

乾 式 光 電 池

板 倉 武 雄

序

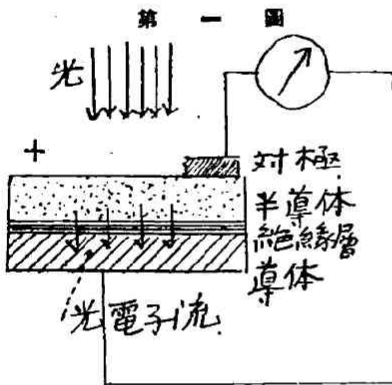
此處に紹介する光電池は、所謂ハルケツクス効果に依る真空光電池 (Vacuum Photo-Cell) でもなく、亦 Photo-Voltaic-Cell でもない。最近に至りて各種の方面から絶縁層光電池 (Sperrschicht Photozelle) の名稱を與へられて居る處の従来と全く趣を異にする新種の光電池の研究が行はれて來た。而して既に實用の範圍にまで達して居る。此種の光電池に於ける根本的新現象は、光を照射すると、従來のものやうに感光性物質から光電子が真空或は氣體中に飛出るのはなく、且つ何等の補助電壓 (Vorspannung) を與へて置かなくとも、半導體 (Halbleiter) (此場合は感光性物質として半導體を用ふ。) の中から、半導體とそれに接する金屬電極との接觸境界面に電子が放出さる事である。而して電子は光により與へられたるエネルギーに依りて、半導體とそれに接する金屬極との間に介在すると考へらる一種の絶縁層 (Sperrschicht) を貫通して金屬極に至り、大部は之より外部回路に出でガルバノメーターに振れを與へる。之の絶縁層は電流の方向に對して單方的傳導性 (Unipolare Leitfähigkeit) を有するもので即ち整流作用を呈するものである。

かかる構造を有する光電池には二つの場合がある、其一は絶縁層が光電池の背部に存在し、光は半導體の全層を貫き出で、放出されたる光電子は光の方向に従つて即ち半導體から其背部に接する金屬極に至る場合であつて之を後壁効果 (Hinterwand-effekt) と云ふ。他の一つは絶縁層が半導體の前側に存在し、其結果光線に依りて半導體内部に於て放出されたる電子は光の方向と反對の方向に即

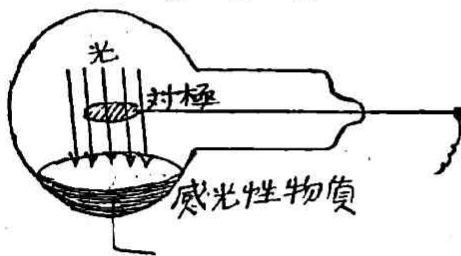
(12) (板倉武雄) 乾 式 光 電 池

ち半導體から絶縁層を越へ前側の電極に飛行する場合であつて、之を前壁効果 (Vorderwandeffekt) と云ふ。半導體として從來實用化されて居る此種の光電池に於ては、B. Lange, W. Schottky 等は亞酸化銅を用ひ、L. Bergmann. 同く B. Lange は Selen を使用してゐる。而して亞酸化銅が後壁電池 (Hinterwandzelle) 及前壁電池 (Vorderwandzelle) の兩方に使用されて居る (Schottky, Lange, Duhme,) に反し、Selen は前壁電池のみに使用されて居る。

今茲に後壁光電池 (Hinterwand Photozelle) と從來の普通の真空光電池との



第 二 圖



構造を比較すれば第一圖及第二圖の如くである。即ち在來の Halwachs 効果に依る光電池は對極 (Gegenelektrode) に陽性電位を前以て與へて置き光電物質から出て來る光電子を捕へるものであるが、只今の光電池に於ては、かかる以前て與へて置く電位即前置電壓 (Vorspannung) 或は補助電位 (Hilfspotential) を與へなくとも外部回路に光電流を得る。之が在來のものとの根本で相違である。F. v. Körösy はかかる構造を有する光電的裝置に對して、之の系の光に對するは恰もサーモエレメントの熱に於けるが如して、サー

