

第 6 章

トランジスタ・モデルの歴史

6.1 トランジスタ・モデルの発展

1949年に、アメリカのShockleyによってトランジスタが発明され、トランジスタがそれまで電子回路の中心として使用されていた真空管にとって代わる時代が始まった。表6.1に、トランジスタに関わる主な発明・発見の年表を示す。

トランジスタが発明されてからまだ50年ほどしか経っていないが、その進歩は著しく、ICとして一つのチップに集積されるまでになった。その規模は、アナログICにおいても、2万素子という数の部品が数ミリ角のチップ上に形成されるところまできている。

ところで、大規模な回路のICを作るためには、トランジスタの性能向上以外にCAD(Computer Aided Design)の進歩や回路設計技術の進歩が必要不可欠で

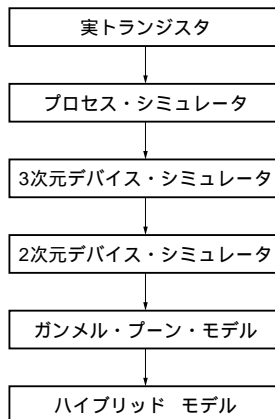


図6.1
トランジスタ・モデルおよび
シミュレータの体系

あり、その進歩なしには今日の技術の発展はありえなかった。その進歩の一つが、トランジスタ・モデルの発展である。

様々なトランジスタの等価回路を考える前に、実際のトランジスタと現在考えられているトランジスタの表現法との関係について述べる。

図6.1は、上になるほど実際のトランジスタに近い特性を示し、下になるにつれてその精度が落ちてくることを示している。

「実トランジスタ」とは、実際のトランジスタのことである。当然、等価回路で実トランジスタというものは存在しないが、説明上一つのブロックとした。

「プロセス・シミュレータ」とは、トランジスタの幾何学的形状、物理的条件に基づいて、トランジスタのレイアウトやイオン・インプランテーションの条件などを用いて拡散方程式から導き出すシミュレータであり、このシミュレータを

表6.1 半導体およびトランジスタ開発の歴史

1833年	Faradayが硫化銀に負の温度係数があることを発見
1879年	E.H.HallがHall効果を発見
1924年	Davison, Germer, Schrödingerらが、電子が波の性質を持っていることを発見
1928年	SommerfeldがFermi-Dirac統計を用いた電気伝導に関する著書を発行
1931年	A.H.Wilsonが量子力学を用いた最初の半導体に関する論文を発表。この中で今日われわれが用いているエネルギー・バンド、ホール(正孔)の概念が初めて現れた
1939年	SchottkyとMottが、space-charge dipole理論を発表
1947年	J.Bardeenが、金属と半導体の界面についての論文を発表
1948年	J.BardeenとW.H.Brattainが、初めて点接触型トランジスタを作った
1949年	Schokleyによるトランジスタの発明と理論的根拠の確立
1953年	Kroemerによる傾斜ベース・ドリフト・トランジスタの発明と理論の発表
1954年	Websterによる h_{FE} の電流依存性の解析 Ebers & Mollによるトランジスタ・モデルの発表
1956年	Moll & Rossによる一般的なベース不純物分布の理論の発表 ベル研究所が拡散ベース型トランジスタについて発表 Bardeen, Brattain, Schokleyがトランジスタについての功績によりノーベル賞を授賞
1957年	Fletcherによる高注入における接合法則の発見 Beaufoy & Sparksによる電荷制御モデルの発表 Andersonがヘテロ接合のモデルを発表
1960年	プレーナ・エピタキシャル技術の発表
1962年	Kirkによるベース押し出し効果と f_T の電流依存性の解析
1964年	Gummelによる数値解析の導入
1970年	Gummel & Poonによる積分電荷制御モデルの発表
1995年	VBIC95 ¹⁾ , MEXTRAMモデルの発表

1) VBIC95は、後にVBICと名前が変更された