

シリコンの合金形 PN 接合からの電子放射について

Electron Emission from PN Alloyed-junction of Silicon

北川 賢 司* 中 島 皇**
 Kenji Kitagawa Sumera Nakajima

内 容 梗 概

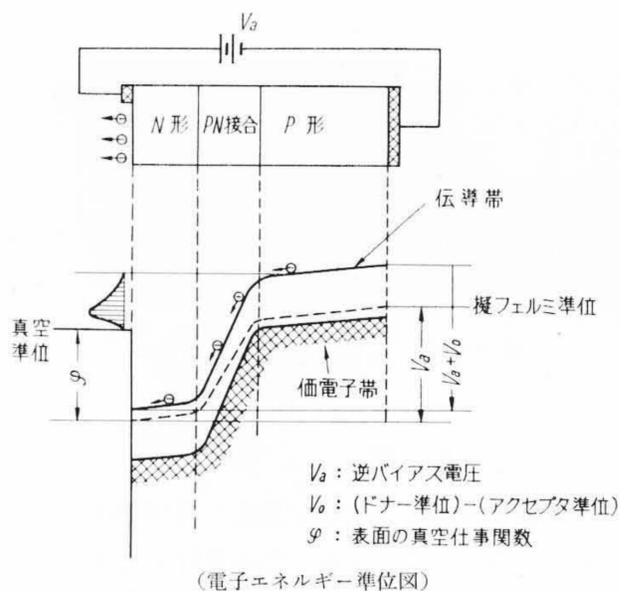
真空管用陰極としてヒータが不要で瞬時始動するような冷陰極の開発が強く望まれている。このような冷陰極の基礎実験としてシリコンの合金形 PN 接合からの電子放射特性について調べた。実験において電子放射を容易ならしめるために、表面にセシウムを吸着させ、仕事関数を低下させた。放射電流の測定は直流法およびパルス法により行ない、電子放射特性の、比抵抗や逆特性との関係、ばらつき、セシウム吸着による影響、および異常パルスエミッション特性などについて調べた。その結果、最高数十マイクロアンペアの放射電流が観測された。さらに、異常パルスエミッション特性がマイクロプラズマに基づくものであることなどが明らかにされた。

1. 緒 言

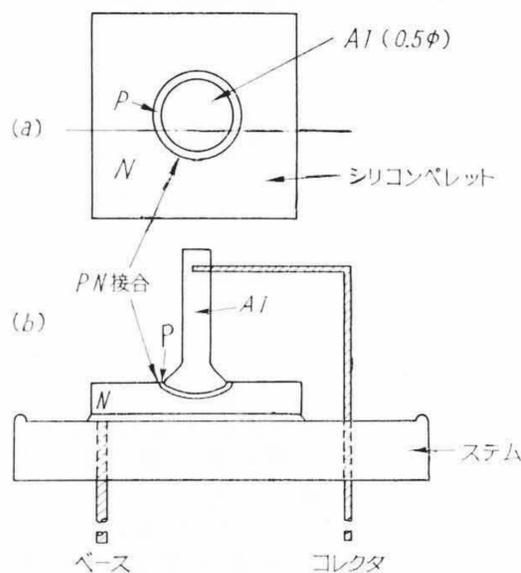
通常の熱陰極は、陰極の加熱にかなり大きな電力を消費すること、熱陰極特有の寿命事故が比較的多いこと、およびかなり長い始動時間を必要とすることなどの欠点を有するので、このような欠点のない、長寿命かつ安定な冷陰極の開発が強く要望されている。すでに酸化マグネシウム冷陰極、高電界冷陰極（ダイカソード）、トンネルカソードなどの冷陰極について研究が進められており、一部に実用化の果たされたものもある⁽¹⁾。筆者らは固体半導体を利用する冷陰極の一つとして、逆バイアスされたシリコン合金形 PN 接合からの電子放射現象をとりあげ、その基礎的な実験を行なった。これまでも PN 接合からの電子放射現象に関する若干の報告^{(2)~(8)}はあるが、いずれも一応のエミッションが観測されたという程度のものであり、現象の本質についてはほとんど不明であった。この点を明らかにするための一手段として筆者らは合金形接合を用い、比抵抗やマイクロプラズマと電子放射現象との関係などについて実験的検討を行なった。以下、結果の概略につき報告する。

2. 電子放射の原理

第1図のように半導体の PN 接合部に逆バイアス電圧を印加すると接合部に高電界がかかる。この電界の強さを一定の値（約 10^5 v/cm）よりも大きくすると、電子なだれ（Electron Avalanche）による降伏現象を起こし、接合部において多数の高エネルギー電子流（Hot Electrons）が発生する⁽⁹⁾。もしも PN 接合部が半導体の表面に露出しているか、近接しているならば、一部の高エネルギー電子は表面のポテンシャル障壁を乗り越えて真空中に放出される。この場合、最も問題となる点はとり得る電子エネルギーと表面ポテンシャル障壁の高さとの関係であって、もしも、とり得る電子エネルギーが表面ポテンシャル障壁の高さよりも小さいならば電子放射は起こりにくい。ところで真性半導体結晶格子のイオン化エネルギーは物質によりほぼ一定（Ge 1.5 eV; Si 2.3 eV; SiC 4.5 eV）である⁽⁴⁾⁽¹⁰⁾が、hot electrons のとり得るエネルギーは大部分このイオン化エネルギーよりも小さい。これに反して表面ポテンシャル障壁の高さは 4 eV 程度もある⁽⁸⁾ので、ゲルマニウムやシリコンにおいてほとんどの電子は真空中に放出され得ないことになる。したがって真空中への電子放射を増加させるためには、半導体の表面にセシウムや酸化バリウムなどの陽電性物質を吸着させて障壁ポテンシャルを低下させてやるか⁽²⁾⁽⁶⁾⁽⁸⁾、SiC などのように障壁ポテンシャルよりもイオン化エネルギーの大きい物質を用いるかしなければならない⁽⁴⁾。



