

1. 目的

半導体整流器の電圧，電流特性を順方向電流および逆方向電流について求め，その整流特性を検討する．

2. 原理

(a) 図1の結線方式では電流計 A は電圧計に流れる電流を合わせて測定することになる．また電流 I の測定誤差 ΔI は，回路電流を I ，電圧計の内部抵抗を r_V とすると，

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{V/r_V}{V/R} = \frac{R}{r_V}$$

となる．

r_V は，電圧感度にほぼ比例し，普通 $1[V]$ 当たり $1 \sim 10[k\Omega]$ ぐらいである．

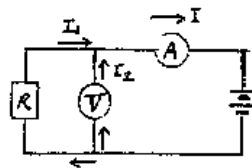


図1 回路図

(b) ダイオード

ダイオードは整流作用を持つ半導体素子である．アノード（陽極）およびカソード（陰極）の二つの端子を持ち，電流を一方にしか流さない．アノードからカソードへ電圧をかけた（順方向バイアスを印加した）場合，接合部で電子と正孔が結合し，電子の流れが生じる．カソードからアノードへ電圧をかけた（逆方向バイアスを印加した）場合，電子と正孔は，互いに端子付近に移動し，電子が流れなくなり電流を殆ど流さない．このような作用を整流作用という．



図2 ダイオードの電子回路図上表記

図3はダイオードの特性を表したグラフである．

順方向に電圧を掛けた場合，少しの電圧でも順方向の電流は流れ易いことを表している．順方向に流せる電流はダイオードによって規定されている．また，通常ダイオード自体の抵抗成分によって降下する電圧は $0.6 \sim 1[V]$ (V_F) 位である．ダイオードを何個も直列に使う回路では，この電圧降下も考慮する必要がある．

逆方向に電圧を掛けた場合，逆方向電流は流れにくいことを表している．逆方向に掛

けられる電圧はダイオードの種類によって色々あるので、用途によって選ぶ。また、逆方向の電流は非常に小さく、数 μA から数 mA でダイオードの種類によって違う。

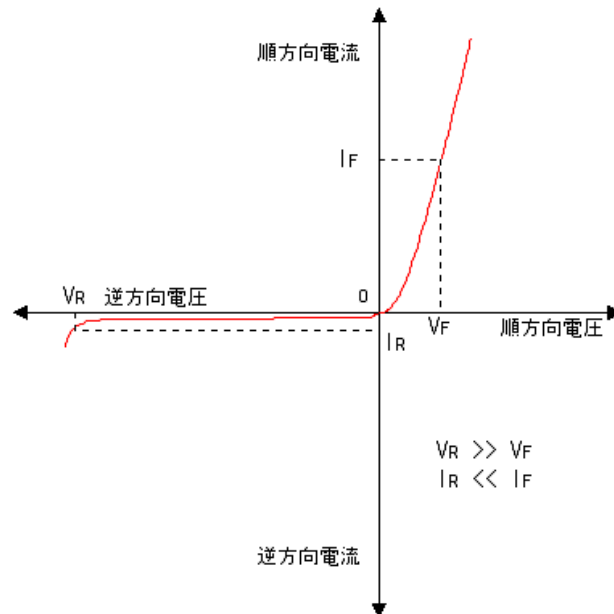


図3 I-V線図

i. シリコン

シリコンダイオードはシリコンの単結晶に添加する不純物の種類と量を調節してP形半導体とN形半導体の両方の部分を作り、PN接合部を形成したものをケースに密封し、電極を設けて作られる。P側の電極に正電圧を、N側の電極に負電圧をかけた時、電流は流れるが、これと逆の電圧をかけると、電流は流れなくなる特性をもつ。シリコンダイオードは逆方向電流が少く、高温(150~200[])に耐え、また逆電圧の高いものが得られるので、理想的な整流子として認められている。逆方向耐圧、強度、その他の特性ではゲルマニウムよりも優れているが、順方向電圧が0.6[V]から電流が流れ始め、また接合部の面積が広いので高周波には適さない。

ii. ショットキーバリア

金属と半導体との接合によって生じるショットキー障壁を利用したダイオードである。順方向電圧が0.1[V]から電流が流れ始め、抵抗は低く逆回復時間が短いので、高周波に適している。また電圧上昇による電流増加が急激なカーブを描く。しかし、漏れ電流が多く逆方向耐圧もそれほど強くない。

iii. ゲルマニウム

順方向電圧が0.3[V]から電流が流れ始め、不動エリアはシリコンの半分の値である。一方、立ち上がりは非常に緩やかであり急激な電流増加はない。またゲルマニウムダイオードは検波用に使われ、シリコンよりも非常に温度に敏感である。