モエレメントに對して Lichtelement と云ふて居る。然しながら、以上の如く補助電壓を與へないに如何にして光電壓從て光電流が起るかに付いては今日尙明確

なる説明が與へられて居ないのである。以下之の種の研究の二三に付いて其の概略を紹介致したい。

B. Lange の研究

B. Lange は上述の如き構造を有する亞酸化銅光電池を初めて發表し次の如き假設を與へた。即ち Hallwachs 効果と同様に之の新光電池に於ても光に依り亞酸化銅内で電子が遊離されて之が一方の極より他方の極に飛び行くから、かかる新しき光電効果が起る。而て之の現象も亦 Einstein の式 $eV = \frac{1}{2}mv^2 = h\nu - h\nu_0$ $= h\nu - P$ に妥當されるものであると假定した。其後 Lange は彼の假設を一層深くたしかむる研究もしなかつたし、亦之の光電効果の内部機構に付いても何等述べて居ない。

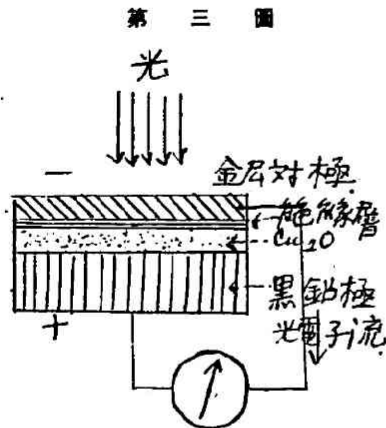
然しながら之の現象は Lange 以前に既に發見されて居る。L. O. Grondahl 及 P. H. Geiger は 1927 年新整流器の題の下に亞酸化銅整流器に光を與ふれば電氣抵抗が變化するのみならず整流器内に微弱なる電動力を發生する。故に少き電流の測定の場合は之を避けなければならぬと云ふて居る。

W. Schottky 一派の研究

W. Schottky に至りて初めてまとまりたる研究が發表されて居る。彼の説の根本的概念を要約すれば、銅母體と亞酸化銅（以下半導體として亞酸化銅の場合を論ず）、との間の接觸境界面に於て一種の絶縁層 (Sperrschicht) が介在し、之の絶縁層に於て光電壓が發生する。而して之の光電池に對して銅亞酸化銅絶縁層光電池 (Kupfer-Kupfer-Oxydul Sperrschicht Photozelle) の名稱を與へ、之の現象を絶縁層光効果 (Sperrschicht Photo-effekt) と云ふて居る。彼は光電子流の方向については、光に依つて亞酸化銅から放出されたる電子は絶縁層を通過して金屬電極に行き大部は外部回路に、他部は局部電流として本の亞酸化銅に歸る。

(14) (板介武雄) 乾 式 光 電 池

即ち絶縁層を貫き金属極に流入する電子雲に依りて呼び起されたる電壓の勾配が絶縁層の單方的傳導 (Unipolare Leitfähigkeit) の爲に光電子逆流の電壓降下よ



りも大きいからである。第三圖は前壁光電池と光電子流との關係を示すものである。錆つて高温に於て酸化せられたる銅板が電流に對して單極的傳導を有する即ち整流作用を呈する事は既に數年前より知られて居る。1926 年 Grondahl は 2 volt 程度の電壓では該銅板が良く整流作用をなす事實を發見して居る。Schottky は之の整流作用も亦 Cu_2O と銅母體との接觸境界面に介在する顯微鏡程度以下

(Submicroscopic) の極めて薄き絶縁層に起因するものであると考へ、この絶縁層に傳導機構の變化が起ると云ふ絶縁層説 (Sperrschicht Theorie) を提出した。亞酸化銅銅母體間の整流作用に對して其の他二三の説明が與へられて居る。H. Pelabon は電解的に説明し、Cu から Cu_2O の方向に電壓を與へる場合 Cu, Cu_2O 間境界面に O_2 が遊離され、之が絶縁中間層 (Isolier Zwischenschicht) となり電氣透過を低下せしめ、逆に Cu_2O から Cu の方向に電壓を與へた場合銅を共處に遊離するから、上述の如き絶縁的分極層 (Sperrende Polarisationschicht) を作らないと假定して居る。次に W. Ch. van Geel は R. H. Fowler 及 L. Nordheim 等の研究に支持されて、かかる絶縁層に依りてへだたれたる二種の電極の電子放出 (Elektronen-emission) に基く説明を與へ、之の場合は一方の極は金属より他方の極は半導體よりなるから其處に電子放出の差が生ずとして居る。翻て

