

最新半導體 用語辭典

R
73.69072
501

最新半導体用語辞典

追 補



最新半導体用語辞典

昭和45年3月30日 初版発行

昭和46年5月20日 第2版発行

1970 © 編著者 時 田 元 昭

発行人 小 沢 俊 昭

発行所 C Q 出版株式会社

定 価

800 円

東京都豊島区巢鴨 1-14-2

電話(944)0311(代)振替東京10665

印 刷 信陽堂印刷機

製 本 経文社井上製本

最新半導体用語辞典

時 田 元 昭 編

C Q 出 版 社

まえがき

昭和39年トランジスタ技術誌発刊の時から、その2ページを借用して紹介してきた「用語豆辞典」も毎回耳新しい用語を解説しながら回を重ねて60回を越えました。

今回これにいままでとりあげなかった基本的な用語、記号と最新の用語をも収録して、用語辞典としてまとめることになりました。半導体素子を扱うことをすでに専門としている読者にはごくあたりまえの用語もあり、少々やさしすぎる解説もあります。電子工業、わけでも半導体電子工業の進歩はめざましく、私たちの周囲には次々と新しい用語が飛び出してきています。一方では、これら半導体部品を扱う人が電子回路技術者だけでなく、電気、機械、物理、化学そしてこれら電子部品の販売関係者にまで広がってきているからです。

本書では半導体電子部品を扱う人達にとって、耳にする用語のほとんどを網羅しています。その解説もつとめて平易にしました。一つの用語に対して十分な知識が得られるばかりでなく、さらに知識欲おう盛な人達のために参照する用語を文末に示してあります。

1970年3月

編 著 者

凡 例

収録用語 半導体および半導体素子の物性、製法、構造、動作原理、応用回路など、広範囲にわたる用語を網羅しました。

用語配列 カタカナ、漢字ではじまる用語は表音式にアイウエオ順に配列し、欧文ではじまる用語と記号については、その後にアルファベット順に配列しました。なお、表記法はとくに統一せず、常識と慣例に従いました。

一般約束 ①本文中の人名は敬称を略しました。

②原則として、各用語に相当する英文を()内に記しましたが、満訳のないものについては省略しました。

③同じ意味の用語については、原則として、最も一般的に用いられると思われる用語に解説を付し、それ以外の用語については、見出し語として掲げ、**【イ】**の記号により、解説のある見出し用語を示しました。

④各用語の解説には、それと対をなす用語、とくに関係のある用語と**【イ】**の記号で解説の最後に付しました。

ア

アイソレーション (isolation) 半導体集積回路 (IC) では一片の半導体ベレットの中にトランジスタ、ダイオード、抵抗などの回路素子を詰め込むので、それらの素子をまず、それぞれ分離して孤立させた状態に作り込む必要があります。

これを絶縁または分離といいます。完全な絶縁物をはさんで絶縁する方法だけでなく、PN接合による方法もあるので、分離またはアイソレーションという言葉を使う方が適当と思われます。

アイソレーションについてはつぎのような方法が考えられます。

- (1) マルチ チップ方式
- (2) PN接合分離
- (3) 絶縁層分離
- (4) 空隙分離

(1)のマルチ チップ方式は、何個かのチップ、すなわちベレットを用いるものです。個別部品を集めてICにするというものはあまり意味がなく、ICのチップを何個か用いて、より高次のICをうる、MSI、LSIの手段には実用性があります。

(2)のPN接合分離は現在のバイポーラICの大部分が採用している方法で、逆バイアスされたPN接合で各素子を分離するものです。このため代表的な方法としてP型サブストレートの上にN型エピタキシャル層を成長させ、このN型層に基盤の目のようにP型小純物を拡散（これを分離拡散または絶縁拡散と呼びます）してP型シリコンの中に孤立したN型の島をたくさん作るという方法をとっています。

(3)の絶縁層分離は多結晶シリコン、シリコンカーバイド、シリコンナイトライド、

セラミック、ガラスなど各種の方法が研究されています。PN接合に比べて絶縁が完全で耐圧が高く、分容量が $1/10 \sim 1/30$ に小さくなる特長があります。

(4)の空隙分離は余分のシリコンをエッチングで除き、空隙を作って分離するもので、エア アイソレーション (air isolation) ともいいます。これこそ本当の分離であり、絶縁でもあります。ビームリード方式はその代表的なものです。

アインシュタインの関係式 (Einstein's relation) 結晶中での電子の拡散定数 D と移動度 μ との間には次のような関係があります。

$$\frac{D}{\mu} = \frac{KT}{q}$$

これをアインシュタインの関係式といいます。ここで K はボルツマン定数、 T は絶対温度、 q は電子の電荷です。ここで右辺の KT/q という形は半導体関係にはよく出てくる式ですが、この値は、いま常温を $T = 300^\circ\text{K}$ として計算すると、 KT/q は約 0.026V となります。