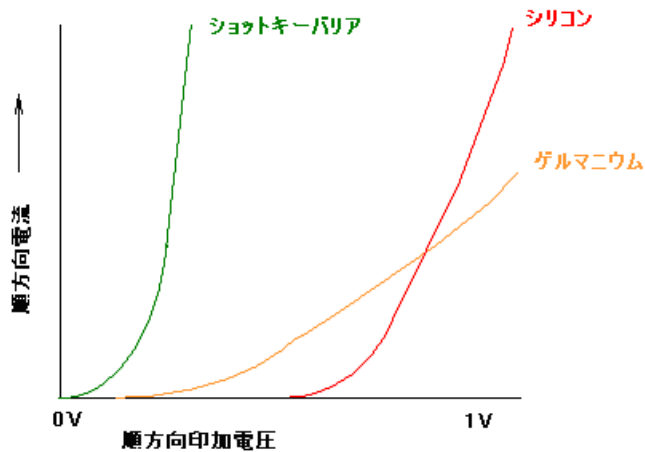


図4 I-V 線図(順方向)

3. 使用器具

- 1) 直流電源 (0~100[V])
- 2) 電圧計 (0~15[V], 0~150[V])
- 3) 電流計 (0~50[mA], 0~1[mA])
- 4) 可変抵抗 (0~500[Ω])
- 5) 整流器 (シリコン, ゲルマニウム, ショットキーバリア)

4. 実験方法

(a) 実験回路を図5のように結線する。

- i. 整流器には電池 E より可変抵抗 R を経て電流を通ずる(分圧回路)
- ii. 電流方向は C なる点で結線を切り替え, 整流器に流れる向きを変える。(整流器の順および逆の向きによく注意し, 不用意に高電圧を加えたりすると使用不能になるから十分気をつける)

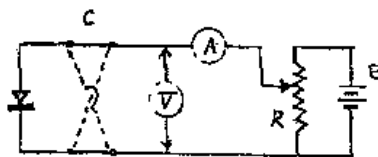


図5 回路図

- (b) まず, 順方向の特性をとり, 電圧を0から徐々に増やしながら I-V 曲線をとる。(定格値をあまり越すと自己発熱で壊れるから注意する)
- (c) 逆方向の特性をとる。回路を改めて検討し, 同時に使用計器の測定レンジを適当に選ぶ。

5. 結果

各ダイオードについて、順方向と逆方向の電圧と電流の測定値を表 1~3 に、電圧と電流の関係を表すグラフを図 6~8 にそれぞれ示す。

表1 シリコン (1N5404)

電圧 [V]	順方向 [mA]	逆方向 [mA]
0.05	0.002	0.002
0.1	0.004	0.004
0.15	0.006	0.006
0.2	0.008	0.008
0.25	0.01	0.008
0.3	0.014	0.01
0.35	0.026	0.012
0.4	0.075	0.014
0.45	0.245	0.015
0.5	0.66	0.017
0.55	2.71	0.02
0.6	7.2	0.021
0.65	17.6	0.022
0.7	51.8	0.024
0.75	142.5	0.025
0.8		0.027
0.85		0.029
0.9		0.031
0.95		0.032
1		0.034
1.05		0.036
1.1		0.037
1.15		0.039
1.2		0.041
1.25		0.043
1.3		0.045
1.35		0.046
1.4		0.049
1.45		0.05
1.5		0.052