第1図 PN接合電子放射体の原理



第2図 合金接合ダイオードの構造

筆者らはその中の前者の方法をえらび、シリコンの合金形 PN 接合にセシウムを吸着させて実験を行なった。なお、合金形 PN 接合を用いたのは以下の理由に基づく。

- ①従来の実験においていずれも拡散形 PN 接合が用いられ合金形接合は用いられなかった。
- ②しかし合金形接合が電子放射に対して特に不利であるとは考えられない。
- ③合金接合ダイオードは表面付近に多数の欠陥をつくりやすいが、欠陥と電子放射との対応関係を明らかにすることができるかも知れない。

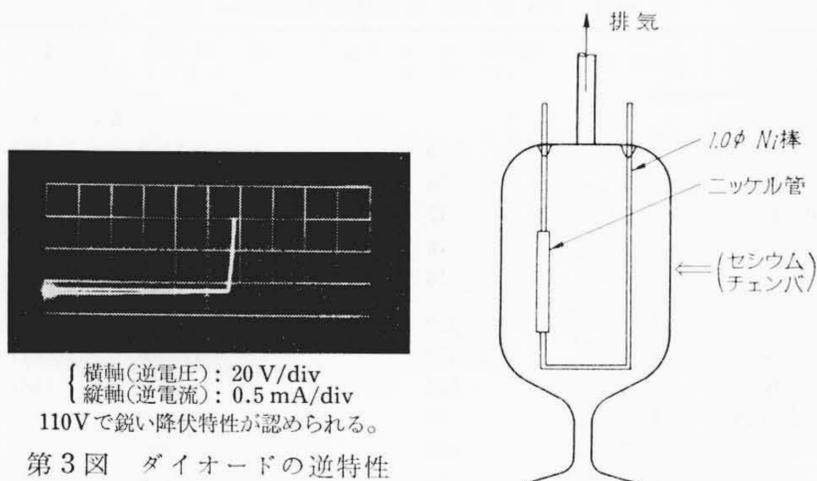
3. 実験方法

3.1 ダイオードの製作方法

逆バイアスされたシリコン PN 接合ダイオードの降伏特性は主と

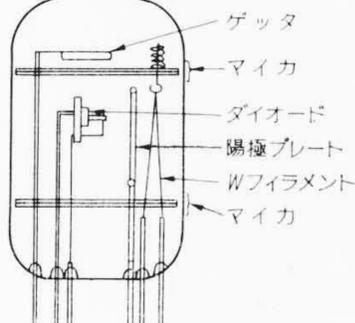
* 日立製作所茂原工場 工博

** 日立製作所茂原工場



第3図 ダイオードの逆特性

第4図 電子放射測定球の構造



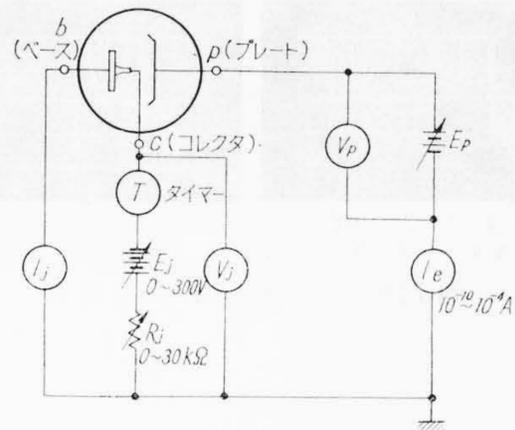
してシリコン単結晶の性質とPN接合の形成法とによって決まる。PN接合の形成法としては拡散法、合金接合法、成長接合法などがあるが、前述の理由により、筆者らは拡散法によらず合金接合法によりPN接合を形成させた。さらに、降伏特性において降伏電圧はシリコン単結晶の比抵抗により大きく左右されるので、比抵抗として $0.1\sim 20\Omega\text{cm}$ のN形単結晶を用い、ダイオードを製作した。すなわち、各種のN形シリコン(リンをドーブしたもの)の(111)面にアルミニウム線を合金化してPN接合を形成させ、第2図のようなダイオードを組み立てた。

組み立てられたダイオードは比抵抗の相違により十数ボルト以上数百ボルトまでの降伏電圧を有しており、第3図のような鋭い降伏特性を示した。これらの降伏特性はいずれも電子なだれに基づく現象であってツェナー効果に基づくものでないと考えられる。(降伏電圧が数ボルト以下のものはツェナー効果によるものであり、十数ボルト以上のものは主としてavalancheによるものであることが明らかにされている⁽¹¹⁾。

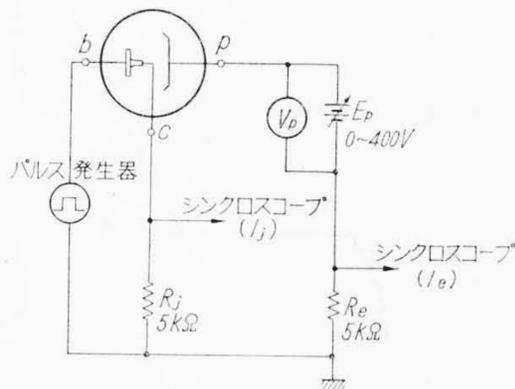
さて、ダイオードのPN接合部からhot electronが真空中に放出されるためには、PN接合部が表面に露出しているか、接合部をおおうN層がきわめて薄いものでなければならない。しかしながらシリコン単結晶内におけるhot electronの平均自由行程はきわめて短い(2.3 eV以上のエネルギーの電子に対して約 $30\sim 40\text{Å}$ である⁽¹²⁾)ので、hot electronsの透過し得る程度にまでN層を薄くすることは現在のエッチング技術では不可能である。したがってこれまでの実験では拡散後試料の周辺部をエッチまたはラップにより除去し、PN接合部を線状に表面に露出させる方法が採られていた。筆者らの用いた合金接合ダイオードでは接合部が表面にリング状に露出しているので、ラップする必要はない。しかしよごれや酸化被膜を除去するため、フッ酸で軽くエッチした後、実験球に組み込んだ。