この関係式は電子だけでなくホールについても、 D および μ にホールとしての値を入れればやはり成り立っています。

アウト ディフュージョン (out diffusion)

外方拡散と訳しています。不純物を含む固体を高温状態においた時、固体中の不純物が拡散して外に出てしまう現象です。

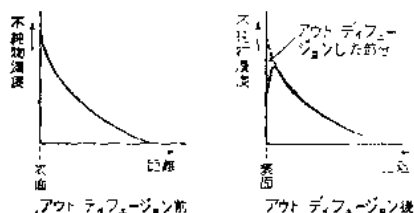
拡散型のトランジスタなどでふつうに使う拡散処理は、ウェファを高湿の炉に入れた状態で不純物のガスを送って、ウェファの表面に拡散させて不純物をしみ込ませるという方法でした。これは気相から固相へ

の拡散です。ところがこの高温の炉を使い、不純物ガスを絶って不活性ガスを送るか、あるいは真空中で高温におくと、ウエファの表面から不純物が外方に拡散して固体の外に出てしまい、表面の不純物濃度が下がります。これがアウト・ディフュージョンです。

ふつうの拡散によると表面の不純物濃度がもっとも高く、表面から内部に向かうに従って不純物のしみ込み方も少なく、したがって、不純物濃度もだんだん下がってゆきます。

このようなウエファをアウト・ディフュージョンすると、表面の不純物濃度が下がって図のような不純物濃度分布にすることができます。この方法は拡散後、表面の不純物濃度が高すぎて困る時に、表面だけ不純物濃度を下げるために行なわれます。たとえば、トランジスタでベース層を拡散した後、エミッタ拡散前にアウト・ディフュージョンを行なうことによって、エミッタ直下のベース領域比抵抗を高くし、これによって、エミッタ耐圧を高くしたり h_{FE} を高くする（注入効率を高くできるので）ことができます。

アウト拡散



《アウト・ディフュージョンによる不純物濃度分布の変化》

空格子点 (vacancy) 結晶格子の乱れを一般に格子欠陥といいます。このうち、結晶を形作っている格子点に原子が存在しないで空いているものを空格子点といいます。

す。この空格子点はいくらかは必ずあるものなのですが、高温になるほどその数が大きくなり、急冷するとそのまま凍結しますから、単結晶を作るときは扱い方によっては格子欠陥の多いものを作ってしまうことがあります。このほか、高いエネルギーの放射線に半導体結晶を当てると、原子を格子点からはじき出して割り込み原子とし、そのあとに空格子点を作る格子欠陥が多くできます。

空レベル (empty level) 原子は正電荷を持つ原子核と、負電荷を持つ、その原子特有の個数の電子とでできていると考えられています。

この電子は原子核の周囲をそれぞれの軌道に分かれて回っているの、それぞれの電子は特有のエネルギー状態にあるといえます。逆にいって、電子はある決められたエネルギー状態をとりうるのですが、エネルギーの低い方から順に存在するエネルギーレベルに、ふつうは下から順々に収容されてくることになります。電子が収容されないで、空になっているエネルギーレベルを空レベルというのです。

アクセプタ (acceptor) 3価の原子、いかえれば3個の価電子を持つ原子を、ゲルマニウムやシリコンのように、ダイヤモンド格子を作る半導体結晶の中に不純物として一部混入すると、この半導体はP型になります。これは3価の原子が完全な共有結合を作るためには価電子が1個不足するので、その不足を補うための価電子を他から奪って共有結合を作ろうとする傾向を持っているからです。3価の不純物原子は常温程度のエネルギーで価電子を奪って負イオンとなっており、これによって価電子を奪われたあとにホールができたので、半導体はP型になるわけです。不純物として混入した時に自身は負イオンとなってホールを生ずるような原子は、「電子を受けとるもの」という意味でアクセプタと呼ばれます。

す。このような不純物原子は、第Ⅲ族原子であるアルミニウム(Al)、インジウム(In)、ガリウム(Ga)、ボロン(B) などがあります。

アクセプタ準位 (acceptor level)  アクセプタ レベル

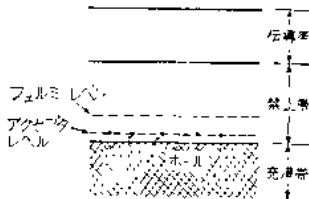
アクセプタ不純物原子 (acceptor impurity atom)  アクセプタ

アクセプタ レベル (acceptor level)

半導体の中に不純物として混入した原子によってホールが生じ、半導体がP型となるような不純物原子をアクセプタと呼んでいます。この様子をエネルギー帯の図で表わした時、アクセプタによって禁止帯の中にできたエネルギー レベル をアクセプタ レベル といいます。

