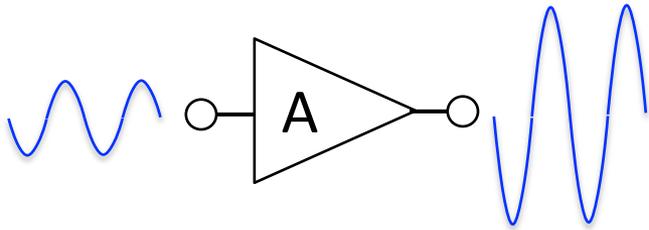


トランジスタ

トランジスタは半導体を素材とした増幅素子の総称だ。トランジスターは、それまで真空管を使っていた電子的増幅作用を半導体に置き換えただけに過ぎない。しかし、そのおかげで部屋1つ分もあったコンピュータが数ミリ角のシリコンチップに収まってしまった。現在の電子技術の根幹はトランジスターによって支えられていると言っても過言ではない。その動作原理を簡単に説明しよう。

増幅器(Amplifire)



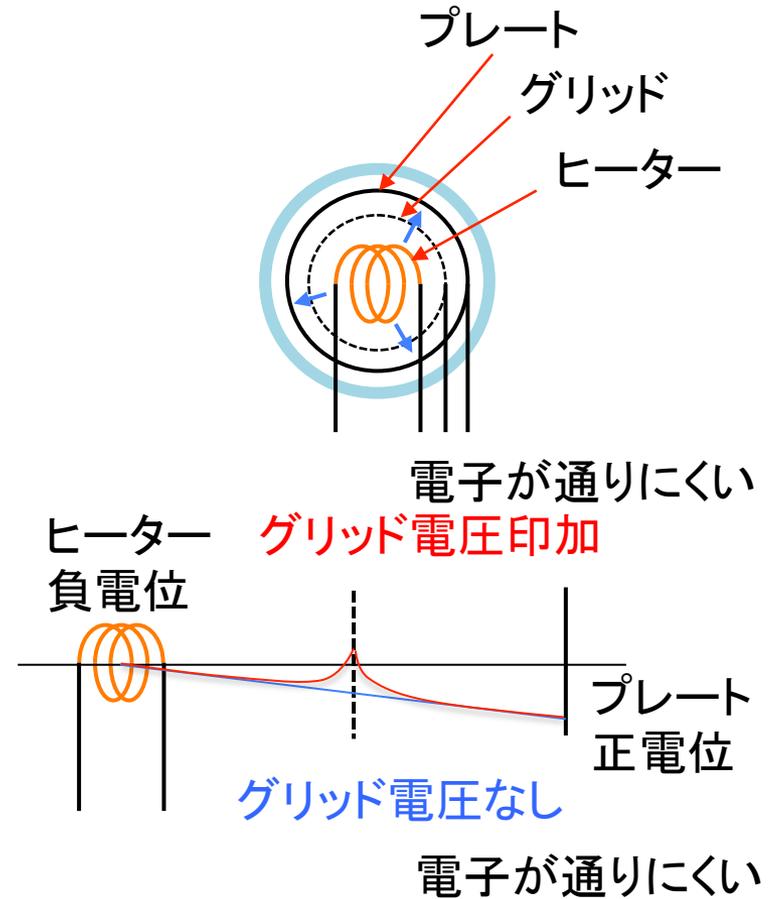
増幅器=アンプは、入ってきた電気信号を大きくして出力する装置だ。

電気信号の電圧を大きくする場合もあれば、電流を大きくする場合もある。いずれにしても、信号の持つエネルギー量が大きくなる。このような増幅作用を持つ電気素子として、初めは真空管が使われた。

