

## 文 献

- (1) H.G. Booker and W.E. Gordon: "A Theory of Radio Scattering in the Troposphere", I.R.E., **38**, p 401, (April 1950).
- (2) W.E. Gordon: "Radio Scattering in the Troposphere", I.R.E., **43**, p 23, (Jan. 1955).
- (3) K. Bullington: "Radio propagation Beyond the Horizon in the 40-to-4000-mc Band", I.R.E., **41**, p 132, (Jan. 1953).
- (4) K.A. Norton, P.L. Rice, L.E. Vogler: "The Use of Angular Distance in Estimating Transmission Loss and Fading Range for Propagation Through a Turbulent Atmosphere over Irregular Terrain", I.R.E., **43**, p 1488, (Oct. 1955).
- (5) I.H. Gerks: "Propagation at 412 mc from High-Power Transmitter", I.R.E., **39**, p 1374 (Nov. 1951).
- (6) K. Bullington, W.J. Inkster, A.L. Durkee: "Results of Propagation Tests at 505 mc and 4,090 mc on Beyond-Horizon Paths", I.R.E., **43**, p 1306 (Oct. 1955).
- (7) M.T. Decker, H.B. Janes: "418Mc Propagation Measurements Over the Cedar Rapids-Quincy Path", NBS, 2527.
- (8) 石川: "犬吠岬—生駒山間 UHF 伝ばん試験について", 電波伝ばん専門委資料, (1957-12).
- (9) J.H. Chisholm: "Investigations of Angular Scattering and Multipath Properties of Tropospheric Propagation of Short Radio Waves Beyond the Horizon", I.R.E., **43**, p 1317, (Oct. 1955).
- (10) H. Staras: "Antenna-to-Medium Coupling Loss", Trans, I.R.E., **AP-5**, (April 1957).
- (11) L.G. Trolese: "Characteristics of Tropospheric Scattered Fields", I.R.E., **43**, p 1300, (Oct. 1955).
- (12) A.P. Barsis: "Propagation of Radio Waves Over Land at 1046 Mc", NBS 2494.

(昭和33年4月2日受付)

UDC 621.382 : 535.215 : 669.782

## シリコン太陽電池の特性および応用\*

正 員 林 一 雄

(日本電気株式会社)

**要約** この論文はシリコン太陽電池についてその構造を述べ、拡散法による  $P-N$  接合生成の際の  $N$  形シリコン中への硼素の拡散速度を求め、更に変換効率を高めるために損失の原因となる表面における光の反射およびその直列内部の抵抗について考察を行った。

又  $Ni-Cd$  アルカリ電池に太陽電池出力を浮動充電せしめてそのときの模様を調べ、又応用として日射計に用いた場合の様子を述べたものである。

## 1. 序 言

太陽エネルギーを光電効果により電気エネルギーに高効率に変換するシリコン太陽電池<sup>(1),(2)</sup>に関して、そのシリコン中へのドナー又はアクセプタの拡散については C.S. Fuller<sup>(3),(4)</sup>等、その光電効果機構については R.L. Cummerow<sup>(5)</sup>、諸特性については M.B. Prince<sup>(6)</sup>が考察している。

著者はシリコン太陽電池製作に必要な拡散法による  $P-N$  接合の生成、表面における光の反射による損失、特性中<sup>(7)</sup>特に電源として動作せしめる際重要な直列内部抵抗に関して考察を行い、又太陽電池出力を蓄電池に浮動充電せしめたときの模様および日射計への応用

について調べた。

## 2. 構 造

シリコン太陽電池は照射された光のエネルギーを堰層光電効果により電力に変換せしめるため。

- (1)  $P-N$  接合部分を表面近傍につくる。すなわち  $P$  形薄層の厚さは拡散距離以下とする。
  - (2) 受光面積を可及的に広くする。
  - (3) 表面における光の反射による損失を少なくする。
  - (4) 電池としての直列内部抵抗を少なくする。
- 等が必要条件になる。

著者の試作した太陽電池は高純度シリコンに不純物として砒素を添加して (111) の結晶方向に直径 20~30  $\phi$ ,  $\rho=0.1\sim1\Omega\text{cm}$  の  $N$  形シリコン単結晶を引上げ、これを切断した厚さ 0.6~0.7 t の円板に表面より