3.2 電子放射測定球の構造と排気条件

実験球の構造は第4図に示すように試料球部とセシウムチェンバとからなっている。試料球部はダイオード陰極、プレート陽極およびタングステン線条などを有する。W線条はPN接合部の光電子放射特性を調べるための光源である。ステムとリード間のリーク電流を減少させるため、ステムビードにアルミナを塗布し、かつ、陽極リードの周囲に銀ペイントのガードリングを塗布した。この結果、リーク電流は一けた以上減少した。



第5図 直流エミッション測定回路



第6図 パルスエミッション測定回路

セシウムチェンバはセシウム金属を発生し試料球部に導くための部分で、等重量の重クロム酸セシウムとシリコン粉末とのつまったニッケル管を有する。高真空中でニッケル管を通電加熱することにより、セシウムが発生し、徐々に試料球部に移行して行き、ダイオード表面に吸着される。

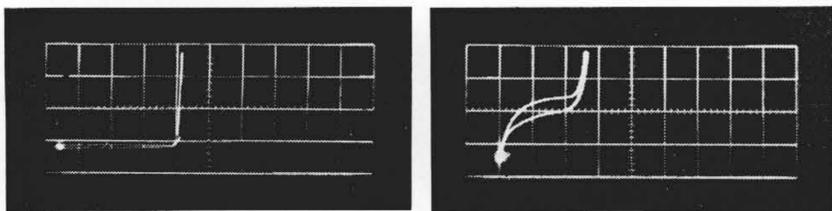
3.3 放射電流の測定回路

放射電流の測定は直流法およびパルス法により行なった。それぞれの測定回路を第5図、第6図に示す。直流法においては試料ダイオードに一定の逆電圧を印加して、そのとき流れる逆電流 I_j と真空中への放射電流 I_e とを測定した。ただし、大きな逆電流を長時間流すと試料を破損するので、電子管タイマーにより通電時間を制限した。陽極電圧 V_p は多くの場合に100V以上とした。直流法の特長は 10^{-10}A 程度の微小電流を測れることにあるが、欠点としては大きな逆電流によりエミッションの不安定性や時間的な変化をひき起こしやすいことである。それゆえ、測定の精度をよくするために必要に応じてパルスの測定をも行なった。すなわち、ダイオードにパルスの逆電流を流して、そのときに放出される放射電流を日立シンクロスコープ101形で観測した。用いた入力パルスは最大電圧80V; パルス幅100 μs ; 繰返し周波数、単発、10、100 ppsである。パルスエミッション測定法の特長は放射電流を再現性よく安定に観測し得ることである。

4. 実験結果

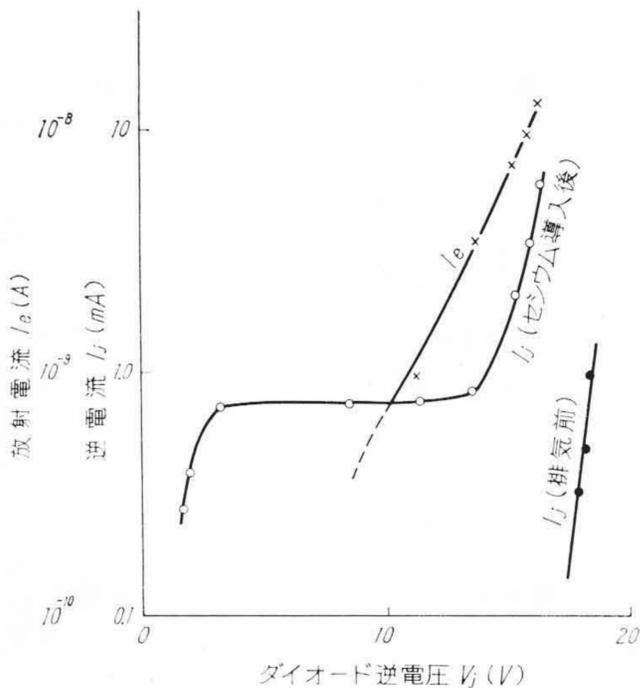
4.1 セシウム導入による逆特性の変化および電子放射特性への影響

最初の予備実験において、清浄なシリコンPN接合部から放射電流を測定しようとしたが、測定誤差(10^{-10}A)以上の放射電流は観測できなかった。しかしながら、セシウムチェンバからセシウムを導入することにより、ダイオードの逆電圧電流特性が大きく変化するとともに、PN接合部から真空中への放射電流(直流測定)が観測されるようになった。その一例を第7図、第8図に示す。第7図から明らかのように逆方向の接合電圧 V_j -接合電流 I_j 特性曲線はセシウム導入前の鋭い降伏特性から漏えい電流の大きいソフトな降伏



(a) 排気前 (降伏電圧 16V) (b) セシウム導入後
試料 # A-4 横軸(電圧) 5 V/div 縦軸(電流) 0.5 mA/div

第 7 図 ダイオードの逆特性



第 8 図 合金形接合の逆特性および電子放射特性
(セシウム導入による変化)

第 1 表 直流エミッションの観測された試料数

ロット名	比抵抗 (Ωcm)	全試料数	エミッションの観測された試料数	観測されなかった試料数
A	0.1	11	5	6
B	6	13	6	7
C	9	8	6	2
D	20	6	3	3

特性に変化した。第 8 図には逆電圧と放射電流との関係および第 7 図の結果とをまとめてグラフに示したが、放射電流と逆電流との間に単純な比例関係は成立していない。むしろ、放射電流は逆電圧との間により密接な対応関係を有している。

