

【 1 】 目的

pn 接合半導体整流器の電圧電流特性を測定し、半導体の物理的性質及び整流器としての整流作用を理解する。

【 2 】 理論

ダイオードとは、2つの電極（アノード、カソード）を持った半導体素子の総称で、最も基本的な非線形素子である。

ダイオードは「一方向にしか電流を流さない」のが一般に知られている特徴であるが、使われる分野により、小信号用ダイオード、電源整流用ダイオード、スイッチングダイオード、定電圧ダイオード等様々な種類がある。

--規格表より抜粋--

・ 順方向電流

順方向特性の立ち上がりの良さを示します。規定の順方向電圧を加えたときに何 mA 以上流れるかというように、通常最小値で示します。

・ 順方向電圧

逆方向特性を表すもので、ある順方向電圧をかけた時に流れる逆方向電流の値です。ふつう最大値で示します。

この逆方向電流はきわめて温度依存性が大きいので温度条件を明確にしておく必要があります。

・ 逆方向電圧

逆方向特性を表す別の方法として、ある逆方向電流となるような逆方向電圧の値で示します。普通逆方向電圧を最小値として示します。

--

「順方向特性の立ち上がり」とは、印可電圧がある値になるまで殆ど電流が流れず、それを越えると急激に電流が流れ始める現象の事を指す。

この電流が流れ始める時の電圧を、「順方向電圧」と呼び、シリコンダイオードで 0.6V から 0.7V、ゲルマニウムダイオードでは 2V 前後である。

ダイオードの整流動特性とは、ダイオードを整流回路として用いる場合に於いて、電圧・電流の関係を言う。

ダイオードの順方向電圧が流れている状態では、ダイオードの電圧と電流の関係は、電流・電圧を要素としたグラフにて、1つの直線にプロットされる。これを電圧・電流特性曲線と呼ぶ。

そして、ダイオードにかかる電流は、

$$I_d = (E - V_d) / (r_1 + R)$$

I_d = ダイオードにかかる電流

V_d = ダイオードにかかる電圧

E = 電源電圧

r_1 = 電源の内部抵抗

R = 回路に存在する抵抗

で表すことが出来、これを先のグラフにプロットすると、斜めの直線となる。

これを「負荷線」という

ダイオードの電流・電圧の関係は、電圧・電流特性曲線と負荷線との交点に存在する事となる。

【3】実験事項

- ・ダイオード順方向静特性の測定
- ・ダイオード整流動特性の測定

【4】実験方法

【4 - 1】使用測定機器

- ・直流安定化電源

形式：PAD55 - 3 L

製造：菊水電子工業

SN：11042660

規格：0 ~ 55 V / 0 ~ 3 A

- ・直流電圧計

形式：MPM

製造：島津製作所

規格：30 V / 0.5 級

- ・直流電流計

形式：MPM

製造：島津製作所

規格：300 mA / 0.5 級

- ・信号発生器

形式：FG - 330

製造：岩崎通信機

SN：22375076

規格：~ 1 MHz / 10 V

- ・シンクロスコープ

形式：SS - 5703

製造：岩崎通信機

SN：22274490

規格：2 現象 / 20 MHz

【 4 - 2 】実験方法

・材料

シリコンダイオード MC301

抵抗器 620

・試料の作成

ダイオードのカソード側に抵抗器をはんだ付けする。

・順方向静特性の測定

一般に直流での電圧・電流の変化を静特性という。

電源装置と試料の端を結び、直流電流計をダイオードのアノード側に直列に、直流電圧計をダイオードを挟んで並列に接続する。

最初に電源装置の電圧調整つまみを 0 にしておくこと。

(1)最初に直流電圧計のレンジを 10mA にして接続し、直流電源の電圧調整つまみを右回りに回す。直流電流計の指針で 1mA 毎に、直流電圧計で電圧の読みを記録する。0mA から 1mA の間は変化が激しいので注意。

(2)直流電流計の指針が 10mA になったら、直流電源の電圧を一旦 0V に戻して、レンジを 30mA に変えて接続し直し、直流電流計の指針で 10mA 毎に、直流電圧計で電圧の読みを記録する。これを 30mA まで記録する。測定が終了したら、直流電源の電圧を 0V に戻しておく。