\* Characteristics and Applications of Silicon Solar Battery. [論文番号 3005]

P 形不純物硼素を拡散せしめて P-N 接合をつくり、裏面よりそれぞれニッケルメッキ<sup>(8)</sup>をして P, N の端子を取り出した図 1 の如き構造である。

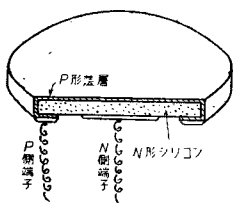


図 1 シリコン太陽電池の構造

### 3. 不純物拡散

シリコン中にドナー又はアクセプタを表面より拡散せしめて P-N 接合をつくる際接合部までの深さはシリコン本体の不純物濃度、拡散物質の表面濃度、拡散温度および時間によって決定せられる。N 形シリコンに P 形不純物硼素を拡散せしめるには硼素を含有するふん囲気中でシリコンを加熱すると、表面に分解生成した硼素がシリコン内部に拡散する。硼素はハロゲン化合物、水素化合物、酸化合物の形のものが用いられ、硼素化合物の種類によって拡散速度は左右されない。

著者は硼化水素を用いて加熱したシリコン上に硼素を一定量分解生成せしめ<sup>(9)</sup>、更にこれをアルゴン気流中で高温で硼素を内部に拡散せしめた。シリコンは 0.5 Ωcm のものを用い、拡散温度を 1100°C, 1200°C, 1250°C, 1300°C と変化し、拡散時間を 20 分より 7 時間まで変化

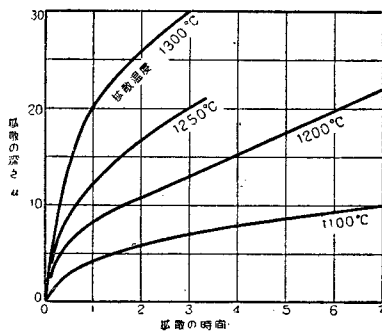


図 2 シリコン中への硼素の拡散距離

- 今  $C_0$ : 表面不純物濃度  $\text{cm}^{-3}$   
 $N_S$ : 拡散面における全不純物量  $\text{cm}^2$   
 $D$ : 拡散係数  $\text{cm}^2/\text{sec}$   
 $t$ : 拡散時間  $\text{sec}$   
 $l$ : P-N 接合の深さ  $\text{cm}$   
 $C_B$ : ベース濃度  $\text{cm}^{-3}$

とすれば拡散の方程式は一般に

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \quad (1)$$

で表わされ、これに境界条件を入れて解くと

$$l = r 2\sqrt{Dt} \quad (2)$$

ここで  $r$  は  $C_0, C_B, D$  および  $t$  に関する常数である。

また

$$N_S = 2\sqrt{Dt} \int_0^\infty C_0 \operatorname{erfc} l/\sqrt{Dt} d(l/\sqrt{Dt}) \quad (3)$$

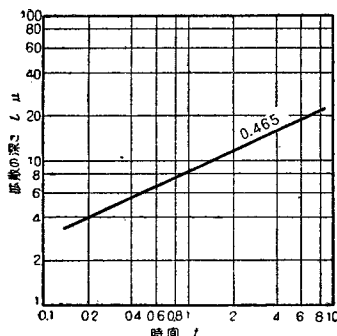


図 3  $\ln l$  と  $\ln t$  との関係

更に拡散係数  $D$  は

$$D = D_0 e^{-Q/RT} \quad (4)$$

$D_0$ : 無限大の温度のときの  $D$  の値

$Q$ : 拡散の活性化エネルギー,  $R$ : ガス常数

で表わされ、 $t$ —一定のとき  $\ln l^2$  を縦軸に  $1/T$  を横

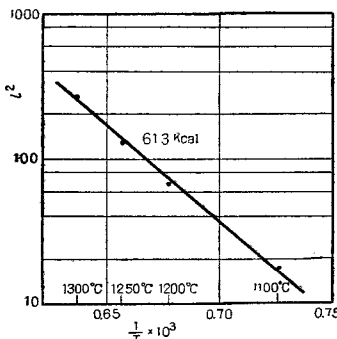


図 4 拡散の活性化エネルギー

への硼素の拡散の活性化エネルギーは 85 kcal でやや異なった値を示している。

### 4. 表面反射

シリコン表面に照射された光は、その一部は表面で反射し、他は結晶内部を進行し指数函数的に減衰して行く。太陽電池の場合当然表面における光の反射の少ないもの程のぞましい。一般に反射率  $r$  と屈折率  $n$  とは