このようなことが明らかになったので、以下、セシウムを導入した後、放射電流と逆電圧との関係を中心にして、各種の電子放射特性を調べた。

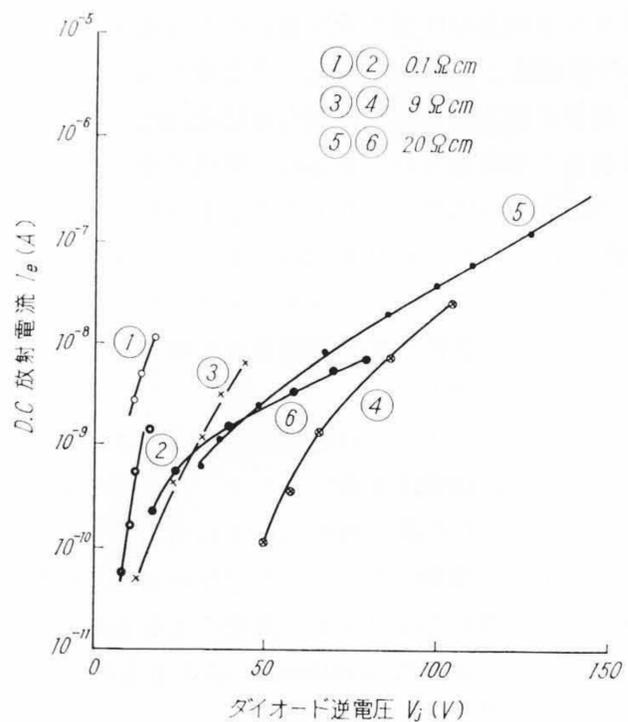
4.2 シリコンの比抵抗と電子放射特性との関係

比抵抗として、0.1, 6, 9, 20 Ωcm なる 4 種類の N 形シリコンをえらび、PN 接合を形成し、第 5 図の直流法により、その電子放射特性と降伏特性との関係を調べた。その結果、第 1 表に示すように約半数程度の試料から電子放射が認められた (ここで電子放射の認められない試料とは I_e が 10^{-10}A 以下であるものをいう)。電子放射の観測された試料数の割合はいずれの比抵抗についてもあまり変わらず、特定の比抵抗のものが特によいということにはなかった。

しかしながら、個々の降伏特性や放射電流特性など、詳細の点においては比抵抗の相違が顕著にあらわれた。すなわち、電子放射の観測された全試料について、排気前のダイオード降伏電圧 V_B と放射電流 I_e とを第 2 表に示し、また、代表的な V_j-I_e 特性曲線を第 9 図に示したが、図から明らかなように、0.1 Ωcm の試料では降伏電圧は 16 V 前後、放射電流はわずかに 10^{-8}A 以下であるにすぎないのに反して高比抵抗の試料では降伏電圧は 100 V 以上、放射電流は十数 μA 以上に達した。したがって大きな放射電流を得るために

第 2 表 PN 接合からの放射電流の一覧表

ロット名	試料名	降伏電圧 V_B (排気前)	放射電流 I_e (I_e を与える V_j)	
			($\times 10^{-10}\text{A}$)	(V)
A (0.1 Ωcm)	A-1	16	5	(16)
	A-2	18	10	(19)
	A-3	17	20	(14)
	A-4	18	130	(16)
	A-5	16	2	(15)
B (6 Ωcm)	B-1	110	170	(105)
	B-2	130	17,000	(42)
	B-3	144	220	(18)
	B-4	52	140,000	(35)
	B-5	120	200	(70)
	B-6	110	1,000	(80)
C (9 Ωcm)	C-1	130	40	(35)
	C-2	130	30	(80)
	C-3	110	200	(105)
	C-4	55	40	(41)
	C-5	110	15	(27)
	C-6	110	60	(40)
D (20 Ωcm)	D-1	250	200	(85)
	D-2	250	3,000	(170)
	D-3	230	60	(85)



第 9 図 各種試料の電子放射特性
(シリコンの比抵抗との関係)

は、0.1 Ωcm のシリコンよりも数 Ωcm 以上のシリコンを用いるほうがよいように思われる。

さらに、第 9 図から明らかなように、放射電流の対数と逆電圧との間にはほぼ直線関係が成立しているが、曲線のこう配は比抵抗の小さい試料ほど大きい。これは比抵抗の小さな試料の降伏電圧が小さいことによるものであろう。

以上の結果をこれまでに報告された諸結果と比較してみよう。従来の直流エミッションの測定結果は、セシウムを吸着した PN 接合からの放射電流が 10^{-8}A ($I_j \approx 10\text{mA}$ のとき)⁽²⁾、清浄な PN 接合からは 10^{-13}A 程度⁽⁵⁾ である。これらはいずれも拡散形 PN 接合を用いた結果である。これに対し、合金形接合を用いた筆者らの結果では、十数 μA 以上の放射電流を得ており、従来の結果より三けた程度大きかった。

なお、以上の測定の際に気づいたことおよび問題点について簡単に述べる。まず、半数に近い試料から電子放射が全く観測されなかったが、これは主としてダイオード構造の特殊性に基づくものと考えられる。すなわち、電子放射の可能な PN 接合部は表面に露出したリング状の部分に限られており、しかも、この部分の全 PN 接合