純粋な半導体では充満帯と伝導帯との間は禁止帯でへだてられていて、熱的励起によってそのエネルギーギャップを飛び越えて充満帯の電子が伝導帯に上がるには、かなりの高温を必要としました。ところが不純物としてアクセプタを混入すると、アクセプタによるエネルギー レベル は充満帯のすぐ上にでき、常温程度の比較的小さな熱エネルギーで充満帯中の電子がアクセプタ レベル に上がることができます。充満帯から電子が抜けたあとはホールができたことになり、このホールが電気伝導に寄与するので、半導体はP型となるわけです。

いっぽう電子を受け取った方のアクセプタは負電荷を帯びているので、その時のアクセプタ レベル は $-q$ の負イオンを示す



《禁止帯の中で充満帯の上にできた アクセプタ レベル》

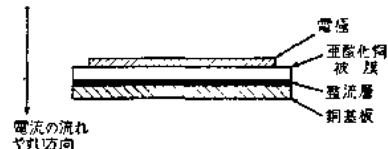
ものと考えます。

亜酸化銅整流器 (cuprous oxide rectifier)

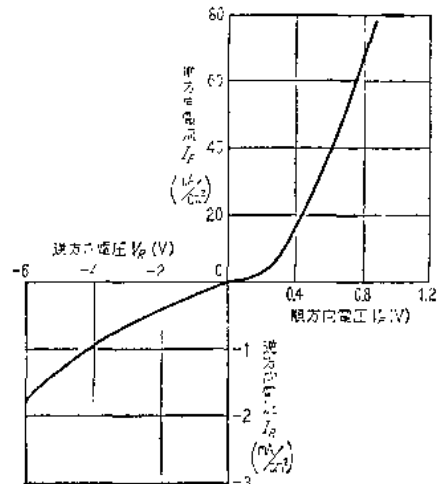
1929年にグロンダールという人がこれの実用的に使えるものを作った以来、蓄電池の充電用として使われたことがあるというから相当に古いものです。

しかし、逆方向の耐圧が一素子あたり6 V程度、逆方向電流もかなり大きいので、この点では現代のシリコン整流器、ゲルマニウム整流器とは比べものにならず、セレン整流器よりも劣っています。したがってセレン整流器が普及してきてからは、電源整流用としては使われなくなりました。

順方向の電圧降下、すなわち立ち上がりの電圧がこれらの整流器に比べてもっとも低いので、その後は直径2~10mm程度の素子が、計器用、リング変調用などに使われ



《亜酸化銅整流器の構造》



《亜酸化銅整流器の特性例》

ましたが、今ではこれらの用途もゲルマニウム ダイオードにとって代わられました。

構造は銅板の表面を熱処理して亜酸化銅の被膜を作り、その表面に鉛のようなやわらかい金属を圧着したものです。整流作用は銅板と亜酸化銅の間で行なわれ、亜酸化銅から銅板の方向が順方向です。図はその特性例ですが、整流電流は 1cm^2 あたり約 400mA 、最高使用温度は 50°C 程度となっています。

アステブル マルチバイブレータ (astable multivibrator) 〔無安定マルチバイブレータ〕

厚膜集積回路 (thick film integrated circuit)

絶縁物の基板の上に薄い膜状の回路素子が作られ、それが互いに配線されて一つの回路機能を持つものを膜集積回路といい、その膜の厚みが1ミクロン程度より厚いものを厚膜集積回路といいます。これより薄いものが薄膜集積回路です。ただしこの厚みの境界の1ミクロンという値は必ずしも厳密なものではなく、だいたいこのぐらいで分けているという程度です。

厚膜の代表的なものはサーメットで、これはペースト状にした銀、白金、パラジウムなどをスクリーン印刷した後、焼結したものです。

薄膜の代表的なものはニクロム、タンタル、金などを蒸着やスパッタリングしたもので、精密なパターンを作ることができます。ところが、このように膜の厚みの区別をしないで、薄膜と厚膜をいっしょにしてすべて薄膜集積回路と呼ぶことも多いようです。

特に、モノリシックの半導体集積回路と対比している時は、このように大ざっぱな意味で薄膜集積回路といっています。トランジスタやダイオードなどのアクティブな素子は膜状に作ることがむずかしいので、ディスク型やモリタブのような超小型トラ

ンジスタをハンダ付けして組み込むか、チップ組み込みの方法によっています。

〔薄膜集積回路〕

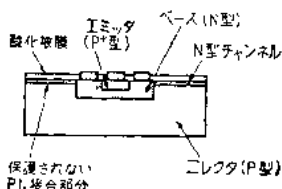
アドミタンス パラメータ (admittance parameter) 〔yパラメータ〕

アニュラ構造 (annular structure)