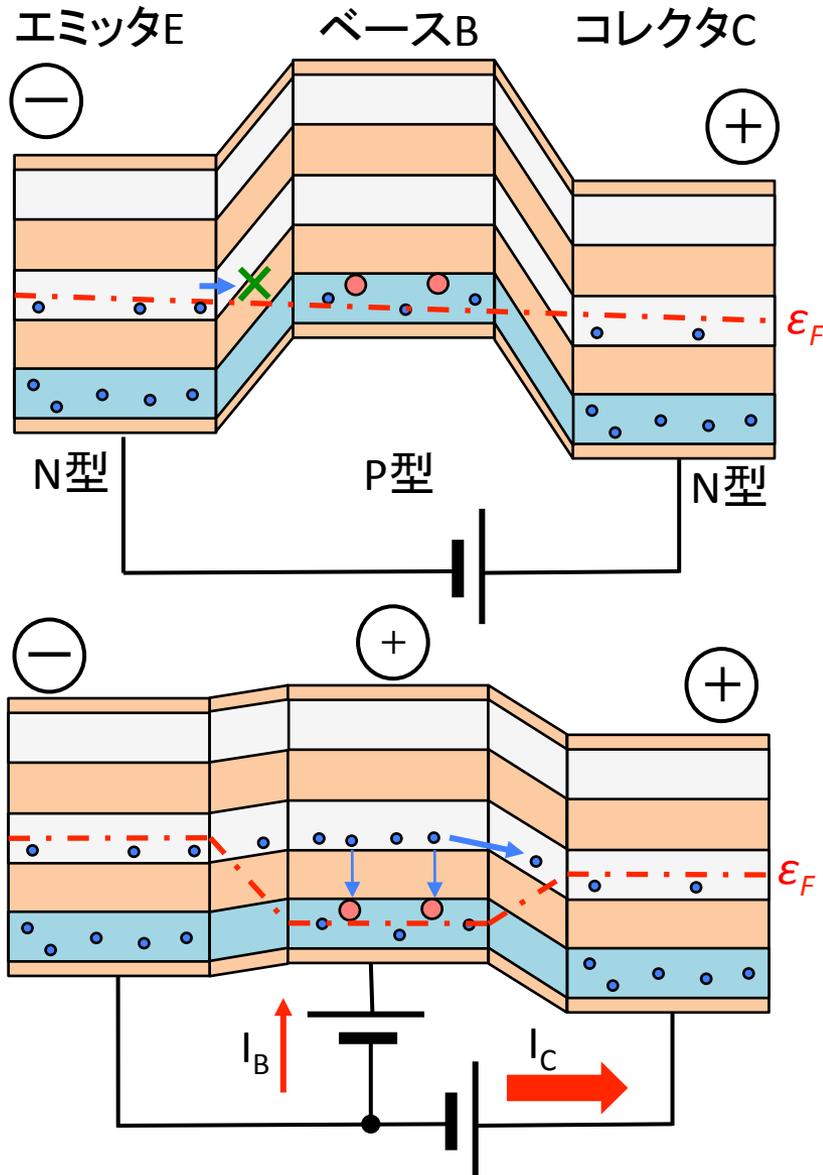


真空管

真空管は、真空に引いたガラス管内で、ヒータを使って電極を暖め、そこから飛び出す電子を途中のグリッドで遮り、最終的にプレートに到達する電子の量を制御するものである。グリッドにかける電圧で、プレートに流れる電流を制御する、電圧制御素子である。暖かい雰囲気のある真空管にはファンも多いが、真空管は、ヒータが消耗して切れる。小型化が難しいなどの制約があった。



バイポーラ・トランジスタ



NPN接合型トランジスタの構造。電子と正孔がキャリア(電荷の媒体)として働くため、バイポーラ・トランジスタとも呼ぶ。接合されたバンド間でフェルミ準位が一致するため、中央のP型(ベース)のバンドが持ち上がっている。このため、両側(エミッタとコレクタ)に電圧をかけても、電子がP型の壁を通り抜けられない。

ベースに正電圧をかけると、電子のエネルギーは引き下げられ、バンドが一致して、エミッタからコレクタに電子が流れるようになる(コレクタ電流 I_C)。一部の電子は正孔に再結合してベースにも流れ込む(ベース電流 I_B)。ベース電流によって、コレクタ電流が制御されるように見える。ベース電流とコレクタ電流の比を h_{fe} と呼ぶ。