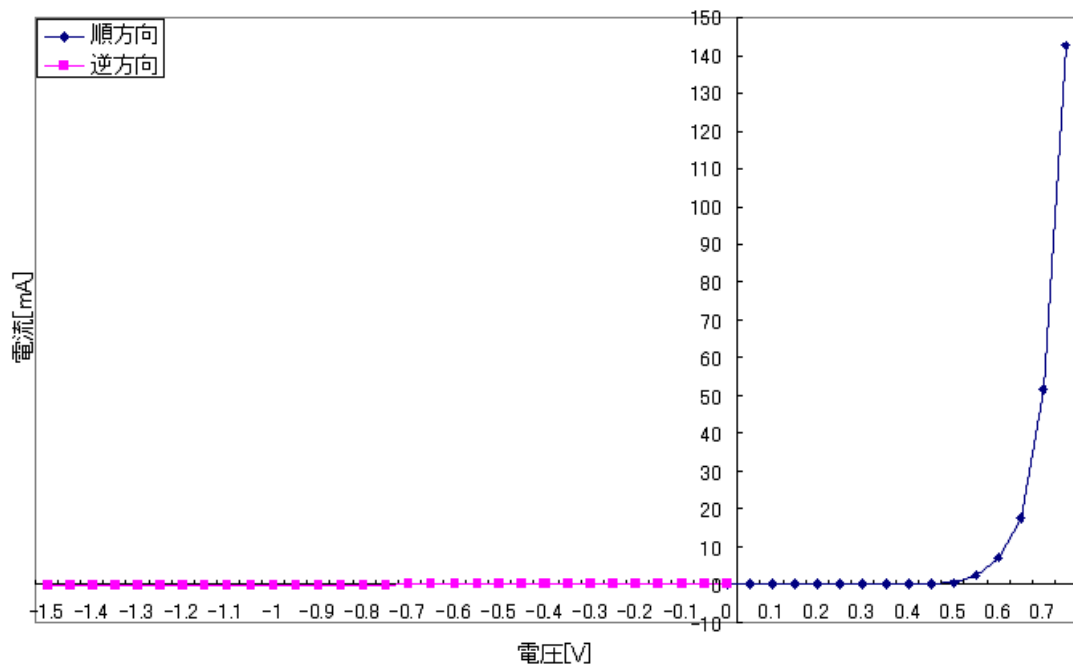


図6 I-V 線図 (シリコン)

表2 ショットキーバリア (2GWJ42)

電圧 [V]	順方向 [mA]	逆方向 [mA]
0.05	0.005	0.002
0.1	0.035	0.005
0.15	0.207	0.006
0.2	1.72	0.008
0.25	8.5	0.009
0.3		0.011
0.35		0.013
0.4		0.015
0.45		0.017
0.5		0.018
0.55		0.02
0.6		0.021
0.65		0.023
0.7		0.025
0.75		0.026
0.8		0.028
0.85		0.03
0.9		0.032
0.95		0.034
1		0.035

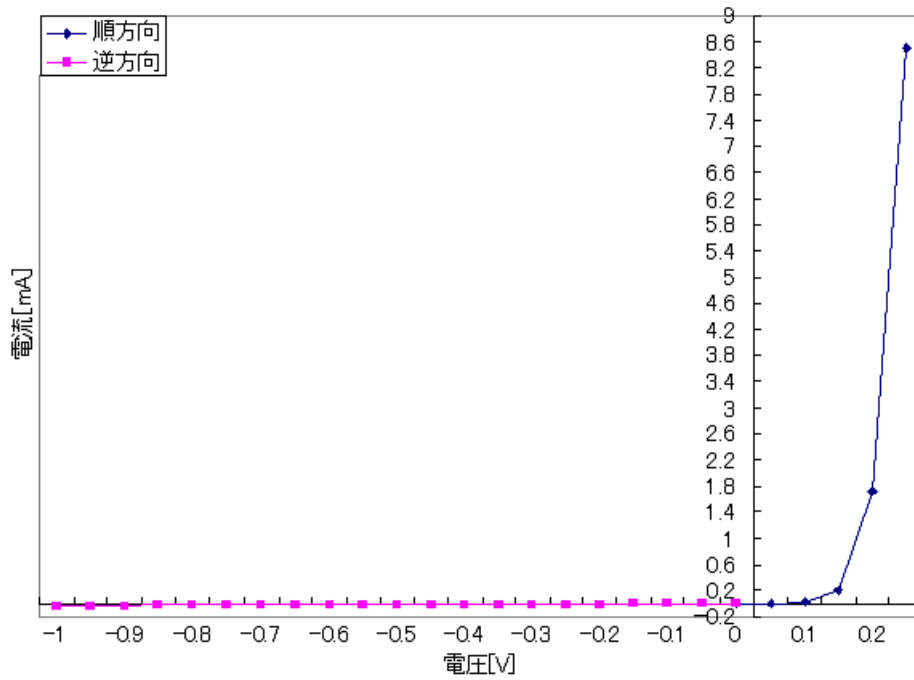


図7 I-V 線図 (ショットキーバリア)