アニュラというのは環状のもの（太陽の金環蝕のような）をいうのですが、半導体の用語としては米国の Motorola 社の特許である表面安定化の技術が有名です。

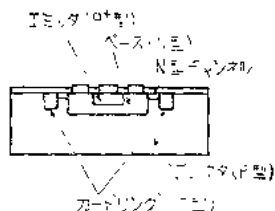
PNPシリコン トランジスタ をプレーナ構造で作ると、原理的にはコレクターベース間接合は酸化被膜に保護されていますが、P型のコレクタ表面が一部分N型に変化するチャンネルの現象があって、酸化被膜の保護作用が完全にできにくい欠点がありました。このようなチャンネルの生成は不純物濃度の低いP型シリコン表面に起こりやすく、したがって、高耐圧のPNPトランジスタでは宿命的な問題だったのです。

チャンネルができるとベース領域とつながったN型部分がペレットの切り口まで伸



＜ガード リングのない＞

PNPシリコン プレーナ型



＜アニュラ構造のない＞

PNPシリコン プレーナ型

びてきて、酸化被膜で保護されていない部分に露出してしまふので、ベース-コンタ接合の特性が劣化しやすく、高耐圧のトランジスタが作りにくいのです。そこで、Motorola 社はこの問題を解決するために、江川のコレクター-ベース接合の外側にこれを取り巻いて環状のP型領域を作り、これでコンタ上のチャンネルを中断することを考えました。このP型領域を非常に高濃度に拡散で作ることによって、このP型部分にはチャンネルができないようにしてあるので、トランジスタとして動作する部分は完全に酸化被膜の下に入ってしまったて露出しないからです。この意味で、この方法をガードリング(guard ring)とかバンドガード(band guard)と呼ぶこともあります。

ガードリングの技術はPNPシリコントランジスタで高信頼度のもの、高耐圧(せいぜい数十Vであっても)のものには非常に重要な技術です。

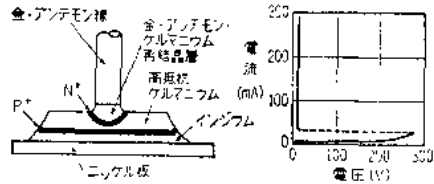
アバランシ注入ダイオード (avalanche injection diode) 高抵抗ゲルマニウムペレットの片面をインジウム、ハンダで合金してP⁺領域を作り、他の片面に金アンチモン線をボンドしてN⁺領域を作った構造のダイオードです。

電圧の加え方はN⁺側を正に、P⁺側を負にして、N⁺側、P⁺側のどちらからもキャリアの注入がないようにしておきます。この状態で電圧を上げてゆくと、漏れ電流としての、小さな電流がほぼ一定で流れるだけです。ある限界の電圧を越えて電子なだれが起き始めると、ホールと電子がキャリアとして生じ、電流はさらに大きくなります。

電圧降下は正電極(N⁺側)付近の、非常に高電界のうすい範囲になり、素子のその他の部分の電界は弱まって、ほとんど0近くなります。正電極側のうすい電子なだれの起こっている範囲はホールが多数発生し、このホールは低電界の範囲に注入され

てその部分の比抵抗を下げ、電子なだれによる大電流が流せるようになります。

したがって、このアバランシ注入ダイオードの電圧、電流特性は、印加電圧がアバランシ電圧を越えると急激に電圧降下が小さくなって大電流が流れ、オン状態に移ります。スイッチング時間は上昇時間で3nS程度の、かなり速いものができます。



《アバランシ注入ダイオードの構造と特性例》

アバランシ トランジスタ (avalanche transistor)

電子なだれトランジスタともいいます。トランジスタに低い電圧を加えた時には I_{co} しか流れないオフ状態であり、高い電圧を加えた時にはアバランシブレークダウンを起こして充分低い抵抗のオン状態となるようなスイッチング用の負性抵抗素子です。構造的にはふつうのトランジスタとあまり変わりませんが、合金型トランジスタでの例をみると、コレクタ耐圧を高くし、また、オン時の電圧を下げるために電流増幅率 α はできるだけ高く作られます。

トランジスタのE-B間に抵抗をつなぎ、C-E間の電圧-電流特性をとってみると、コレクタ電圧をしだいに上げてゆくと V_B でアバランシブレークダウンが起こって電流が増大します。ベース回路の抵抗による電圧降下はエミッタを順バイアスし、また、 α も1に近づくので、ベースにはほとんど電流が流れなくなり、コレクタ電流は、