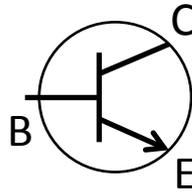
$$I_C = h_{fe} I_B$$

トランジスタの動作

NPN型トランジスタ

2SA##### 低周波・大電力

2SC##### 高周波・小電力

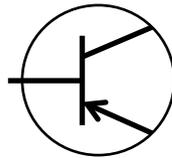


トランジスタにはベース電流 I_B によってコレクタ電流 I_C を制御する働きがある。 $I_B/I_C = h_{fe}$ を電流増幅率と呼ぶ。

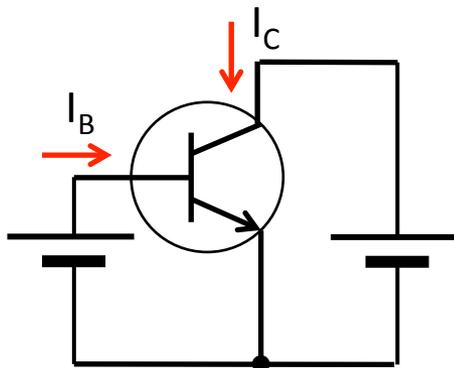
PNP型トランジスタ

2SB##### 低周波・大電力

2SD##### 高周波・小電力

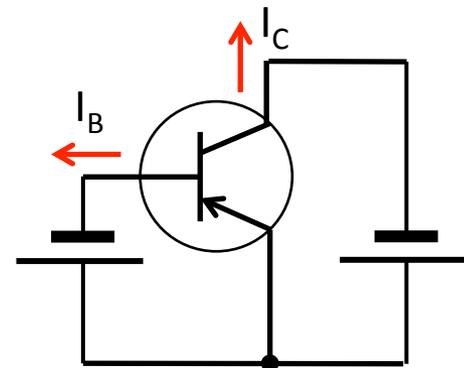


通常のトランジスタでは、 h_{fe} は大体100前後の値になる。



