

I. デジタル情報と半導体産業（続）

C. 半導体と半導体産業

1. 半導体の働き

a. 半導体とは

電気の導体と不導体：

導体：金属、塩水、身体（表面が濡れている場合）

不導体：ガラス、プラスチック、繊維

半導体（semi-conductor）：

電気を通す場合と通さない場合がある（内部条件による。成分や電圧の有無）

「半」 = half

b. 「スイッチ」としての半導体

スイッチ：

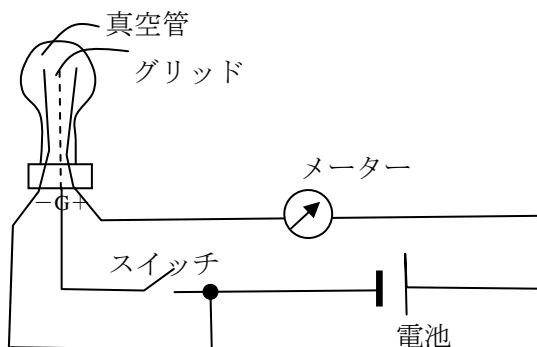
電流回路の開（オフ）・閉（オン）

物理スイッチ——金属接触

電気スイッチ

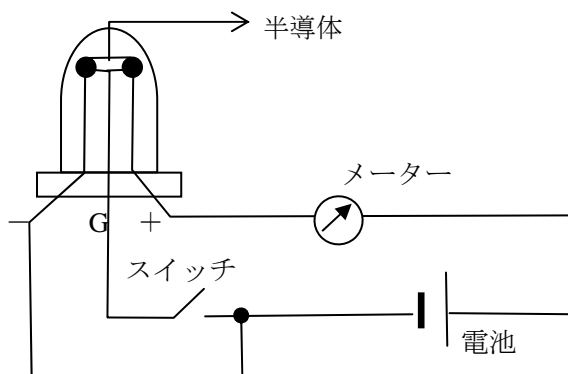
真空管：

（電球の大きさ）



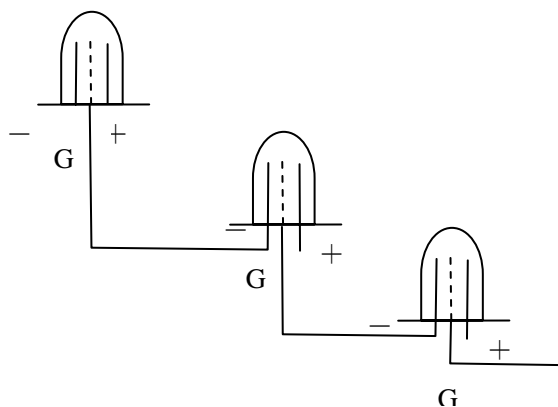
トランジスタ：

（当初は“指”の大きさ）



c. 情報処理に「スイッチ」を使う

電流の開閉を司る制御端子（G）の電圧を断続的に変化させて、プラス（+）・マイナス（-）端子間の電流をスイッチする。次に、これを使って、別のスイッチのGを働かせる。



このような「スイッチ」を多数組み合わせ、目的とする情報処理（入力ビット列を目的にしたがって出力ビット列に変換すること）を実現する。

「どんな情報処理（どんな入力ビット列と出力ビット列の組合せ）でも、十分な数のスイッチを用意することにより、スイッチの組合せで実現することができる。」

問題は、なるべく少ない数のスイッチで、目的とする情報処理を実現すること。——そのために、「情報処理のパターン化、階層化・モジュール化」が有用。

演算処理装置（中央処理装置、情報処理装置、ビット処理装置）（CPU、MPU）

電圧の有無（0と1）で電流を制御するスイッチ（そろばんの玉の位置を電氣的に表現する）。複数個のスイッチから「素子」を作り、多数の素子（数百個ないし数百万個）を集めて接続し、ビット列の処理・変換をおこなう。すなわち、CPUは電圧の有無（0と1）で作用するスイッチの集合体である。

単純なCPU（たとえば加算だけができる電卓、炊飯器用マイクロコンピュータ、専用CPU）は数千個あるいは数万個の素子で構成され、複雑な作業を行うCPU（たとえばパソコン用CPU、汎用CPU）は数百万個以上の素子によって構成される。

2. 半導体、集積回路（IC）大規模集積回路（LSI）の実現

a. 歴史

最初の素子（電源開閉スイッチ）は真空管であった。

1950年代にゲルマニウム、シリコンを主体とする電気の半導体（電気の導体と不導体の中間の物質）を使用して、高速スイッチを安価にかつ小型に実現できることが発見された。——トランジスタの発明

トランジスタの利点

ゲルマニウム・ダイオード

消費電力が低い（省エネルギー）

故障率が低い（高信頼性）

素子1個の体積が小さい（小型化、コンパクト化）

1970年代初頭に多数のトランジスタ（当初は10～50個程度）を1枚の半導体（シリコンチップ）上に作り、それらをチップ上で回路結合した集積回路（IC）が作られた。