$$r = (n-1)^2 / (n+1)^2 \quad (5)$$

の如き関係を有し、実験的に  $n \approx E_G^{1/4(10)}$  なる関係がある。シリコンの屈折率はほぼ  $n \approx 4$  であるので、反射をへらすために大気とシリコンの中間の屈折率を有するものを中間に入れると反射は減少する。シリコンの酸化物は  $n \approx 2$  であるので表面を酸化せしめると反射は減少するはずである。

著者はベックマンのモノクロメータに 2873°K のタングステン光源よりの光を入射せしめて、得られたモノクローム光をシリコン太陽電池に当て、これよりの反射を積分球により光電管に導き、反射量を MgO 表面よりのと比較して測定した。

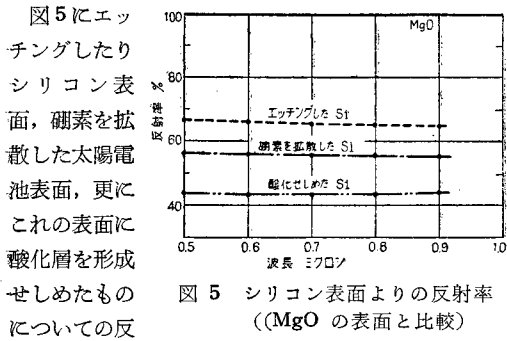


図 5 シリコン表面よりの反射率 ((MgO の表面と比較))

反射率を MgO よりの反射率を 100% としたときの値と比較して示した。図に示す如くシリコン表面よりは 65% 近く反射し、表面を酸化せしめたものでもなお 43% 近くの反射率を有することから表面よりの反射による損失は大きなものであることを知った。実際の太陽電池について酸化層を形成せしめると、出力短絡電流が 5~10% 近く増加し、出力が増加することが認められる。

## 5. 等価回路および内部抵抗に関する考察

シリコン P-N 接合に光が照射された場合 1.02 eV 以上の光量子 ( $\lambda = 1.2 \mu$  の光) が当たると充満帯より伝導帯に電子が飛び上り電子と正孔の対を生ずる。この発生点近くに P-N 接合があるとその境界に電気的二重層があって P 層が n 層に比して電位が高いため境界付近に生じた電子は n 層に移り、反対に正孔は P 層に移り光を照射している間起電力を生ずる。

その際 P-N 接合は正方向にバイアスされ、その等価回路は図 6 の如く考える。

すなわち定電流電源  $I_g$  に P-N 接合の非直線インピーダンス  $R_j$ ,  $C_j$  が並列に接

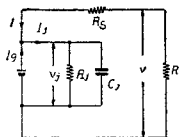


図 6 太陽電池の等価回路

続し、且つ  $I_g$  に直列に直列内部抵抗  $R_s$  と外部負荷抵抗  $R_L$  が接続せられておくと置くことができる。 $I_g$  は光電流源で、堰層容量  $C_j$  は太陽電池を電源として用いる場合直流であるために無視すると、接合部分の電圧電流特性は

$$I_j = I_0 \left( e^{\frac{qV_j}{KT}} - 1 \right) \quad (6)$$

$$I_g = I_j - I \quad (7)$$

であるため

$$-I = I_g - I_0 \left( e^{\frac{qV_j}{KT}} - 1 \right) \quad (8)$$

開放電圧  $V_{oc}$  は  $I = 0$  の条件より

$$V_{oc} = \frac{KT}{q} \ln \left( \frac{I_g}{I_0} + 1 \right) \quad (9)$$

となりほぼ光束の対数に比例するはずである。著者は日射量と出力特性を測定して図 7 に示したがよくこの関係を示している。ここで日射量 100 mW/cm<sup>2</sup> のときをもって 100% とした。