此種の整流作用が只に電流に對して單極的傳導を有するのみならず、外部より與へる電壓によりても、亦溫度に依りても甚だしく影響あるものである。換言す

れば之の絶縁層の抵抗はオームの法則 $V = iR$ に従はぬ。今銅亜酸化銅整流器の

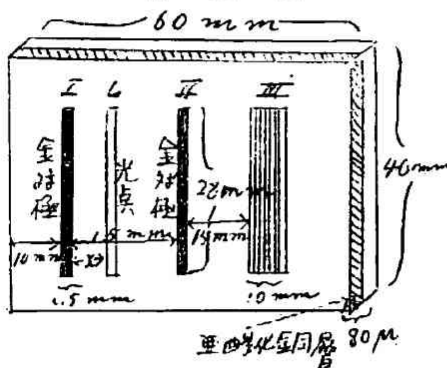
第 四 圖



電壓電流の曲線を示せば第四圖の如くなる。上述の如き Schottky の絶縁層に於て光電壓が発生すると云ふ絶縁層光効果 (Sperrschicht Photoeffekt) の概念も之の整流現象に暗示を受けた。彼は、乾式整流器 (Trockengleichrichter) として使用する金属半

導体組合せに於て (此場合は半導体として亜酸化銅) 絶縁層光効果が常に存在するが故に、之の系の整流作用とかかる新光電効果とは密接なる関係を有するものと考へ、光電壓の発生點は之の絶縁層になければならぬと結論した。而して彼は其の實驗的根據として次のやうな手探り法 (Abtastungsmethode) に依る研究 (之は Dr. V. Auwers, 及 Dr. Baust の研究) を指摘して居る。以下 Baust の研究に付いて述べる。彼は第五圖の如き銅亜酸化銅絶縁層光電池を作つた。I, II, III,

第 五 圖

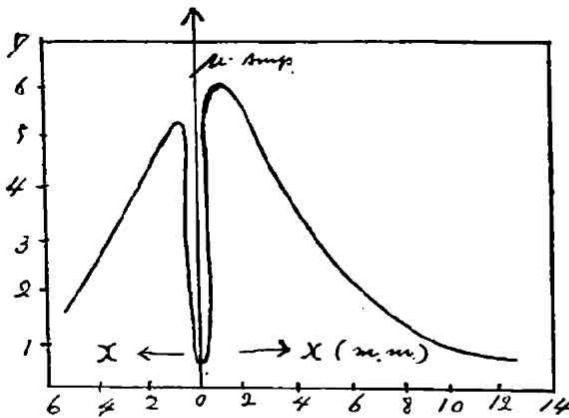


は金の對極であつて、III が特に廣いのは抵抗の測定に役立つからである。Cu₂O 層の厚さは 80 μ である。L は細長き光點で電極に對して平行に投射せられ、其の位置を平行に動かして得る。光源はガス入の電球を用ひて居る。第六圖は其研究結果で電極 I の附近に光點を動かして得られたるものであ

(16)

(板倉武雄) 乾 式 光 電 池

第 六 圖



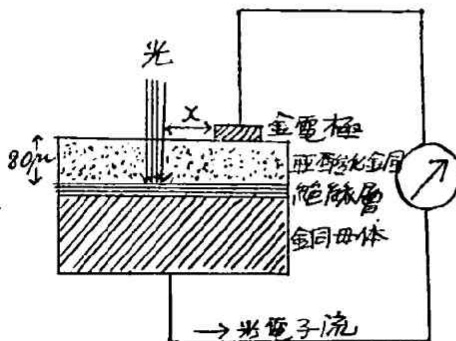
る。之の時測定器の抵抗は 100 オームで一口盛 10^{-6} アンペアとす。而して電極 I と銅母體との間に測定器を入れて得た結果である。横軸は電極 I と細長い光點との距離を表す。勿論外部から何等電壓を與へず測定したもので