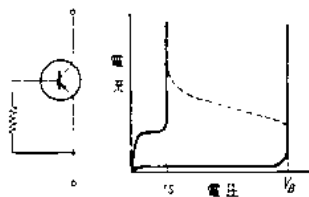
$$I_c = \frac{I_{co}}{1 - \alpha M}$$

となります。 M はアバランシの電流増倍率です。 M の電圧依存性を考えると、 $\alpha M = 1$

となる電圧、

$$V_S = V_B \times \sqrt{1 - \alpha}$$

でオン状態となります。ここで n はPNPトランジスタでは3、NPNトランジスタでは6となります。アバランシトランジスタとしては n をできるだけ小さくしたいのでPNP型の方が有利といえます。



《アバランシトランジスタの特性》

アバランシ ブレークダウン (avalanche breakdown) PN接合に逆方向電圧を加えて、その電圧をしだいに高くしてゆくと、ある電圧から逆方向電流が急激に増加する、いわゆるブレークダウン、あるいは降伏と呼ばれる現象があります。このような現象が起きるのは空間電荷領域での電界強度が非常に大きくなってからで、その機構にはアバランシ ブレークダウンとツェナー ブレークダウンとが考えられます。

アバランシ ブレークダウンでは、P側の半導体の方にある電子がN側に向かって移動する途中、空間電荷領域での強い電界で加速され、その大きな運動エネルギーで結晶の共有結合を形作っている電子と衝突して電子を叩き出し、動ける電子、すなわちキャリアとしての電子を作り出します。これはエネルギーバンド構造で考えると、電界による電子の運動エネルギーで充満帯の電子を伝導帯に引き上げ、これによって新たに発生した伝導電子が高電界でさらに同じことをくり返していくので、伝導電子の数がなだれ式に急激にふえてゆくことになるわけです。これをなだれ増倍効果とかアバランシ増倍効果といい、これによって

急激に逆方向電流が増大する電圧をアバランシ ブレークダウン電圧といいます。

いま、PN接合に加える逆方向電圧を V_R アバランシ ブレークダウン電圧を BV_A 、このアバランシ増倍効果によって増加する逆方向電流の増倍率を M とすれば、

$$M = \frac{1}{1 - \left(\frac{V_R}{BV_A} \right)^n}$$

のように表わせます。この増倍率 M は低い電圧ではほとんど1に近いのですが、 $V_R = BV_A$ では無限大になるわけです。この式の中の n は物質によって、また、主な働きをするキャリアが電子かホールかによって異なる値となります。

半 導 体	主 な キャリア	接 合 の 不純物度	n
ゲルマニウム	電 子	P-N	6
	ホー ル	P'-N	3
シ リ コ ン	電 子	P-N	2.5
	ホー ル	P'-N	2.5

《物質とキャリアの違いによる n の値》

アーリー効果 (Early's effect) トランジスタのコレクタ電圧を変化させると、それにつれて空乏層の厚さが変化しますから、実効ベース幅が変化することになります。これによってコレクタからエミッタへの電圧降下と、コレクタ出力抵抗が減少するという現象が起こりますが、この二つを総称してアーリー効果または空乏層広がり効果と呼びます。

一般に、トランジスタでは、エミッタ電圧を一定に保っておいてもコレクタ電圧を上げてゆくと従ってエミッタ電流が増加していきます。これはコレクタ電圧の増加につれてその空乏層の広がった分だけベース幅が小さくなるからです。

この効果はエミッタ電流を一定に保っておいた場合には、コレクタ電圧の増加につれてエミッタ電圧の減少となって現われてきます。コレクタ電圧の変化 ΔV_C に対す

るエミッタ電圧の変化 ΔV_E の比がアーリー定数となります。

エミッタ電流を一定としても、ベース幅の変化によって電流増幅率 α とコレクタしゅ断電流 I_{CBO} が変化し、このため、コレクタ電圧を増すことによってコレクタ電流が増大するようになります。このことはコレクタ抵抗が低下したことに相当します。逆方向バイアスした理想的PN接合の交流抵抗は無限大となるはずですが、実際にはいろいろな漏れ電流のため有限の抵抗になりさらにアーリー効果によって小さくなるわけですが、T型等価回路のコレクタ抵抗 r_c がこれにあたりますが、いろいろの仮定を設けた計算によると、 r_c はほとんどエミッタ電流に反比例して減少します。

$$r_c = \frac{KT}{2q(1-\alpha)\mu \times I_E}$$

ただし K : ボルツマン定数, T : 絶対温度, q : 電子の電荷, α : ベース接地電流増幅率, μ : アーリー定数, I_E : エミッタ電流

アーリー定数

アーリー定数 (Early's constant)

