reed *et al.*, *Science* **278**, 252 (1997).
- [11] Y. Luo *et al.*, *ChemPhysChem* **3**, 519 (2002).
- [12] Y. Chen *et al.*, *Nanotechnology* **14**, 462 (2003).
- [13] R. F. Service, *Science* **302**, 556 (2003).