あつて、電子流の方向は外部では銅母體から電極 I に流れる。而て外部に出する光電子流は光點 (Lichtfleck) がだんだん電極 I から遠さかるに従つて一定の法則によつて減少し、もし光點と電極とが重れば光電流は殆ど零に落る事を知る。

此の研究結果に對する理論的説明に關して、W. Schottky は次の如く云ふてゐる。即ち僅小の光束が Cu_2O 層を通過し得て Cu と Cu_2O 間の境界面に落ち電子は Cu_2O より銅母體に飛行し茲に光電壓發生され、主なる光電子流は低抵抗の測定器を通過して對極に至り、其の

一部分は再び絶縁層を通過して Cu_2O 層に戻る。今第七圖に示すが如く、光束が Cu_2O 層を通過して絶縁層に到達したる點を光電壓發生點とし、之の點と Au 極との距離を x 種とし、外部回路の測定器に流る光電子流 I を、一般的誘導法に依りて計算すれば、其結果は

第 七 圖



— (紹 介) —

$$I = I_F \frac{\sin \frac{b}{2\xi}}{\frac{b}{2\xi}} e^{-\frac{x}{\xi}}$$

にて與へられる。之の式に於る b は光點の幅を表し、

$$\xi = \sqrt{\frac{\delta}{\omega}} \quad I_F = i_F \cdot b$$

δ : Ableitungswiderstand (Cm^2 について)

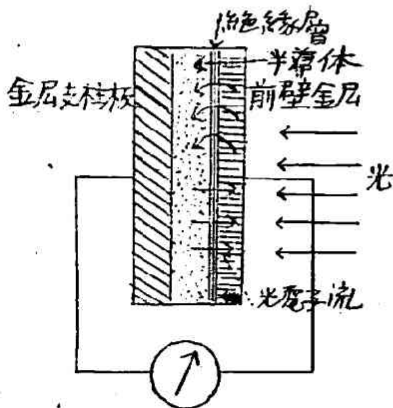
ω : Cu_2O 層 1 Cm 幅、厚さ d の抵抗

i_F : 比光電動的電流

とする。 x を變數とする上式の曲線は簡單なる指數法則 (Exponentialgesetz) に従ふ事を知り、之の曲線の形が、前述の Braust の研究に依りて得られたる第六圖の曲線と全く相似である關係が認められた。之は明に絶縁層光効果の假設に實驗的根據を與へるものであるとしてゐる。

尙 W. Schottky 及 E. Dähme は之の光電壓の發生點である絶縁層を、光源の方に向けられたる Cu_2O 表面即ち前壁に置換すると光電流は其方向を變化し、即

第 八 圖



ち光電子流は Cu_2O 内から光の方向と反對の方向に飛行く事、換言せば光電子は常に Cu_2O から絶縁層を通過して金屬極に移り行く事實をたしかめた。

第八圖の如く Cu_2O 前壁に金屬の極を作るため陰極乗散法 (Kathodenzerstäubung) を施し、 Cu_2O の後壁には非常に細き黒鉛層を接觸した。然る時は單方傳導性の絶縁層は Cu_2O と其上に附けられたる金屬極との間に現る。此

(18) (板倉武雄) 乾 式 光 電 池

の場合黒鉛亜酸化銅間の絶縁作用は無視し得る。依てかかる電池に對し、黒鉛亜酸化銅前壁絶縁層光電池の名稱を與へた。故に亜酸化銅整流器は後壁電池とも見做し得べきものであると云ふて居る。

要するに絶縁層光効果 (Sperrschicht Photoeffekt) の發生に付いて、其半導體が内部光電効果(後述)を示すものと假定せば、次の三根本條件が常に満足されなければならぬ。

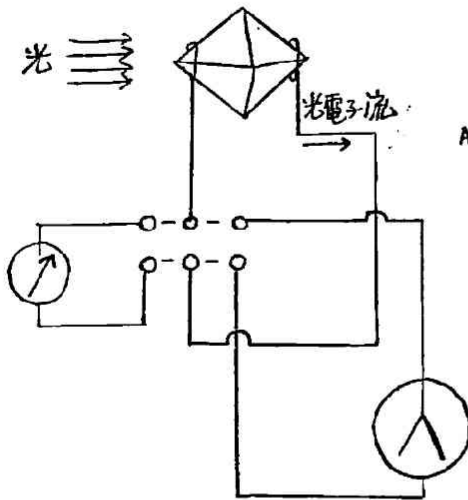
- i) 金屬、半導體の接觸境界面に光を與へる事
- ii) 光にあたる接觸境界面が單極的電気傳導性を有する事
- iii) 光に依つて遊離されたる光電子が之の單極傳導性の層を飛越えなければならぬ。