一般にトランジスタはエミッタ電圧を一定にしておいても、コレクタ電圧を上げてゆくと従ってエミッタ電流が増してゆきます。これはコレクタ電圧が高くなると空乏層が広がった分だけベース幅が狭くなる、いわゆるアーリー効果が原因となっています。この効果はエミッタ電流を一定としておくと、コレクタ電圧を上げてゆくと従って、エミッタ電圧が下がるという現象として現われます。そこで、コレクタ電圧の変化 ΔV_C に対するエミッタ電圧の変化 ΔV_E の比をアーリー定数といい、 μ の記号を用います。

$$\mu = \frac{\Delta V_E}{\Delta V_C}$$

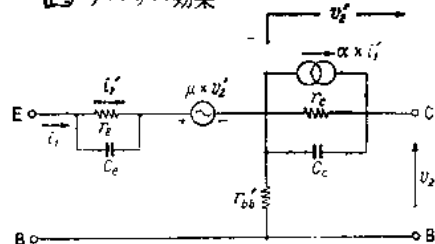
このアーリー定数の値は $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 程度の非常に小さな値です。アーリーの等価回

路では、このアーリー定数による影響を帰還電源 $\mu \times v'_2$ としてエミッタ側に加えてあります。周波数が高くなると r_c よりも C_c による帰還が支配的となり、200kHz 程度より高い所では、帰還電源 $\mu \times v'_2$ は無視できるようになります。低周波では h_{re} パラメータの中でこの帰還の影響が最もはっきり出るのは h_{re} で、

$$h_{re} = \frac{r_{bb'}}{r_c} + \mu$$

の関係があります。

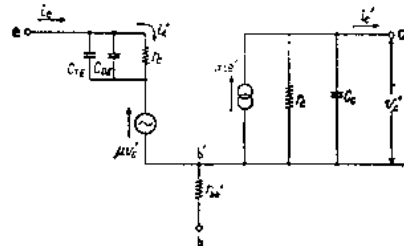
アーリー効果



＜アーリーの等価回路における帰還電源＞

アーリーの等価回路 (Early's equivalent circuit)

この等価回路は、トランジスタの物理的な内容を比較的よく表わしています。しかも、かなりの超高周波でのトランジスタの動作を、この等価回路を基にして導くことができます。エミッタリードから入った入力電流のうち、エミッタ抵抗に流れる分 $i_{e'}$ が α 倍され、また、出力電圧 $v_{e'}$ によるアーリー効果によってエミッタ側に



＜アーリーの等価回路＞

帰還電源 $\mu \times v_e'$ を考慮しています。

この等価回路の各素子の意味を説明しておきますと、

r_e : エミッタ接合抵抗

$$r_e = KT/q \times 1/I_E$$

C_{TE} : エミッタ接合容量

C_{DE} : 拡散容量

r_c : コレクタ接合抵抗

C_c : コレクタ容量

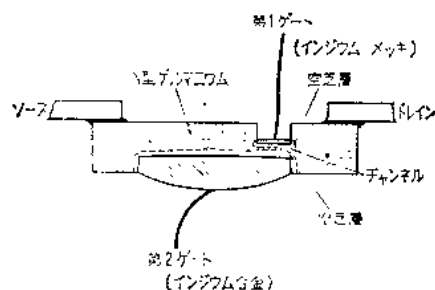
α : ベース接地電流増幅率

μ : アーリー定数

$r_{bb'}$: ベース抵抗

アルカトロン (arcatron) テクネトロン

と同じくフランスで作られたゲルマニウム FET の一種で、ゲート電極が非対称の大きさの第1ゲートと第2ゲートに分かれています。FET ではゲートによってできる空乏層はドレインに近い方が大きく伸び、したがって、チャンネルのコントロールにはドレインに近いゲートの部分が効果的です。そこで第2ゲート（ふつうソースに接続されている）で固定の空乏層を作っておき、そのうちドレインに近い電流制御に最も効果的な部分を別の第1ゲートでコントロールするようにしています。このようにすると第1ゲート自体は非常に小さく作ることができますから、容量が小さく、しかも g_m を高く作ることができます。また、第2ゲートを通して熱を効果的に逃がすことができるので、高電力にも適するといわ



《アルカトロンの構造》

れています。

第1ゲートはエッチング液のジェットで小さい穴をあけ、その底にインジウムをメッキして作るの、S B T の作り方と同じです。第2ゲートは、アロイトランジスタと同じくインジウムを合金しています。

この方法で、ピンチオフ電圧 $= 20V$, $I_D = 75 \sim 100mA$, $g_m = 5 \sim 8m\Omega$, $f_{max} = 150 \sim 170MHz$ 程度の特性を得たといわれています。