1975年中葉以降、半導体素材の溶かし込み、写真焼付技術を応用して集積回路は小型化・高密度化され、現在においてもなお技術進歩が続いている。2002年の段階では、256メガビット（百万個の素子）を持つ指先程度の大きさの大規模集積回路（LSI）メモリーが広く使用されており、512メガビットのLSIも生産されはじめている。

コンピュータの発展は半導体の進歩によるところが大きい。過去十数年の間に同一の情報処理の仕事を行うための速度は数千倍になり、価格は数百分の一になった。

半導体と素子

	1単位の装置の サイズ (mm)	1単位の装置に 入る素子数
真空管 (1945-1950)	30 x 30 x 50	1
半導体トランジスタ (1950-1960)	5 x 5 x 10	1
集積回路 (IC) (1960-1970)	10 x 10 x 50	1000 (=1K)
大規模集積回路 (LSI) (1970-1980)	3 x 5 x 10	16K
(1980-1985)	3 x 5 x 10	256K
(1985-1989)	3 x 5 x 10	1000K (=1M)
(1989-1992)	3 x 5 x 10	4M
(1992-1995)	3 x 5 x 10	16M
(1996-1998)	3 x 5 x 10	64M
(1999-)	// //	256M

b. 半導体の種類**(i) メモリー**

構造は比較的単純（同一構造のくり返し）

安価

大量のビット列を記憶し、処理装置（CPU、MPU）の要求に応じて内容を転送する。多量のメモリーの任意の部分を高速で取り出すことができる（RAM）。多数のスイッチ素子を結合して作る。

DRAM（Dynamic Ram、ダイナミック・ラム）：記憶維持に電力を必要とする。

Static RAM（Static Ram、スタティック・ラム）：電力を必要としない。

ROM（Read-only Memory、ロム）：一度記憶したら消えない。書き換えできない。

FLASH メモリー：書き換えできる ROM。

(ii) 中央処理装置（CPU）

汎用情報処理（ソフトウェアと共に使用、複数の階層構造）

構造は極度に複雑、開発には高度の技術力が必要

——メモリーの数百、数千倍の設計が必要

高価

素子の「発熱」問題（人間の「頭と顔は冬期はだかでも風邪をひかない」）

(iii) 特定用途情報処理用半導体（ASIC）

（汎用でない、通常はソフトウェア無し）

各種機械の制御用

（けいたい端末、自動車、エンジン他——現在の日本の得意分野）

3. 半導体産業**a. 半導体の用途**

あらゆる機器（工場、オフィス、家庭）に使用

「半導体は産業のユメ」と言われた

今後も需要の大幅拡大が予測される

例：携帯端末

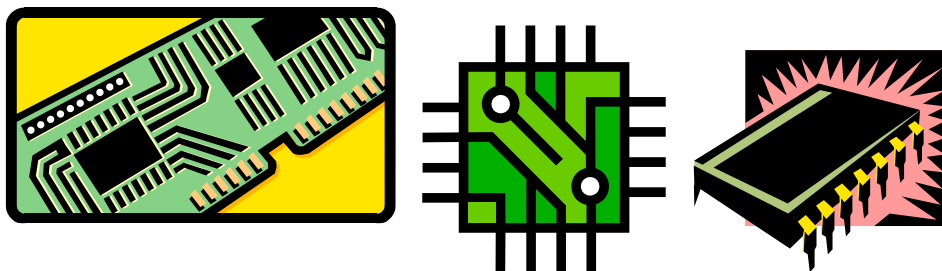
デジタルカメラ

数百個の半導体チップを使用

b. 半導体の生産**(i) 回路設計**

大量の設計図（現在ではコンピュータ内に作る）

- (ii) シリコン基板への回路図の縮小・焼き付け（フィルム写真と類似）
- (iii) 溶解・洗浄
（上記を繰り返して回路を作成）
- (iv) シリコン基板のカット、プラスチックによる封入
（接点タップは外部に出る）



- (v) 製造過程における「ごみ」と不良品の問題
小さなごみは半導体回路（極微少）の巨大な破壊者
清浄水、清浄空気が必要
- (vi) いかにして製品「歩留り」を向上させるか（コストを引下げるか）

c. 日本の半導体産業

- (vii) 1960-70年代
トランジスタ生産の拠点（手先の器用さ、低賃金（当時））
- (viii) 1980年代
通産省（当時）による LSI 開発補助
メモリ（DRAM）用 LSI で世界一となる
米国との貿易摩擦（自主的輸出規制など）
- (ix) 現在
メモリ生産では後退中
アジア諸国へ移る
特定用途半導体（ASIC）分野で伸びている
- (x) CPU 生産
一時米国に対抗したが、市場参入はほとんど実現しなかった