・逆方向静特性の測定電源装置と試料の端を結び、直流電流計をダイオードのアノード側に、直流電圧計をダイオードを挟んで並列に接続する。

(1)電流計のレンジを 10mA にして接続し、直流電源の電圧調整つまみを右回りに回し、電圧計の指針が 10V を示すまで測定し、電流計の最小レンジでも電流が流れない事を確認、結果を記録する。

(2)測定が終了したら、直流電源の電圧を 0V にして結線はずす。

・整流動特性

静特性が直流での特性だったのに対して、時間的に変動する電圧・電流に対する変化の状態を特性という。

(1)信号発生器の初期設定

信号発生器の電源は OFF のまま、以下の設定を行う。

- (1)発生器の周波数を 1KHz に設定する。
- (2)直流=0V を確認する。
- (3)連続波形出力モードを確認する。
- (4)信号出力を最低にする。
- (5)三角波を指定する。
- (6)出力端子は 600 OUT とする。

(2)シンクロスコープの初期設定

シンクロスコープの電源は OFF のまま、以下の設定を行う。

(1)測定用プローブのコードを CH1 の INPUT に接続し、プローブの倍率設定を x1 にする。

- (2)目盛り 1 目盛りが 1V になるよう設定する。
- (3)時間軸目盛り 1 目盛りが 0.2msec になるよう設定する。

(3)測定回路の結線

(1)信号発生器出力観測

シンクロスコープ、信号発生器、試料の抵抗器を並列に結線する。

(2)整流後波形観測

シンクロスコープを試料の抵抗器に並列に、信号発生器を試料の両端に結線する。

(4)三角波電圧による測定

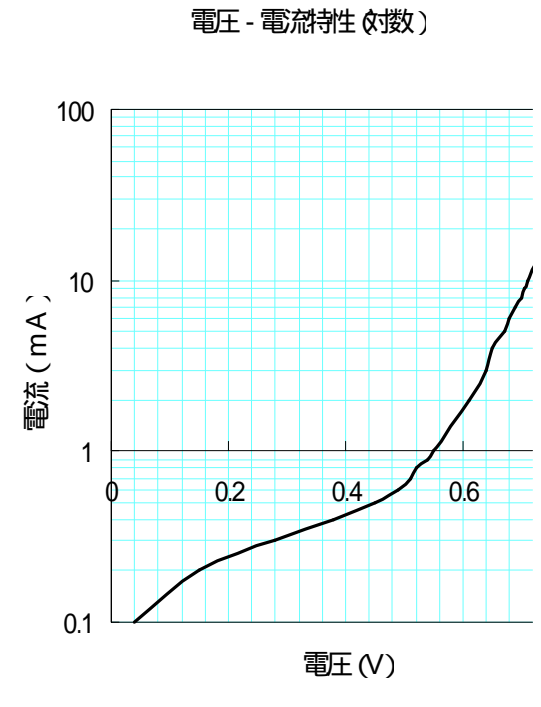
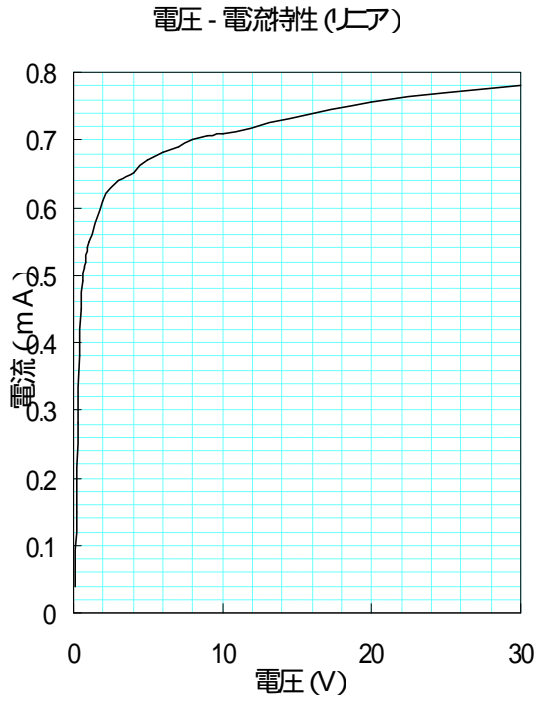
信号発生器とシンクロスコープの電源を入れ、10mA から 20mA の出力になるよう調節し、シンクロスコープの波形を観察・記録する。