面積に対する割合がきわめて小さいので、必ずしも降伏現象が露出部で起こるとは限らない。したがって、このような大きなばらつきを示すものと考えられる。

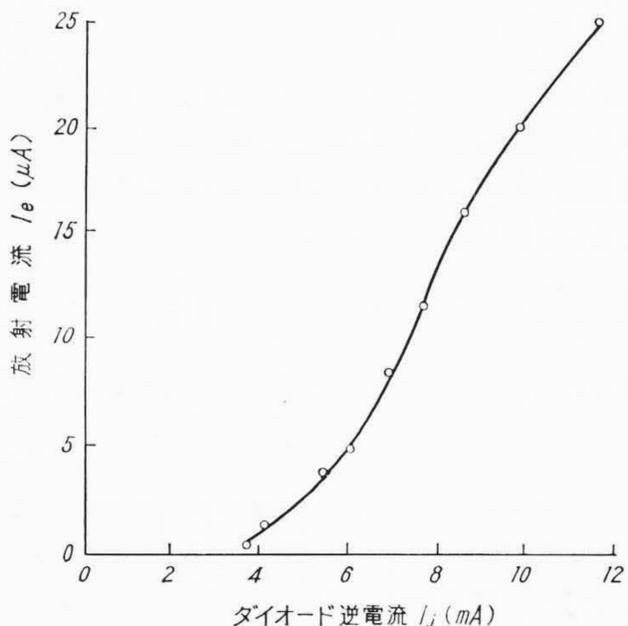
また、放射電流の測定の際に認められるマイクロプラズマ発光と電子放射との関係を明らかにすること、および、放射電流の速度分布を測定することは、電子放射の性質を明らかにするためにも、また実用化の検討を進めるためにも必要であり、今後検討されなければならない。

さらに、放射電流の安定性について述べる。直流的な測定において、放射電流は一般に不変ではなく、試料によって時間とともに増加したり減少したりする。これは、逆電流によって試料が加熱されたり、表面状態が変化したりするためと思われるが、きわめて好ましくない現象である。したがって電子放射現象を詳しく調べるためには、パルス法により安定で再現性のよい測定を行なうことが必要である。

4.3 パルスエミッション特性について

前述の理由により、放射電流の大きな試料について、パルスの放射電流の測定を行なった。試料ダイオード(比抵抗 6Ωcm)は、セシウム導入前において鋭い降伏特性(降伏電圧 60V)を示したが導入後 soft な降伏特性に変わり、かつ、著しい逆電流の増加を示した。この試料について、3.3節で述べた方法によりパルスエミッションを測定した結果を第10図、第11図に示す。すなわち、第10図には真空中へのパルスエミッション電流 I_e と逆電流 I_j との関係、第11図には繰返し周波数をパラメータにして陽極電圧 V_p と I_e との関係、および代表的な放射電流の観測波形を示した。これらより以下のことが明らかになった。

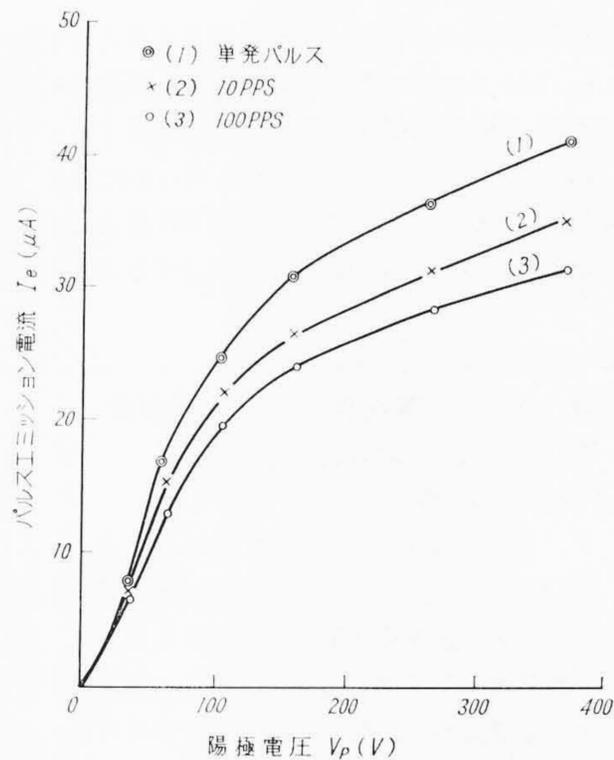
- ① 第9図より I_j の中には I_e に無関係な電流が含まれている。しかし、この電流(3.5 mA)を差し引いて考えれば I_e はほぼ I_j に比例している。(この事実は4.1節に述べたようにセシウムを吸着させると漏えい電流が増加することを示すもので、PN接合からの電子放射現象を扱う場合に好ましくない性質である。)
- ② 放射電流 I_e の最大値は $25\mu A$ ($I_j \approx 11.6 \text{ mA}$)であった。このとき、 I_e/I_j は0.2%にもなり、この値は降伏現象が全接合部で均一に起こっているとき期待される予想値よりもはるかに大きい。したがって表面に露出した部分で集中的に降伏現象が起こっているように思われる。
- ③ 放射電流は繰返し周波数 f を大きくするとともに減少する(第11図)。これはBurtonの結果⁽²⁾と一致する。
- ④ 放射電流の観測波形において、繰返し周波数が小さくて V_p



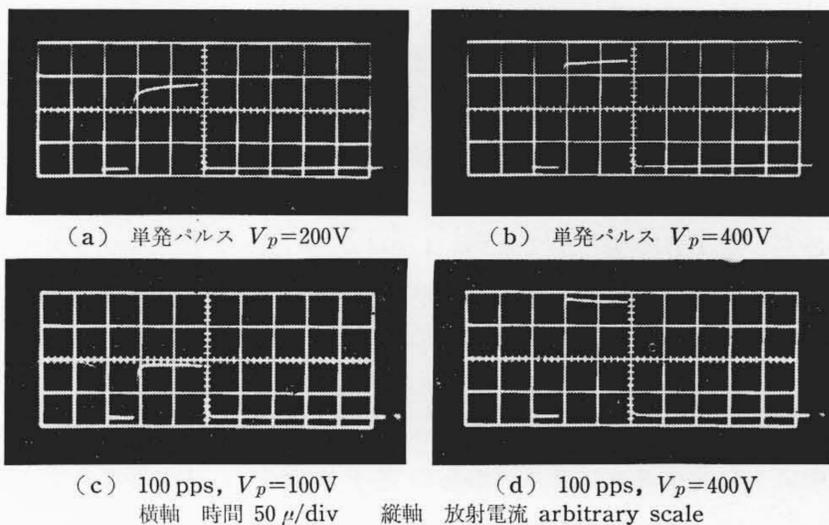
第10図 ダイオード逆電流と放射電流との関係

が低いときにゆるやかな立ち上がり*を示すことがわかる。(この現象はPN接合部における空間電荷の形成や露出部の表面電位などに関係しており、今後検討すべき興味ある現象である。)