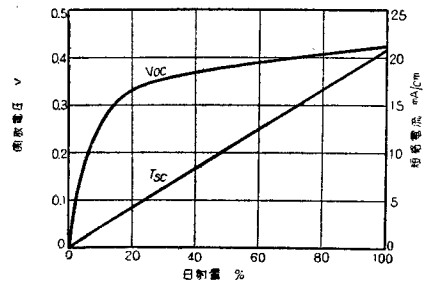


図 7 日射量と開放電圧および短絡電流 (温度 25°C)

次に負荷に流れる電流は

$$-I = \frac{I_g}{1 + \frac{R_L + R_s}{R_j}} \quad (10)$$

となり短絡電流  $I_{sc}$  は  $R_L = 0$ ,  $R_s \ll R_j$  より

$$I_{sc} \propto I_g \quad (11)$$

となり短絡電流は光束に比例する。これは図 7 の実験結果とよく一致している。

この等価回路の電圧電流特性は

$$I = I_0 \left\{ e^{\frac{q(V - IR_s)}{KT}} - 1 \right\} - I_g \quad (12)$$

$$V = \frac{KT}{q} \ln \left( \frac{I + I_g}{I_0} + 1 \right) + IR_s \quad (13)$$

となり太陽電池よりの出力  $p$  は

$$P = -IV = -I \left\{ \frac{KT}{q} \ln \left( \frac{I + I_g}{I_0} + 1 \right) + IR_s \right\} \quad (14)$$

式 (14) の第 2 項の  $-I^2 R_s$  は直列内部抵抗による損

失を示している。直列内部抵抗としては構造上  $N$  形領域の抵抗、表面  $P$  形薄層の抵抗および端子における接触抵抗が考えられる。接触抵抗はほとんど無視することができ、 $N$  形領域の抵抗は  $0.05 \Omega$  以下で決定的なものは  $P$  形薄層の抵抗である。

今図 8 の如く半径  $l$ 、厚さ  $t$ 、比抵抗  $\rho$  なる  $P$  形薄層の半径  $r$  なる位置より外周までの抵抗は

$$R = \int_r^l \frac{\rho \cdot dr}{2\pi r t} = \frac{\rho}{2\pi t} \ln \frac{l}{r} \quad (15)$$

であらわされる。すなわち抵抗は比抵抗  $\rho$  に比例し、厚さ  $t$  に反比例し、半径  $l$  の対数に比例する。この際  $r$  の値として著者は実際の太陽電池の場合 0 から  $l$  までの自乗平均をとった。これより式 (14) は

$$P = -\frac{KT}{q} I_0 \ln \left( \frac{I + I_0}{I_0} + 1 \right) - I^2 \frac{\rho}{2\pi t} \ln \frac{l}{r} \quad (16)$$

$P$  形薄層の抵抗は 4 本のゾンデ法<sup>(11)</sup>により  $P$ - $N$  接合に逆方向バイアスを印加して  $P$  形薄層部のみの抵抗を測定した。式 (16) で、

$$\frac{KT}{q} = 0.025 \text{ V}, D_p = 10 \text{ cm}^2/\text{sec}, \tau_p = 10^{-7} \text{ sec}$$

$$\rho = 1.8 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}, L_D = 10^{-3} \text{ cm}, l = 1 \text{ cm}$$

$$I_0 = i_0 \pi l^2 \cong q P_n \left( \frac{D_p}{\tau_p} \right)^{1/2} \cdot \pi l^2$$

$$\cong 10^{-10} \text{ amp/cm}^2 \cdot \pi l^2$$

$$I_g = i_g \cdot \pi l^2 \cdot \epsilon^{-\frac{t}{L_D}} \cong 0.025 \text{ amp/cm}^2 \cdot \pi l^2 \cdot \epsilon^{-\frac{t}{L_D}}$$

とすると  $P$  層の厚さ  $t$  を変化した場合の出力  $P$  を求めると図 9 の如く  $t=1 \sim 2 \mu$  付近に出力の最大値を有する。実際に試作した太陽電池の  $P$  層の厚さを測定すると約  $2 \mu$  付近のとき最大出力を有しているの、式 (16) はほぼ妥当と思われる。

更に著者は直列内部抵抗  $R_s$  の値を確認するために次の方法で測定した。図 10 に示す如く定電流電源に  $R_j, C_j$  が並列に、 $R_s$  が直列に入っている場合チ