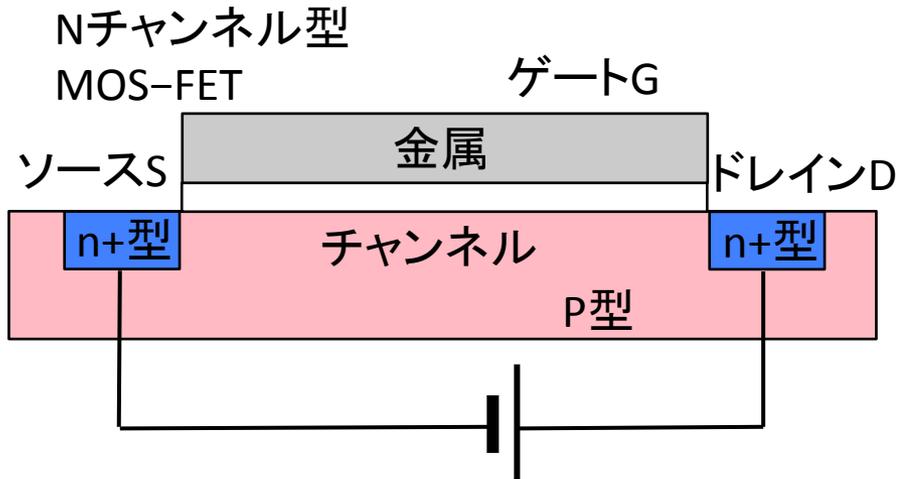
$$I_C = h_{fe} \cdot I_B$$

エミッタ接地型増幅回路の接続図

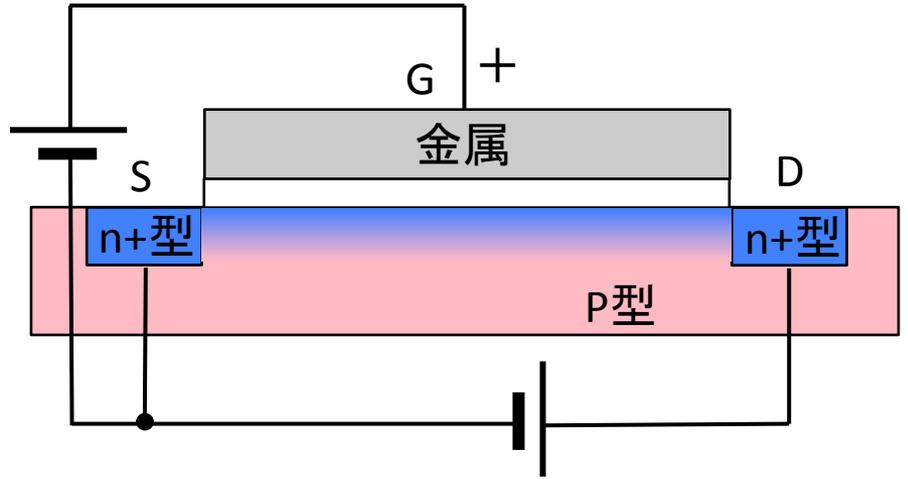


$$I_C = h_{fe} \cdot I_B$$

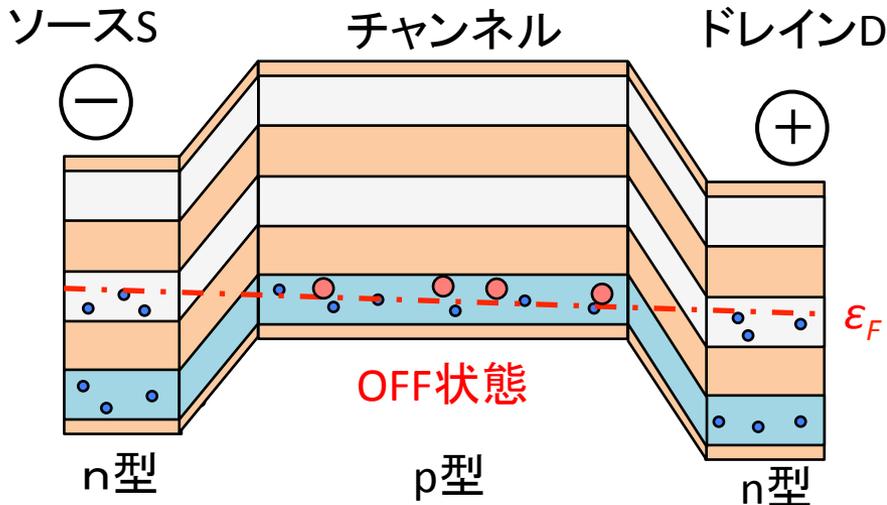
電界効果トランジスタ



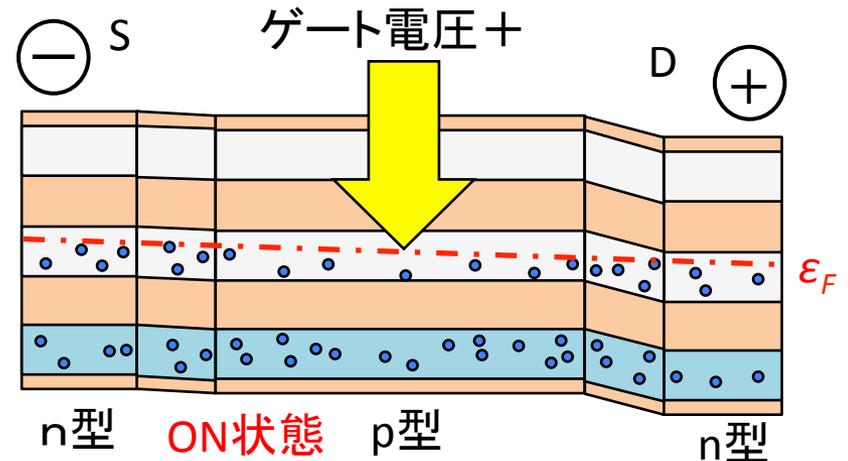
S、D間に電圧をかけてもチャンネルには電子がないので、電流は流れない。



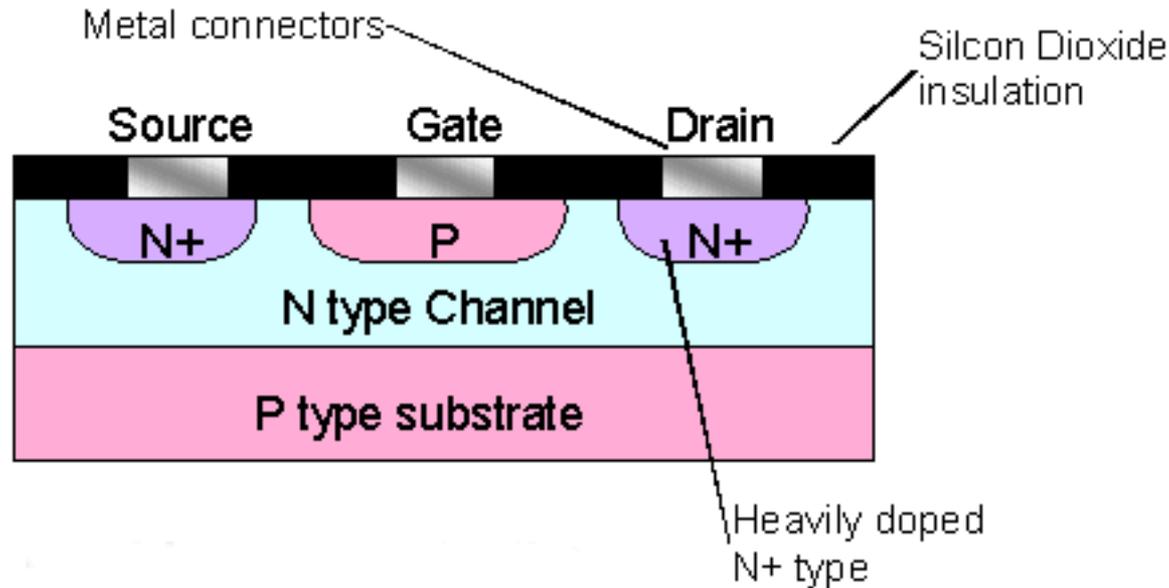
Gに正電圧をかけるとチャンネルに電子が引き寄せられ、n型と同じ電子状態になり、電流が流れるようになる。