【5】結果

ダイオード順方向静特性

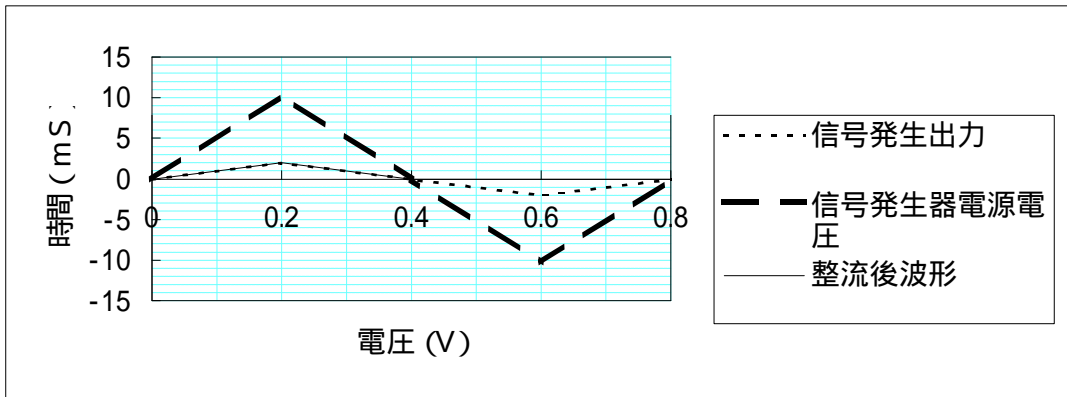
・順方向電圧

電流(mA)	電圧(V)
0.1	0.04
0.2	0.15
0.3	0.28
0.4	0.38
0.5	0.45
0.6	0.49
0.7	0.51
0.8	0.52
0.9	0.54
1	0.55
2	0.61
3	0.64
4	0.65
5	0.67
6	0.68
7	0.69
8	0.7
9	0.705
10	0.71
20	0.755
30	0.78