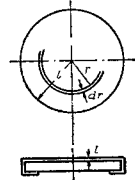


図 8 幾何学的形状

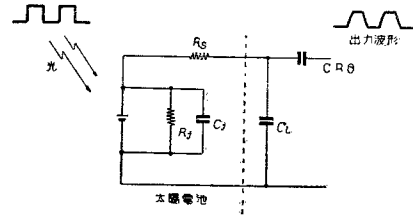


図 10 過渡特性測定回路

ョッパにより断続した光をシリコン太陽電池に照射し、その出力負荷に大容量のコンデンサ ( $C_L \gg C_j$ ) を接続すると、 $C_L$  は断続した光電流により直列内部抵抗  $R_s$  を通して充放電が繰返えされる。

太陽電池に  $600 \text{ c/s}$  の矩形波の光を照射し、 $C_L$  に  $12 \mu\text{F}$  のコンデンサを接続し、その出力波形の充放電曲線より、その時定数  $\tau$  を求め  $\tau = C_L R_s$  より  $R_s = 5 \Omega$  を得た。この値は先の式 (15) より求めた  $R_s = 2.6 \Omega$  とやや異なるが、式 (15) よりの値に接触抵抗、 $N$  形部の抵抗を加えると図 10 の方法で求めた値と大差なくなる。

直列内部抵抗を少なくすることは電源として動作せしめる場合に重要で、構造上からは円形より短冊状にして  $P$  層の端子までの距離をへらすこと、 $P$  側端子を表面よりとることが考えられる。

## 6. 変換効率, 出力特性

太陽電池の変換効率は理論的<sup>(12), (13)</sup>には最大 22% に達するが、実際には表面での光の反射、励起された電子と正孔の対が  $P$ - $N$  接合に達する以前に再結合により消滅する損失、直列内部抵抗による  $I^2 R_s$  の損失等によりその効率は半分以下になる。

太陽のふく射エネルギーをエブリの日射計で測定し、そのときの試作太陽電池の最適負荷における最大出力との比より変換効率を求めると最大 9%, 平均 6% で

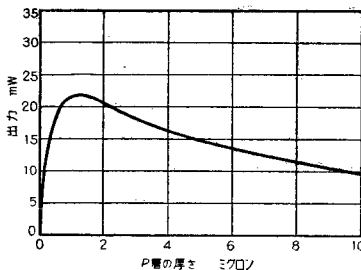


図 9 太陽電池の  $p$  層の厚さと出力との関係

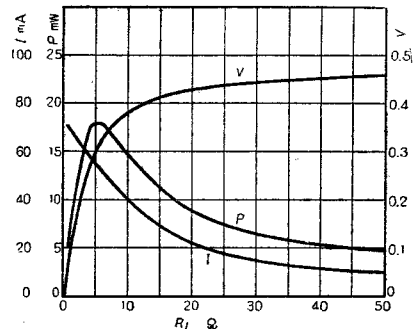


図 11 負荷抵抗を変化したときの出力電圧, 電流, 電力の関係 (太陽電池直径  $20 \phi$ )

あった。図 11 に冬の快晴時において太陽電池の負荷抵抗を変化したときの電圧、電流、電力特性の一例を示した。

更に上の快晴のとき、太陽の照度がセレン照度計で 120,000ルクスであったので、これを基準として光量を変化したときのようすを図 12 に示した。光量の増加と共に当然出力は増すが同時に最適負荷抵抗の値は減少して来る。これは当然光の照射により電子と正孔を生じ、これによる電導度変調のためにバルクの抵抗が減少することに起因する。

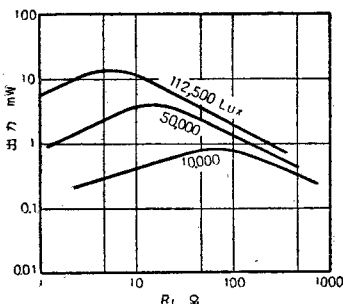


図12 負荷抵抗および照度を変化したときの太陽電池出力の関係 (太陽電池直径 20 φ)