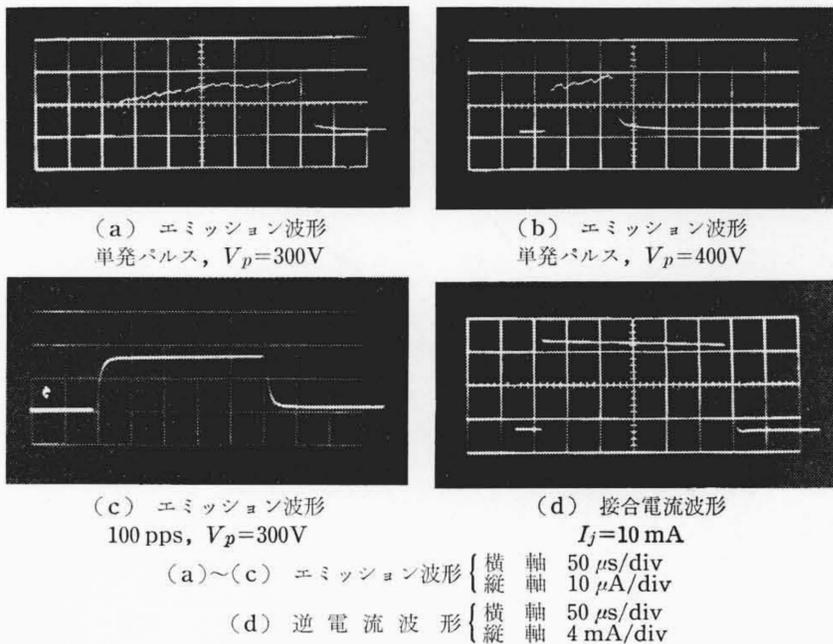
次にPN接合部の欠陥構造に起因するものと考えられる一現象について述べる。前記の試料とは別の試料について、同様なパルスエミッション測定を行なったところ、第12図(a)(b)のような波形すなわち、一定パルス電流に短い周期の充放電電流が重畳したような波形が観測された。この波形は単発パルスにのみあらわれ、繰返



$I_j=10 \text{ mA}$ パルス幅 $100 \mu s$ 繰返し周波数 単発 10,100 pps



第11図 二極管特性(#B-4)



第12図 PN接合のパルスエミッション特性および逆特性

* 逆に $V_p=400 \text{ V}$, $f=100 \text{ pps}$ のとき、立ち上がり時間は小さく、かつ放射電流は立ち上りの瞬間にピークを示している。

しパルスではあらわれない (第 12 図(c))。充放電の周期は約 25μs であり、充電周期が長く放電周期は短い。このような充放電を繰り返しながら放射電流は増加していく。この現象は、第 11 図 (d) より、逆電流の変動によるものでないことは明らかであり、局所的な欠陥構造に基づくマイクロプラズマによるものと考えられるが、これに関しては別に考察する。

5. 実験結果の検討

5.1 放射電流と降伏特性との関係

PN 接合の降伏特性はツェナー効果によるものと電子なだれ形のものがある。Mc Kay や Mc Afee は電子と正孔の電離係数をほぼ等しいとおき、Townsend 放電の β 理論を適用することにより、Ge および Si のなだれ形降伏現象の機構を明らかにした⁽⁹⁾。渡辺氏はこの理論を改良することにより、階段形 PN 接合のなだれ増倍係数と PN 接合電圧との間に次の近似式が成立することを明らかにした⁽¹³⁾。

$$M=1/[1-(V_j/V_B)^n] \dots\dots\dots (1)$$

ここに M: 階段形 PN 接合における増倍係数

V_j: PN 接合部にかかる逆電圧

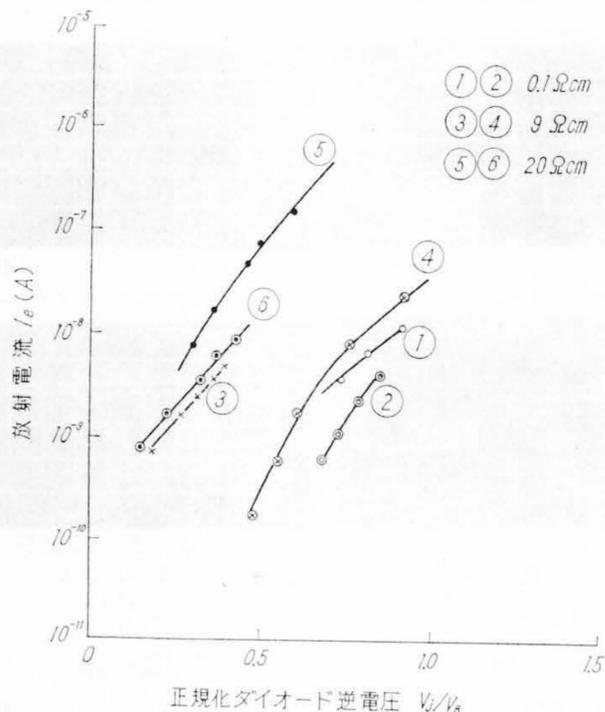
V_B: 絶縁破壊電圧

n: 定数 (階段形接合では 3~4 の大きさ)