d. 米国の半導体生産

- 先端分野とくに CPU 生産でリード
- インテル社による CPU 生産支配（→後述）

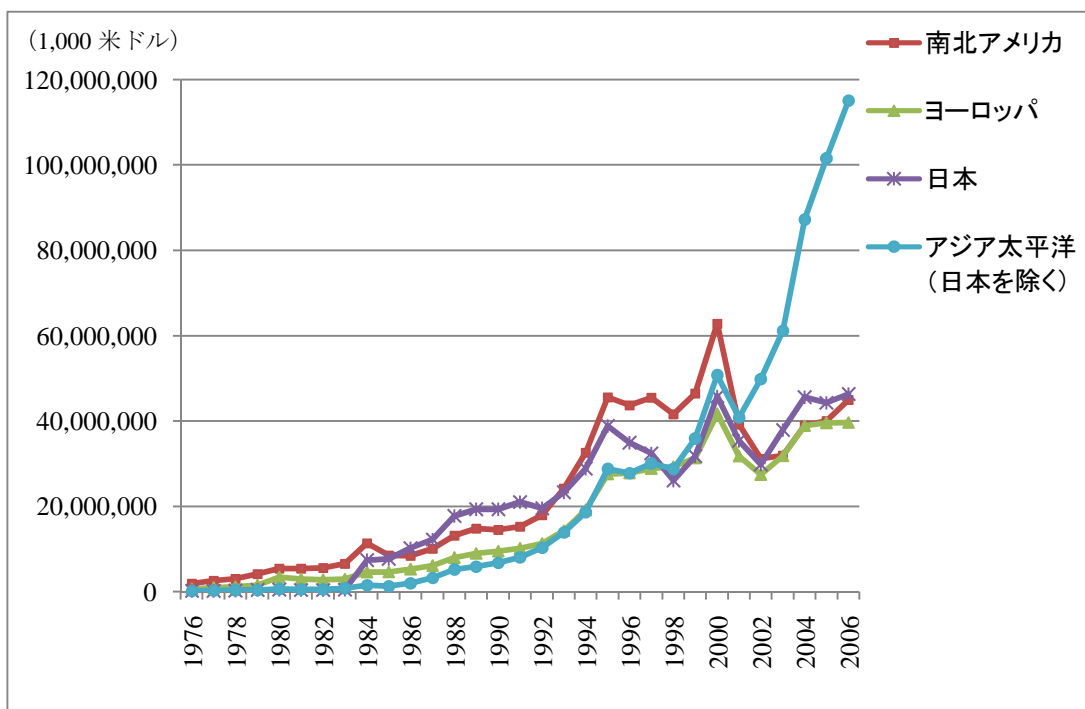
e. 世界の半導体生産（1976－2006）

（1,000US \$）

年	南北アメリカ	ヨーロッパ	日本	アジア太平洋 (日本を除く)	世界計
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1976	1,919,988	631,778	145,033	182,424	2,879,223
1977	2,529,831	877,645	161,347	234,044	3,802,867
1978	3,048,928	1,147,501	246,738	279,918	4,723,084
1979	4,162,274	1,494,932	385,610	387,587	6,430,402
1980	5,452,838	3,367,455	429,538	581,078	9,830,909
1981	5,425,282	2,924,618	416,338	560,986	9,327,224
1982	5,587,797	2,789,678	407,914	563,902	9,349,291
1983	6,530,094	2,971,676	482,877	737,061	10,721,709
1984	11,326,454	4,572,008	7,367,124	1,531,162	24,796,747
1985	8,458,463	4,622,235	7,656,909	1,279,664	22,017,271
1986	8,405,433	5,250,996	10,236,859	1,957,542	25,850,830
1987	10,049,389	6,078,194	12,278,404	3,231,277	31,637,264
1988	13,158,678	7,942,440	17,717,462	5,172,147	43,990,727
1989	14,819,176	8,944,322	19,304,389	5,872,078	48,939,965
1990	14,462,192	9,501,215	19,277,762	6,784,041	50,025,210
1991	15,219,267	10,117,287	21,049,991	8,063,225	54,449,771
1992	17,960,135	11,252,756	19,513,788	10,290,296	59,016,975
1993	24,174,149	14,280,784	23,286,469	13,912,613	75,654,011
1994	32,609,993	19,115,271	28,828,798	18,614,012	99,168,073
1995	45,562,801	27,572,381	38,829,284	28,724,626	140,689,092
1996	43,729,163	27,792,041	34,880,740	27,774,418	134,176,360
1997	45,534,242	28,823,876	32,457,325	30,010,675	136,826,118
1998	41,584,819	29,298,631	26,072,054	28,723,997	125,679,500
1999	46,446,456	31,320,266	31,772,686	35,860,577	145,399,984
2000	62,827,566	41,733,201	45,820,502	50,717,396	201,098,665
2001	39,218,365	31,762,001	35,368,311	40,836,023	147,184,700
2002	31,199,255	27,443,766	29,830,461	49,862,706	138,336,189
2003	31,906,379	31,834,569	37,940,489	61,203,900	162,885,337
2004	38,946,248	38,896,155	45,553,035	87,204,471	210,599,909
2005	40,052,047	39,534,796	44,328,226	101,536,675	225,451,745
2006	45,004,009	39,652,984	46,287,241	115,147,663	246,091,897

注) 世界半導体協会 (SIA) 発表の統計 (WORLDWIDE MARKET BILLINGS (THREE-MONTH MOVING AVERAGES))より加工して作成。

世界の半導体生産金額



世界の半導体生産金額シェア