## 7. 太陽電池よりの浮動充電について

太陽電池を電源として使用する場合、夜間や悪天候の場合電力が得られないので、太陽電池出力を蓄電池に浮動充電しつつ負荷に電力を供給する必要性が生じてくる。二次電池として一般に用いられる鉛蓄電池に比してドイツ AFA 社で開発せられた Ni-Cd アルカリ電池は電解液がアルカリであるために取扱容易で繰返しの過充放電により損傷せず且つ自己放電が少い等の特性のために著者は太陽電池出力をユアサ 7.5 AH の Ni-Cd 蓄電池に浮動充電せしめてその模様を調べた。

### 7.1 実験回路

図 13 の如く太陽電池出力を逆流防止用ゲルマニウムダイオードより銀電量計 No. 1 を経て Ni-Cd 蓄電池に充電する。Ni-Cd 蓄電池には銀電量計 No. 2 を経て負荷  $R_L$  を接続した。ここで銀電量計は 25% 硝酸銀溶液に銀電極を挿入したもので、流れる電流は電極の一侧に析出する銀量を定量することにより求めることができる。且つこの内部抵抗は非常に小さくこれによる電力消費はほとんどない。更に太陽電池よりの出力電流、Ni-Cd 蓄電池の端子電圧を測定するためにそれぞれ電流記録計、電圧記録計を

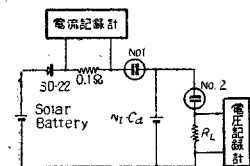


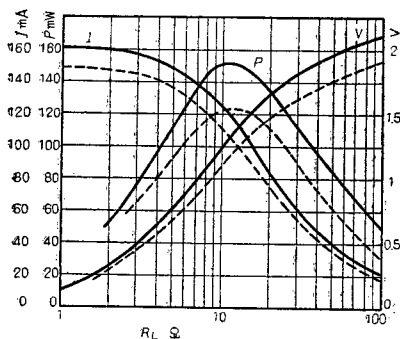
図13 太陽電池より Ni-Cd 蓄電池への充電回路  
①—銀電量計

入れた。

### 7.2 実験

1.3V, 7.5 AH の Ni-Cd 蓄電池に対して 100 時間率で充電し、1000 時間率で放電するように太陽電池出力および負荷を設計した。

●太陽電池は 6 個直列で図 14 の如き出力特性を有している。



—— 太陽電池出力  
..... ダイオードを経た場合の出力  
図14 6個直列太陽電池出力特性

●負荷は 180 Ω の純抵抗で消費電力 9.35 mW, 消費電流 7.4 mA.

●実験期日は昭和 32 年 10 月 1 日より 14 日まで

●天候は快晴 7 日、晴れたり曇ったり 4 日、曇または雨 3 日。

### 7.3 実験結果

太陽電池よりの出力電流および Ni-Cd 蓄電池の端子電圧の変化を図 15 に示した。この期間中の入力 3.933 AH, 出力 2.3027 AH で結果として 1.6303 AH 充電電流が多く、Ni-Cd 蓄電池の端子電圧の変化は 1.33~1.50 V であった。

### 7.4 考察

太陽電池の出力を蓄電池に充電せしめるとき、この動作点は蓄電池の端子電圧で決定せられる。たとえば図 14 において Ni-Cd の端子電圧を 1.35 V とすれば流れる充電電流は 88 mA となる。もちろん日射量 100% の場合で日射量に変化すると当然図 14 の特性も変化し充電電流もほぼ日射量に比例して増減する。

太陽電池出力を電池に浮動充電しつつ、常時負荷に電力を供給する場合、太陽電池出力および電池容量を決定することは重要な問題になる。

今充電時間は 1 日の中晴天の日は 6 時間として、1 か月中 15 日晴天とすると 1 か月の充電時間は 6 H × 15 = 90 H/月となり、放電時間は 24 H × 30 = 720 H/月