NチャンネルMOS FETの構造



接合型FET (JFET)の構造

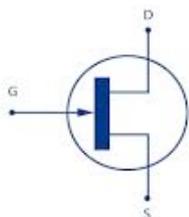
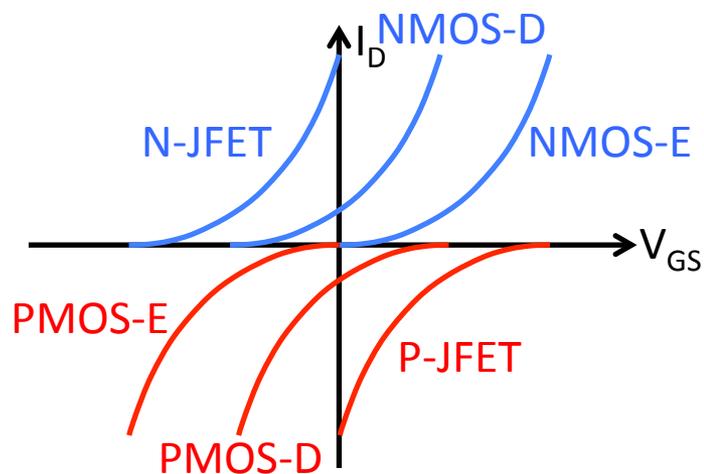


左図はNチャンネル型JFETのドーピング領域の構造。通常は易動度の高いN型が欲使われる。Pチャンネル型では、NPが逆になる。

接合型FET (Junction FET, JFET)は、目的のキャリア(図では電子)を含む領域(N)を逆キャリア領域(P)で挟み込み、チャンネルを作る。もともとチャンネルにはキャリアが存在して電流が流れるが、ゲートに電圧(-)をかけるとキャリアが押しやられ、空乏層ができて電流が制限されていく。

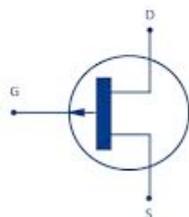
MOS-FETの特性と記号

FETのゲート電圧 V_{GS} とドレイン電流 I_D の関係。基本的にゲート電圧に対して電流は増加傾向にあるが、FETの構造によって出発点の電圧が異なっている。または0電圧での I_D の値が異なっている。