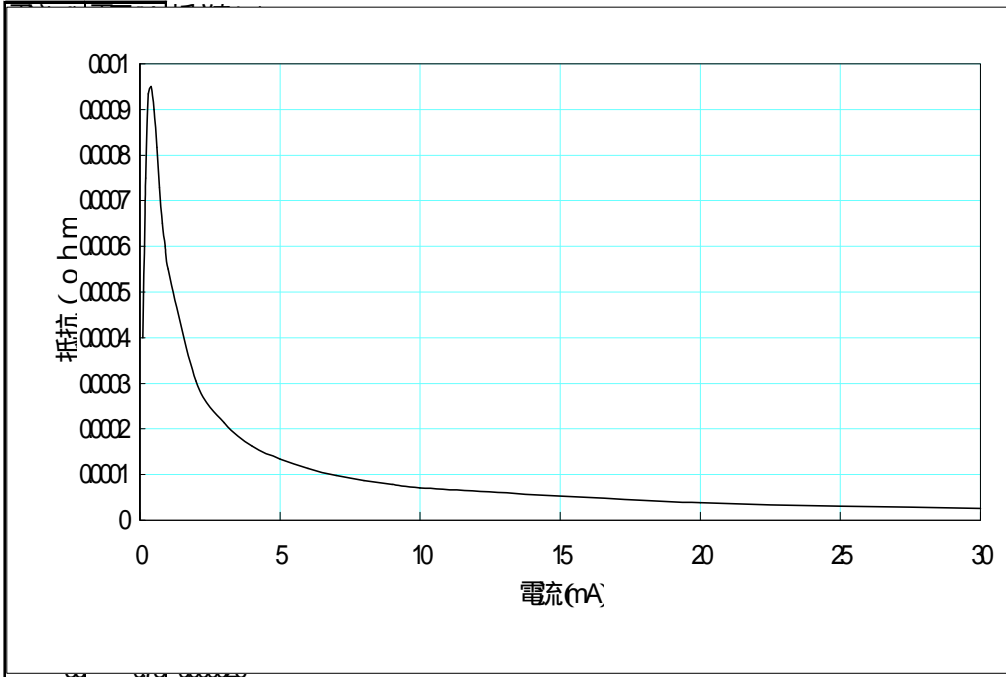
・逆方向電圧：常に 0

ダイオード整流動特性の測定

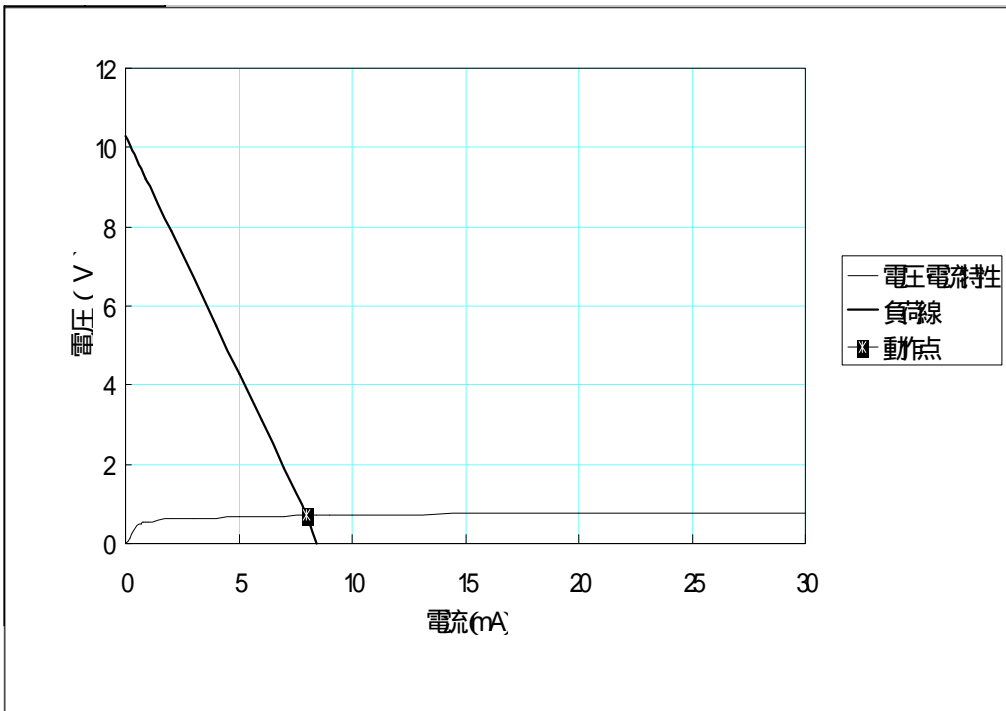


【6】検討課題

・順方向抵抗値グラフ



・電圧・電流特性



・整流動特性

別紙

理論式調査

ダイオード内の接合を通る電流 J は、正孔及び電子によって運ばれ、

$$J = J_p + J_n$$

+ の形に表される。

J_p は n 形領域中に注入された正孔の拡散方程式から求められる。

$$\mu = q / m$$

この式から時間微分の項を 0 とすると、次の式が求められる。

$$\frac{d^2}{dx^2} \{p(x) - p_{n0}\} = \frac{1}{L_p^2} \{p(x) - p_{n0}\}$$

$$L_p = \sqrt{D_p \tau_p}$$

P_{n0} : 熱平衡状態での正孔密度

L_p は拡散距離と呼ばれ、キャリア密度が $1/e$ (e は自然対数の底) になる場所までの距離に対応する、この式の解及び境界条件は、

$$p(x) = c \exp(-(x - x_n) / L_p)$$

$$P(x_n) = P_{n0} [\exp(qV_{app} / kT) - 1]$$

V_{app} : 印加電圧

で与えられるから、

$$\begin{aligned} J_p(x_n) &= -qD_p \left(\frac{dp}{dx} \right)_{x=x_n} \\ &= \frac{qD_p P_{n0}}{L_p} [\exp(qV_{app} / kT) - 1] \end{aligned}$$

となる。

$V_{app} > 0$ の場合は順方向となる。また $V_{app} < 0$ の時は逆方向電流が流れるが、値が大きくなると飽和してしまう。その値はキャリア密度に関係する為、真性電子密度の少ない Si の方が、Ge よりも飽和電流が格段に少なくなる。

【 7 】 考察

今回の実験では、誤差がかなり算出された。原因としては、各資料や計測器の S/N 比の低下・数値の読み違い等が考えられる。

さらに、実験者全員が予習をしたわけではなかったため、実験に少々手間取ってしまったのも原因と考えられる。

各実験をする前に、実験内容の整理や、計測器の特性の把握等もしておくことが望ましい。

【 8 】 参考文献

NHK ラジオ FM 技術教科書/日本放送協会編