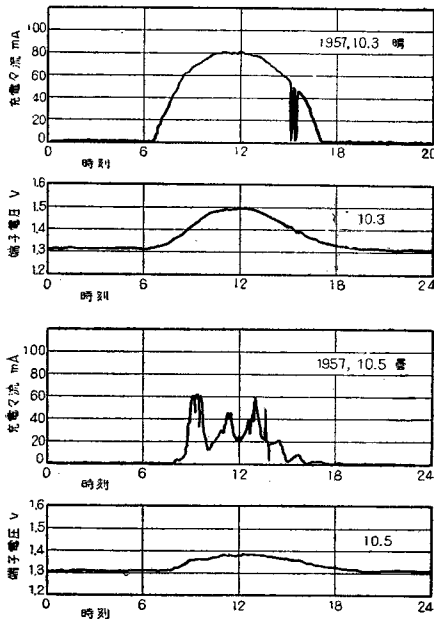


図15 太陽電池出力を Ni-Cd 蓄電池に充電した場合の充電電流、蓄電池端子電圧の模様

でおよそ 100 時間率で充電し、1000 時間率で放電せしめればよいこととなる。すなわち太陽電池出力は負荷の 10 倍となる。この値はもちろん、その土地の天候によって定まるものである。

更に太陽電池の直並列の構成は負荷の電圧  $E$ 、電流  $I$  によって決定せられる。すなわち最大出力を示すときの太陽電池の一個当りの電圧、電流をそれぞれ  $e, i$  とすれば直列数は  $E/e$ 、並列数は  $I/i \times 10$  となる。もちろん直列数は逆流防止用ダイオードによる電圧降下を加味して増やす必要がある。

## 8. 応 用

太陽電池の応用して一般に各種有線、無線通信機用電源、トランジスタラジオ用電源、赤外露出計、フォトトリレー等があるが、ここには日射計に用いた場合の結果を述べる。

太陽電池の短絡電流は光量に比例するので日射量指示には光電流を指示せしめればよい。測定方法には積算値を求める方法と瞬時値を求める方法がある。前者の場合、水銀電量計によって光電流を積算せしめた。これはガラス容器内に沃化第二水銀と沃化加里の電解液を満たして光電流を水銀極が正、カーボン電極が負になるように通じると、電解液中の水銀イオンが陰極に析出し、析出水銀量よりファラデの法則により光電流

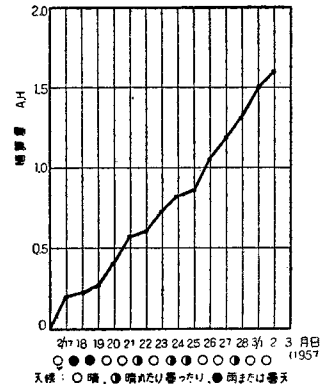


図16 太陽電池を用い積算電量計による日射量の測定

の積算値を直読しうる。日射量と光電流の関係を求めて置けばこれより日射量をしることができる。図16に昭和32年2月16日より3月18日までの東京における日射量の積算値の模様を示した。

日射量の瞬時値を測定するために太陽電流の出力短

絡電流を記録せしめればよい。以上の如く太陽電池を用いて日射量を簡単に指示しうるわけである。

## 9. 結 言

(1) シリコン太陽電池の構造として直径 20~30  $\phi$  の  $N$  形単結晶円板に表面より硼素を拡散せしめて  $P-N$  接合をつくり、裏面よりそれぞれの端子をとった。

(2)  $N$  形シリコンに硼素を高温度で拡散せしめ、その拡散温度、拡散時間、拡散距離より拡散の活性化エネルギー 61.3 kcal を得た。

(3) シリコン表面、硼素を拡散せしめた表面、更にその表面に酸化層をつくったものにつきその反射係数を求め、表面を酸化せしめたものが反射が少いことを見出した。

(4) シリコン太陽電池の直列内部抵抗を求め、その等価回路で電力の損失を計算した。又直列内部抵抗は光のパルスを用いてコンデンサの充放電特性より求めた。

(5) 変換効率は最大 9%、平均 6% である。又負荷抵抗と電圧、電流、電力の変化を求め、更に光量を変化したときの出力変化を求めた。

(6) 太陽電池出力を Ni-Cd アルカリ蓄電池に浮動充電せしめてその模様をしらべ、太陽電池出力は負荷の 10 倍にとれば負荷を連続動作せしめうる容量をもつことが分った。

(7) 太陽電池を日射計として用いる場合に水銀電量計によりその積算値を指示せしめた。

終りに臨み以上の実験に対し終始御指導を賜った小林研究所長、釜蒔所長代理、的場試作研究室長、石

川義興博士および表面反射を測定された東京工大稲村研究室中原氏, 並びに Ni-Cd 蓄電池の浮動充電に対し協力されたユアサ電池平田勝氏, 渡辺二郎氏に深甚の謝意を表する。