表3 ゲルマニウム (1N60)

電圧 [V]	順方向 [mA]	逆方向 [mA]
0.05	0.005	0.003
0.1	0.03	0.005
0.15	0.07	0.006
0.2	0.145	0.008
0.25	0.265	0.01
0.3	0.48	0.012
0.35	0.68	0.014
0.4	0.9	0.015
0.45	1.36	0.017
0.5	1.75	0.019
0.55	2.1	0.021
0.6		0.023
0.65		0.024
0.7		0.025
0.75		0.027
0.8		0.029
0.85		0.031

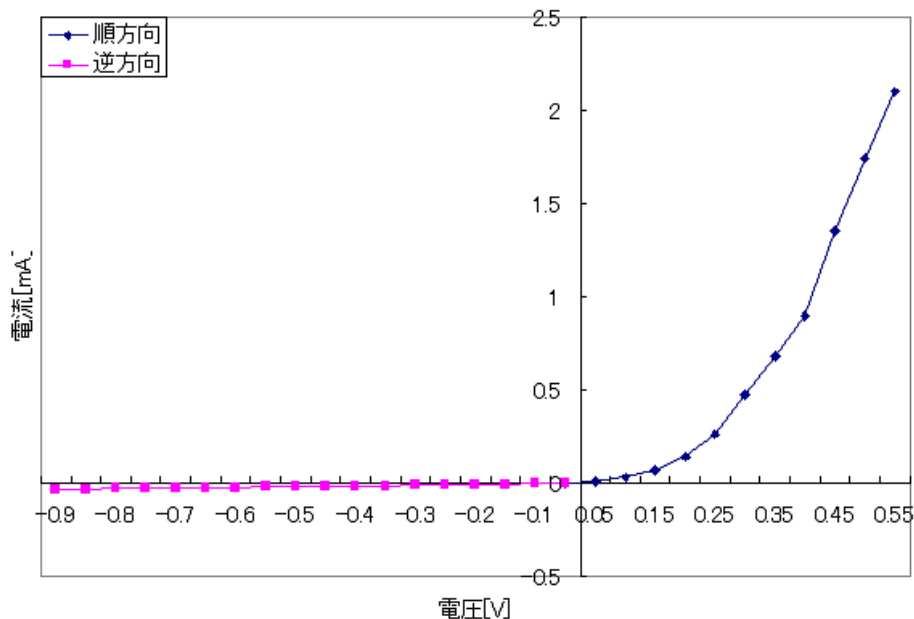


図 8 I-V 線図 (ゲルマニウム)

6. 考察

図 6 をみると、順方向で 0.50[V] までは電流が 1.0[mA] にも達しないが、それ以降は電流が急激に上昇し、曲線を描いている。また逆方向では電圧と電流は、比例関係になっているが、殆ど電流は流れていない。シリコンダイオードの性質は 0~0.6[V] までは順方向電流が流れないことであるから、実験結果と比較すると一致していて、ダイオードの一般的な性質も満たしている。

図 7 をみると、順方向で 0.15[V] までは電流が 1.0[mA] にも達しないが、それ以降は電流が急激に上昇し、曲線を描いている。この実験結果はショットキーバリアダイオードの性質と一致していて、ダイオードの一般的な性質も満たしている。

図 8 をみると、順方向では最初から徐々に電流が上昇しているが、0.40[V] から上昇率が上がっていて、緩やかな曲線を描いている。この挙動はゲルマニウムダイオードの性質と一致していて、ダイオードの一般的な性質も満たしている。

また、図 6~図 8 より、3 つのダイオードをそれぞれ比較すると、最も高速に立ち上がるのはショットキーバリアであり、ゲルマニウムが最も遅い。この結果は図 4 の関係をそのまま表している。さらに、逆方向の場合、3 つのダイオードはどれも電圧と電流は比例関係になっており、ほぼ同じ数値となっている。すなわちこの場合はどのダイオードも同じ抵抗を持つと考えられる。順方向の場合、ダイオードの性質として、しきい値までは電流は流れないが、実験結果ではどのダイオードもしきい値までに電流がすでに流れている。しかし、その値は小さいので、厳密でない実験の誤差と考えられる。