アルファ (alpha) α

アルファしゃ断周波数 (alpha cut-off frequency) α しゃ断周波数とも書きます。

トランジスタの電流増幅率は周波数が高くなるにつれて、だんだん小さくなってゆきますが、ベース接地電流増幅率 h_{fb} が低周波における値よりも 3dB 低下 ($1/\sqrt{2}$, すなわち 0.707 倍にあたる) する周波数をアルファしゃ断周波数またはアルファカットオフ周波数といい、 f_{ab} (エフ アルファビーと読む) の記号で表わします。昔は f_α (エフ アルファと読む) という記号を使ったこともありましたが、現在ではベース接地であることを表わすため、そえ字の b をつけて f_{ab} を使うように統一されています。 f_{ab} の大きいトランジスタほど高周波特性の良いトランジスタといえますが、高周波特性を左右する他のパラメータ C_c と $r_{bb'}$ のこともあわせて考えなければならぬので、 f_{ab} だけで高周波特性の良さを決めることはできません。したがって、この f_{ab} の周波数までトランジスタが使えるというわけではなく、周波数特性の目安となるだけです。

ベース接地電流増幅率 h_{fb} の周波数依存性は、高い周波数で値が小さくなるだけでなく、位相ずれが起こってきて、超高周波の用途ではこれも無視できなくなります。 h_{fb} を複素数で考えて、これを複素平面上に周波数軌跡として表わしてみると半円のような形となります。

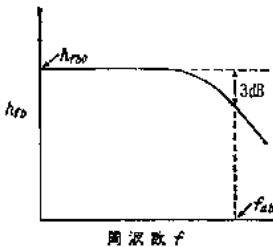
トランジスタの等価回路を大胆な省略と仮定のもとで簡略化し、ベース接地電流増幅率 h_{fb} の周波数依存性を RC 近似といわれる方式で近似すると、 h_{fb} は低周波の h_{fbo} である h_{fbo} から次式のように表わされます。

$$h_{fb} = \frac{h_{fbo}}{1 + j\left(\frac{f}{f_{ab}}\right)}$$

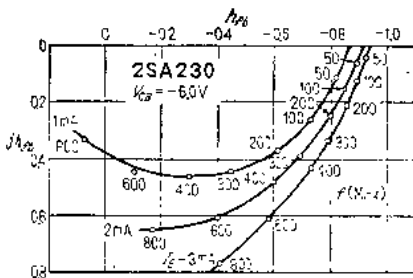
この式の周波数軌跡は複素平面上で半円となります。

この式は $f = f_{ab}$ で h_{fb} の値は h_{fbo} の $1/\sqrt{2}$ となるので 3 dB 低下を示し、位相はちょうど 45° 遅れることを示します。実際のトランジスタでは h_{fbo} の周波数軌跡は、これよりもさらに外側を通るので $f = f_{ab}$ での位相ずれは 45° よりも大きくなり、この 45° よりもどれだけ大きいかを過剰位相 m と呼びます。

【フ】シャ断周波数



《シャ断周波数の定義》



《 h_{fb} を複素平面上で表わした軌跡の例》

アロイ (alloy) 【ア】合金

アロイ型ダイオード (alloy diode) 【ア】合金
接合型ダイオード

アロイ型トランジスタ (alloy transistor)

【ア】合金接合型トランジスタ

アロイジャンクション (alloy junction)

【ア】合金接合

アロイ接合 (alloy junction) 【ア】合金接合

アロイディフュージョントランジスタ

(alloy diffusion transistor) 【ア】合金

拡散型トランジスタ

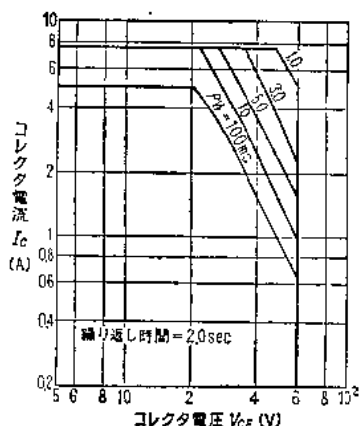
安全動作領域 (area of safe operation)

トランジスタに許容できる電力損失は、ふつうコレクタ損失 P_{Cmax} として示されますが、これはコレクタに加えた電圧とコレクタ電流との積です。したがって、 $V_{CE}-I_c$ 特性曲線の上で考えると、 $V_{CE} \times I_c$ が P_c ですから、 P_c 一定の点の軌跡として、双曲線で示され、これの内側つまり左側が電力で許容される動作領域といえます。一方コレクタ電流は最大コレクタ電流 I_{Cmax} で、コレクタ電圧は一番きつい条件ではベース開放状態の V_{CE0max} で制限されますから、 P_{Cmax} を示す曲線、 $I_c = I_{Cmax}$ 、 $V_{CE} = V_{CE0max}$ で囲まれる範囲がトランジスタに許容できる動作範囲です。ところが、 $V_{CE} \times I_c = P_c$ であっても、低電圧大電流の場合と、高電圧小電流の場合ではトランジスタの受ける刺激が違って、単純に電圧 $\times$ 電流が一定の P_c で制限することは適当でない場合があります。また、DC コンバータや、テレビの水平偏向のような大電力スイッチングの場合には、直流で規定した許容電力よりも瞬時には大きな電力に耐えることが予想されます。