### 文 献

- (1) D.M. Chapin, C.S. Fuller and G.L. Pearson : B.L.R., p 232, (June 1954).
- (2) D.M. Chapin, C.S. Fuller and G.L. Pearson : J.A. Phys., **25**, p 676, (May 1954).
- (3) C.S. Fuller and J.A. Ditzzenberger : J.A. Phys., **25**, p 1439, (Nov. 1954).
- (4) C.S. Fuller and J.A. Ditzzenberger : J.A. Phys., **27**, p 544, (May 1956).
- (5) R.L. Cummerow : Phys. Rev., **95**, p 16, (July 1954).
- (6) M.B. Prince : J.A. Phys., **26**, p 534, (May 1955),
- (7) 石川, 林: 昭 32 四学会連大.
- (8) M.V. Sullivan and J.H. Eigler : J. Electrochemical Soc., p 226, (April 1957).
- (9) 林: 特許願, 昭 31 年, 第 8389 号.
- (10) T.S. Moss : Photoconductivity in the Elements, p 244, (1952).
- (11) L.B. Valdes : P.I.E.E., **42**, p 420, (Feb. 1954).
- (12) E.S. Rittner : Phys. Rev., **96**, p 1708, (Dec. 1954).
- (13) J.J. Loferski : J.A. Phys., **27**, p 777, (July 1956).

(昭和 33 年 4 月 10 日受付)

UDC 621.373+621.375] : 621.314.634

## セレン整流器によるパラメータ励振\*

正員 喜安善市 正員 伏見和郎 正員 桧山泰宏 正員 山中 馥

(電気通信研究所)

**要約** セレン整流器の障壁容量を非線形リアクタとして用いたパラメトロンについて, その定常状態の特性の解析と実験の結果を述べてある。セレン整流器の低価格の代償としてわれわれが失う高速性と低電力性はどの程度のものであろうか。検討の結果はパラメトロン素子としてかなり有望であり, 改良を加えればゲルマニウム整流器の優秀性に近付くことが知れた。

### 1. は し が き

われわれはすでに半導体の障壁容量を利用した新しい形のパラメトロンを得ることができることを報告した<sup>(1)</sup>。その実験には接合形ゲルマニウム・ダイオードが用いられており, この場合, 励振周波数は 100 Mc 以上, 消費電力は 100  $\mu$ W 以下というきわめてすぐれた結果が得られた。この実験に成功したとき, われわれはもっと手近で安価な半導体でもパラメータ励振を起すことができるのではないかと考え, 亜酸化銅ならびにセレン整流器について検討をおこなった。亜酸化銅整流器の場合は手持のものでは発振に成功しなかったが, セレン整流器の場合は比較的容易に発振させることができた。しかしその結果はゲルマニウム整流器の場合に比して著しく劣っており, 特に半導体パラメトロンの特質ともいうべき周波数特性が以下に述べる理由で劣っていることが知れた。しかしフェライトによるパラメトロンの技術が確立されつつある現在,

同等の動作速度であっても, 消費電力が著しく少く, 材料の均質なものが安価に得られ, 長期間の安定な動作が確認されれば, このセレン整流器を用いたパラメトロンも技術的に重要性を有するものになると考えられる。

セレン整流器の研究は古くから行われており, 技術的にも進歩しているものであって, セレン整流器の新しい応用に関心を有する人々の協力が得られれば, この方面の研究は大いに進むことが期待される。最近京都大学の田中西郎教授がセレンパラメトロンで良好な結果を得ているので, この際従来得られていた結果をここに報告し, 大方の参考に供したい<sup>(2)</sup>。

### 2. セレン整流器のパラメトロン素子としての性質

#### (A) 構造と障壁容量

セレン整流器の構造は良く知られているように, ニッケル又は蒼鉛をメッキした軽合金又は鉄板に, セレンを蒸着した後熱処理するか又は熔融セレンを塗布し加圧熱処理をほどこしてセレン層を形成し, この上に

\* Parametric Excitation Using Selenium Rectifier. [論文番号 3006]