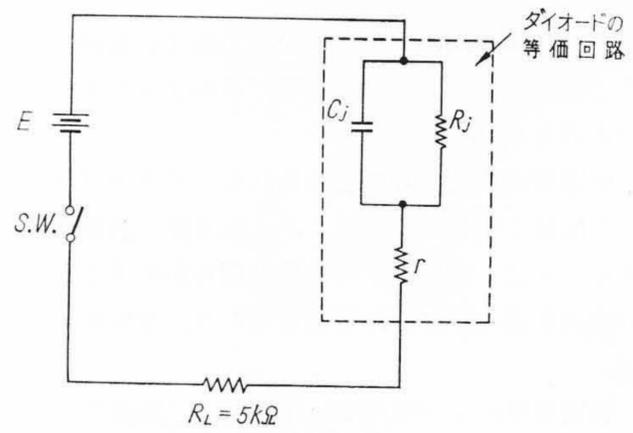
(1)式は、1 ≪ V_j/V_B のとき、近似的に M ≈ exp(V_j/V_B)ⁿ と表わされる。このような理論と実験結果とを比較するために、V_j を V_B で正規化して、第 9 図のグラフを書きなおした (第 13 図)。その結果各曲線はいずれもほぼ平行になっていることが明らかにされたが、M と I_e との間に明瞭な対応関係は認められない。この事実は電子放射現象が単純に降伏現象によってのみ表わされるものでなく、表面障壁の影響なども考慮しなければならないことを示している。

5.2 マイクロプラズマに起因する異常パルスエミッション波形

逆バイアスされたシリコン PN 接合のマイクロプラズマについてはこれまでに数多くの検討が行なわれているが、いまだにその本質は必ずしも十分に明らかでない。しかしながら、マイクロプラズマを等価回路的に局所的な低抵抗とスイッチの直列接続として表わすことができる⁽¹⁴⁾。すなわち、一定の接合電圧を越えたときに等価的なスイッチが ON となり PN 接合の局所的な部分が低抵抗となるが接合電圧が低い場合には等価スイッチが OFF となり高抵抗となる。このようなマイクロプラズマからの電子放射を仮定することによ

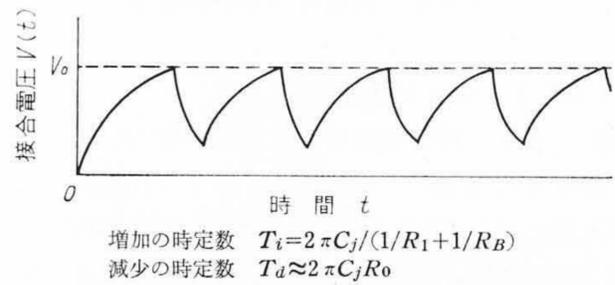


第 13 図 各種試料の電子放射特性 (ダイオード逆電圧を降伏電圧で正規化してある)



C_j: マイクロプラズマの等価容量
 R_j: マイクロプラズマの等価抵抗
 r: ダイオード抵抗 (R_jを除く)
 R_L: 負荷抵抗 } R_L+r=R₁ とおく

第 14 図 等価的なダイオード測定回路



第 15 図 接合電圧の時間的变化 (理論曲線)

り、第 11 図の異常パルスエミッション現象を以下のように説明できる。

はじめに、等価的な逆特性測定回路を第 14 図に示す。マイクロプラズマの等価容量 C_j、および等価抵抗 R_j は一般に接合電圧 V_j の関数として表わされ一定でないが、取り扱いを簡単にするため、C_j、R_j として以下の平均的な値を仮定する。

- (i) C_j = 一定
- (ii) R_j = { R_B (V₀ > V_j のとき)
 { R₀ (V_j ≥ V₀ のとき) } (2)

ここに、V₀ はマイクロプラズマの等価回路において等価スイッチのはいる一定電圧を表わす。もちろん、R_B、R₀、R_L の間には R₀ ≪ R_B、R_L の関係が成立している。

以上の仮定により、マイクロプラズマの接合電圧 V(t) に関し (3) 式の方程式を得、(4) 式の一般解を得る。

$$C_j R_1 \frac{dV(t)}{dt} + \frac{R_j + R_1}{R_j} V(t) = E \dots\dots\dots (3)$$

$$V(t) = \frac{R_j}{R_j + R_1} E + A e^{-kt}$$

ここに $k = \frac{1}{C_j} \left(\frac{1}{R_j} + \frac{1}{R_1} \right)$ } (4)
 A: 積分定数

仮定 (i) (ii) を用い、(4) 式の A、k の値を定めグラフに描けば、第 15 図のような規則的な増減の繰返し波形が得られる。図において増減の時定数 (T = 2π/k) はそれぞれ以下のように表わされるが T_i ≪ T_d となることは明らかである。

$$\left. \begin{aligned} \text{増加のとき } T_i &= 2\pi C_j / \left(\frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_1} \right) \\ \text{減少のとき } T_d &= 2\pi C_j / \left(\frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_1} \right) \approx 2\pi C_j R_0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

ところで、マイクロプラズマからの真空中への放射電流 I_e は接合電圧 V_j に依存するので、V_j の増減は I_e の増減をひき起こすであろう。このように考えれば、第 11 図の実験結果と上記の理論とはよい一致を示している。

6. 結 言

シリコンの合金形PN接合からの電子放射現象について述べたが実験結果を要約すると下記のとおりである。

(1) 0.1~20Ωcmの比抵抗のシリコンにつき数十マイクロアンペアの放射電流が観測された。この値は従来の拡散形接合の実験結果に比べて大きい。

(2) 放射電流はなだれ増倍係数の単純な関数として表わすことができない。

(3) パルスエミッション測定において、充放電類似の波形が観測された。この現象はマイクロプラズマ、すなわち、局所的な絶縁破壊現象を仮定することにより現象論的に説明できた。