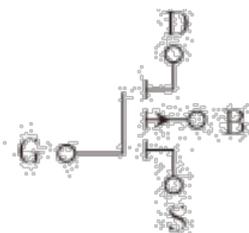
nチャンネル
接合型FET

n型半導体を
p型領域で挟
みこむ。



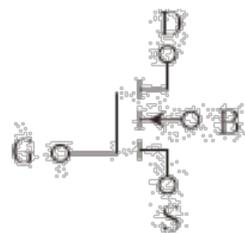
pチャンネル
接合型FET

p型半導体を
n型領域で挟
みこむ。



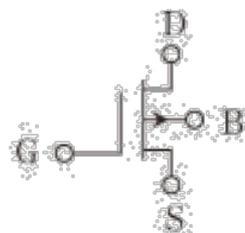
(a) pチャンネル
エンハンスメント形

n型半導体に
ドーパなし
0電圧でOFF
-電圧でON



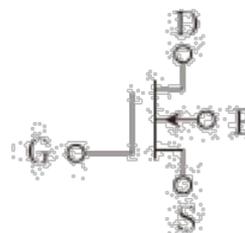
(b) nチャンネル
エンハンスメント形

p型半導体
にドーパなし
0電圧でOFF
+電圧でON



(c) pチャンネル
デプレッション形

n型半導体に
pドーパ
0電圧でON
-電圧で増加



(d) nチャンネル
デプレッション形

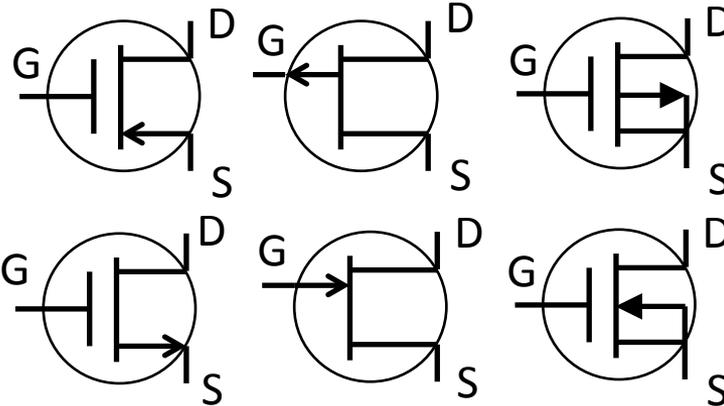
p型半導体に
nドーパ
0電圧でON
+電圧で増加

(注) D:ドレイン、S:ソース、G:ゲート、B:基板

FETの動作

PチャンネルFET
2SJ####

NチャンネルFET
2SK####

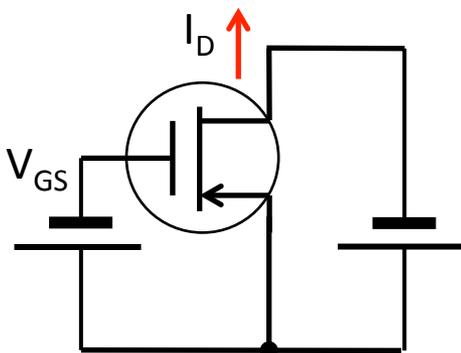


MOS-FET

JFET

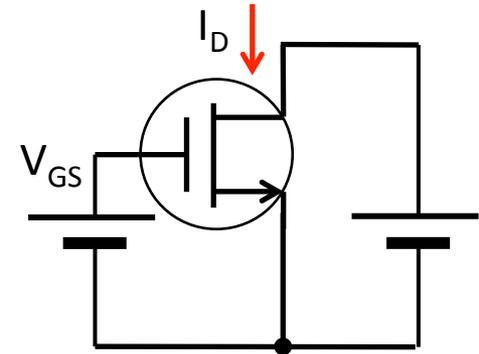
MOS-FET
の別表記

FETには、正孔がキャリアとして働くPチャンネル型と、電子がキャリアとして働くNチャンネル型がある。それぞれの構造や特性により、複数の表記方法があるが、ゲートG、ドレインD、ソースSの役割は基本的に同じだ。



$$I_D = g \cdot V_{GS} + I_{D0}$$

FETはゲート電圧 V_{GS} でドレイン電流 I_D を制御する。 I_D の0値はFETの作り方で異なっている。
FETの使用方法によって、望ましい特性の素子を選ぶ必要がある。



$$I_D = g \cdot V_{GS} + I_{D0}$$

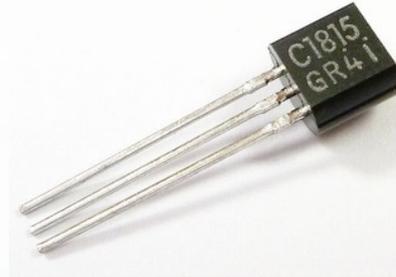
バイポーラ・トランジスタ



パワートランジスタ



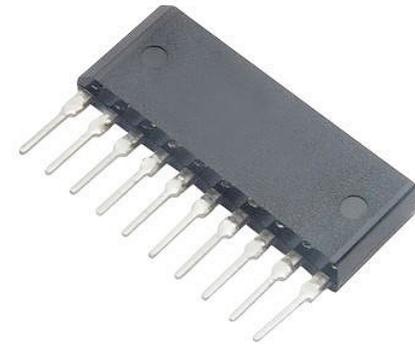
放熱器つきトランジスタ



小電カトランジスタ



チップトランジスタ



トランジスタアレイ



高周波トランジスタ