そこで、スノッチングのような瞬時定格も考慮して、2次ブレイクダウンも起こさずに、トランジスタに許容できる安全動作領域を I_c 、 V_{CE} 、 P_c について規定することが行なわれるようになりました。まだこのような表現方法をとっているのは一部のメ

メーカー、一部の品種ですが、使用者にとって便利です。これはまたメーカーにとっても使用者側での破壊や寿命を短くする使い方を未然に防ぐためにも有効なので、今後大電力トランジスタにどんどん取り入れられることでしょう。

安全動作領域は Area of Safe Operation の略として ASO、または Safe Operating Area の略として SOA とも呼ばれます。



＜安全動作領域の規定例（2SD180）＞

安定係数 (stability factor) $\left[\frac{1}{\beta} \right]$ スタビリティファクタ

暗電流 (dark current) 無信号の時に流れている電流で、シャ断電流と同じものです。その名の通り、光が信号となるものすなわち光電管や、フォトトランジスタで入射光をなくした時に流れている電流の意味だったのですが、PN接合の逆方向電流 I_R や、トランジスタのコレクタシャ断電流 I_{cso} を暗電流ということもあります。その意味では逆方向漏れ電流、逆方向漏えい電流などとも同じものと考えてよいでしょう。

半導体製品では、この暗電流は温度により変化しやすく、できるだけ暗電流の小さいものが要求されます。また、回路的にこの暗電流の影響を補償するような各種の工夫が必要となります。

$\left[\frac{1}{\beta} \right]$ シャ断電流

アンド回路 (AND circuit) $\left[\frac{1}{\beta} \right]$ ANDゲート

アンドゲート (AND gate) $\left[\frac{1}{\beta} \right]$ ANDゲート

イ

イオン (ion) ふつうの状態では原子は原子核の持つ正電荷と、電子の持つ負電荷とが打ち消し合って、原子全体としては電気的に中性となっています。しかし、何らかの作用でこの原子の持つ電子のいくつかを失うか、あるいはほかからいくつかの電子を取り込んだ場合には、その原子は電気的に中仕でなくなります。電子は負電荷を持っていますから、電子を失った原子は正に帯電し、逆に電子を取り込んだ電子は負に帯電することになります。このように正または負に帯電した原子をイオンといいます。正電荷を持つものを陽イオンまたは正イオン、負電荷を持つものを陰イオンまたは負イオンと呼びます。

イオン インプランテーション (ion implantation) ②イオン注入法

イオン化エネルギー (ionization energy)

原子は正電荷を持つ原子核一個と負電荷を持つ電子何個かと結合して、総合としては電気的に中性なものです。この状態から電子を放出すると、その分だけ負電荷を失うので正に帯電します。このように正電荷を帯びた状態をイオンといいます。原子核と電子は正負の電気力で結び付いていますから、原子から電子を引き離す、いいかえれば原子をイオン化するにはあるエネルギーが必要で、これをイオン化エネルギーといいます。原子がいくつかの電子を持っている時、それらの電子はそれぞれに決められた軌道で原子核の周囲を回っていて、電子を原子核から引き離すためのエネルギーは電子によって異なります。

原子核から離れた軌道にある電子ほど原子核との結び付きは弱くなり、通常外からエネルギーを加えて引き離すことのでき

る、いいかえればイオン化させることのできる電子は、最も外側の軌道にある電子です。これを最外殻電子と呼びます。最外殻電子を除いたものは原子核を囲んで残りの電子が強固に結び付いた殻を形作っています。これがイオン殻です。

イオン殻 (ion shell) 原子の持つ電子はいくつかの軌道に分かれて回っていて、そのうち最も外側の軌道の電子、すなわち最外殻電子は原子核との結合力が弱くて、比較的小さなイオン化エネルギーで引きはなすことができます。ところが、さらに次の軌道の電子を原子核から引き離すことはきわめて困難です。それは最外殻電子を除く残りの電子は、原子核を囲んで強く結合していて、1個の固い殻を作っている様子にもたとえられます。そこで最外殻電子を除く残りの電子と原子核の殻をそのまま殻、あるいはイオン殻と呼んでいます。ヘリウムやネオンのような不活性原子は殻だけでできていて、容易にイオン化する最外殻電子を持たないので、化学反応をほとんど起こさないわけです。

イオン結合 (ionic bond) 正イオン負イオンの間に働く静電引力によって化学的に結合している場合の原子の結合様式をいいます。

金属は一般に最外殻の電子を放して正イオンとなりやすく、非金属はこの逆に負イオンになりやすい性質があります。そして、これらの正負イオンが接近した場合分子または結晶を形作ることができます。

イオン注入法 (ion implantation)

半導体に不純物を加えて必要な伝導型の必要な比抵抗を持つ半導体を得る方法の一