終わりに臨み、本研究の実施に際して茂原工場県部長より終始熱心なご指導を賜った。ここに深く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 応物誌, 30, No. 3 (1961) 冷陰極特集号
- (2) J. A. Burton: Phys. Rev., 108, (1957)
- (3) J. Tauc: Nature, 181, 38 (1958)
- (4) L. Patric et al: Phys. Rev. Letters 2, 48 (1959)
- (5) B. Senitzky: Phys. Rev. 116, 874 (1959)
- (6) W. E. Spicer: Bull. Am. Phys. Soc., 5, 69 (1960)
- (7) R. E. Simon et al: J. Appl. Phys., 31, 1505 (1960)
- (8) 納賀: 応物誌 31, 1033 (昭37-12)
- (9) K. G. Mc Kay: Phys. Rev., 94, 877 (1954)
K. G. Mc Kay and K. B. Mc Afee: Phys. Rev., 91, 1079 (1953)
- (10) Ehrenberg: Electronic Conduction in Semiconductors and Metals (1958 Oxford)
O'Conner et al: Silicon Carbide (1950 Pergamon Press)
- (11) A. G. Chynoweth et al: Phys. Rev., 106, 418 (1957)
- (12) W. Shockley: Electrons and Holes in Semiconductors (1950 D. van Nostrand)
- (13) 渡辺: 半導体とトランジスタ (2), 221 (昭34 オーム社)
- (14) M. Kikuchi: J. Phys. Soc. Japan, 15, 1822 (1960-10)



特 許 と 新 案



最近登録された日立製作所の特許(その5)

(54頁よりつづく)

特許番号	名 称	氏 名	登録年月日	特許番号	名 称	氏 名	登録年月日
308019	リレー切換による4線交換及び2線交換併用方式	江森五郎	38. 4. 20	309251	抜 型 工 具 銅	根本正雄	38. 5. 17
308020	放射線利用液面計	江森五郎	"	309252	トランジスタを用いた検波及び自動利得制御装置	八重樫敏	"
308021	自動平衡装置	見哲雄	"	309253	複数の信号電流又は直流電流の監視装置	久保田 駿	"
308022	系列順に作動する作動部分の故障検出装置	沼倉 俊	"	309254	摺 動 炭 素 材	増村 逸夫	"
308023	X 線 透 視 台	黒居 一人	"	309439	遅 延 回 路	村脇 利信	"
308024	X 線 透 視 台	小林 長一	"	309440	10 進 法 演 算 方 式	柴田 昇	38. 5. 20
308025	スケルチ回路	石塚 洋三	"	309441	後 進 波 管	高浦 武雄	"
308026	多点式記録計による制御方式	石塚 洋三	"	309442	負性抵抗半導体素子の製法	三浦 平春	"
308027	スタートストップ発振器	石塚 洋三	"	309443	充電発電機装置	高浦 武雄	"
308028	半導体スイッチング素子の製造法	石塚 洋三	"	309444	固体電解蓄電器の半導体層附着方法	高浦 武雄	"
308029	油圧変速装置	石塚 洋三	"	309445	固体電解蓄電器の半導体層附着方法	高浦 武雄	"
308030	電話自動応答録音装置	石塚 洋三	"	309446	蛍光体の製造方法	高浦 武雄	"
308031	天然又は合成高分子体処理方法	石塚 洋三	"	309601	多 個 所 用 電 気 調 整 装 置	大江 友一	38. 6. 11
308032	交流発電機装置	石塚 洋三	"	309602	自動厚み制御装置	河島 井田	"
308515	振幅差変調波の増幅方式	石塚 洋三	"	309603	デジタル制御装置における不動帯と飽和要素	前川 敏己	"
308516	溶融亜鉛メッキクロム酸処理法	石塚 洋三	"	309604	回転軸の速度が予定の微低速度に下がったことを自動的に検出する装置	竹村 松二	"
308517	質量分析計ガス回収装置	石塚 洋三	"	406129	半 導 体 装 置	富田 忠	"
308518	表示器	石塚 洋三	"	406130	異経鉄筋の電気圧接接合方法	佐藤 吾美	38. 4. 24
308519	電 動 機	石塚 洋三	"	406131	熱交換式ガスタービン	伴野 幸三	"
308520	極超短波管用多重空洞共振器	石塚 洋三	"	406132	半 導 体 素 子 の 製 法	石野 光雄	"
308521	同軸型トラップ付き高利得放射器	石塚 洋三	"	406133	ヘッドライト切換装置	大野 直一	"
308522	ガス浄化装置	石塚 洋三	"	406134	道 路 車 両	横外 中一	"
308523	自動連続採炭機	石塚 洋三	"	406135	給 気 弁	村田 正男	"
308524	微粒子混合液濃縮機	石塚 洋三	"	406136	回 転 分 流 弁	小内 八次	"
309001	較正電圧回路	石塚 洋三	"	406137	Mn-Zn系亜鉄酸塩磁性材料の製造方法	坂井 巖	"
309002	内燃機関着火装置	石塚 洋三	"	406138	トラッククレーンのキャリヤ	北川 正和	"
309003	放射線計測装置の誤差較正方式	石塚 洋三	"	406139	脱気器圧力調整装置	田中 成一	"
309249	サーシスクを用いた温度差計	石塚 洋三	"	406140	脱気器圧力特殊調整装置	中崎 豊一郎	"
309250	デコーダ	石塚 洋三	"	406141	脱気器器内圧力特殊制御装置	中崎 豊一郎	"
				406142	半導体整流器用保護ヒューズの溶断対応装置	大貫 康志	"
				406143	直 流 電 磁 式 継 電 装 置	池田 正一郎	"
				406144	変圧器巻線における機械力の測定装置	窪田 道也	"
				406145	歯 車 伝 動 装 置	後藤 登喜雄	"
				406146	自吸式ブレードレスポンプ	保延 誠	"
						寺 進	"

(86頁へつづく)