

# 半導体漫遊記

## 湯之上隆

(370)

半導体の三大国際学会の一つであるVLSIシンポジウムが、2025年6月8日から12日まで、京都のリーガロイヤルホテルで開催された。初日である6月8日には本会議の前哨戦として、全12セッションにわたるワークショップが行われた。

その中で筆者は「電界効果トランジスタ百周年」をテーマにした特別ワークショップに参加した。開会の辞を述べた東北大学の遠藤和彦教授によれば、今年25年は電界効果トランジスタ(Field Effect Transistor:FET)の発明からちょうど100年にあたるという。

(Julius Edgar Lilienfeld)がこの基本原理を特許申請したが、当時の技術水準では実現が困難であり、そのアイデアは長らく実用化に至らなかった。

おける礎となった。MOSFET技術はその後の進化の起点となり、71年には米インテルが電卓向けに「4004」プロセッサを開発し、翌72年にはより複雑な計算が可能な「8008」プロセッサが発表された。ただし「4004」は正孔をキャリアとするPMOS構造で動作速度が遅く、「8008」は電子をキャリアとするNMOS構造で高速動作が可能だったが消費電力が大きいという課題があった。

高集積化を同時に実現することが可能となる。この「CMOSの再発明」こそが、半導体を飛躍的に進化させる転機となった。なぜならCMOS回路を微細化することにより高速化、低消費電力化、高集積化を一挙に達成できるからである。

その理論的裏付けとなったのが、74年にIBMのロバート・デナード(Robert H. Dennard)が提唱した「スケールン

を進めても、それに比例して性能が向上しなくなったのである。この課題を克服するため、半導体業界は新たな技術を生み出してきた。11年にはインテルが三次元トランジスタのFinFETを用いたプロセッサの開発・量産に成功した。また今年25年にはTSMCが、Gate-All-Around)構造のトランジスタを搭載したロジック半導体の量産を計画している。さらに30年ごろを目標に、Complementary Field Effect Transistor(CFET)と呼ばれるCMOSの開発も佳境に入っている。このように半導体技術の進化は今後も止まることはない。(微細加工研究所・所長)

## 電界効果トランジスタ発明100年

# 技術進化は今後も続く

題があった。

ン・アタラ(Martin Atalla)とドワン・カン(Dawon Kahng)が、MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)を発明し、初めて動作に成功した。そして、このMOSFETこそが、その後の半導体産業の発展に

この課題に対して注目されたのが、63年に米RCA社のフランク・ワンラス(Frank Wanlass)が発明したCMOS(Complementary MOS)技術である。CMOSでは、PMOSとNMOSを対にして組み合わせることで動作させることにより、低消費電力・高速化・

ング則」である。彼はトランジスタの寸法や電圧を一定の比率で縮小すれば高速化、低消費電力化、高集積化が全て実現できることを示した。

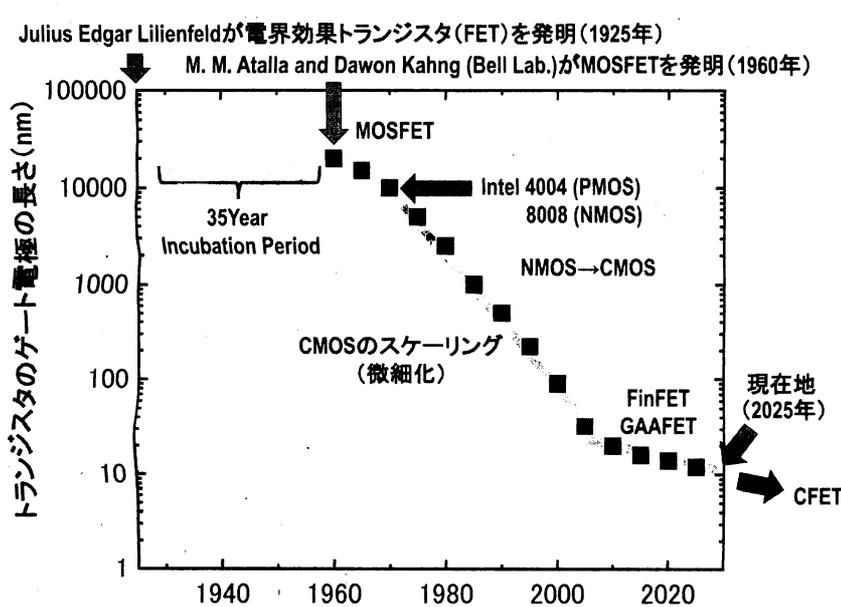
それ以来、半導体産業はこの「スケールング則」に従って、微細化の道を突き進んできた。しかし2000年代中頃以降、この法則は限界に直面する。微細化

は限界に直面する。微細化

FETとは、半導体内部に発生する電界によって電流を制御するトランジスタである。1925年に米国の物理学者ジュリアス・エドガー・リリアンフェルト

Julius Edgar Lilienfeldが電界効果トランジスタ(FET)を発明(1925年)

M. M. Atalla and Dawon Kahng (Bell Lab.)がMOSFETを発明(1960年)



電界効果トランジスタ(FET: Field Effect Transistor)の発明から100年

出所: VLSIシンポジウム2025, Special Workshop, 遠藤和彦(東北大学教授), "Centennial Anniversary of FET Invention: Past, Present, and Future"の図に筆者加筆