尙 Schottky は Cu_2O 内で光電的に遊離されたる無數の光電子のみにては、光電壓の發生に對しては何等の役割をなさぬ事を、次の事實に基いても假定し得ると云ふて居る。即ち Pfund の研究に依れば、亜酸化銅内に於る電子の遊離は前置電壓 (Vorspannung) なくしては決して瞬間的な光効果を示さないと。

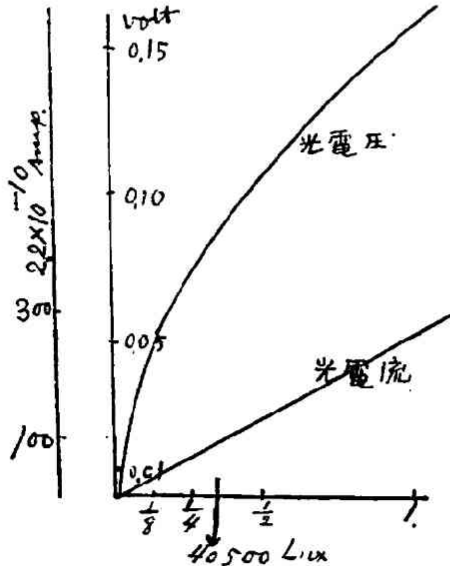
H. Dember 一派の研究

H. Dember 一派は Schottky の說に對して異議を唱へて居る。彼等は Schottky の所謂絶縁層光効果 (Sperrschicht Photoeffekt) に對し結晶光効果 (Kristall Photoeffekt) を唱へた。其大略は次の如くである。或種の半導體の光を吸収する結晶に光を與へると、光は結晶内で電子を驅出して光電流を外回路に作る。之の光電子流の原因としては、吸収したる光線に依りて起る (1) 電子濃度の差と (2) 入射光線の電子に及ぼす光壓 (Lichtdruck) が原因と見做さる。第九圖は之の結晶光効果の實驗裝置及結果である。 Cu_2O 八面體の稜の長さ 8 mm である。尙彼等は Schottky の云ふ絶縁作用なるものを全く除外する簡單なる方法を考案して、かかる新光電効果に對する決定的解釋を與へんとした。即ち半導體に直接附

第九圖 (A)



第九圖 (B)



齊されて居た金属の代りに電子の通過を許さぬ絶縁物を以て代用した。Dember の研究装置は第十圖の如くである。先づ光源からの光を水で満たしたる吸収槽と水凸レンズを通して熱線を取除いた。

A: Cu_2O 八面體より切り取りたる $3 \times 9.5 \times 9.0 \text{ mm}$ の板

B: 眞鍮輪

C: 雲母層

D: 金属網で A から雲母層を通して 0.015 mm の處に立てられて居る。

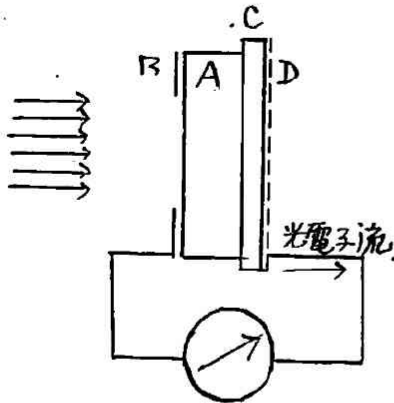
測定器はリンデマンエレクトロメーターを用ひて居る。かくして見るに光の曝射に依り起る電流計のフレは、D を A に直接接觸した場合の夫れと全く同じである事をたしかめた。

尙金属と接觸して居る部分の幾分かの前壁効果を避けるため Cu_2O の兩側を雲母で蔽ひ白金網を押し付けて光を投射するも、之の時は 0.020 volt 位の光電壓を得たそうである。更に Dr Barth は之の質

(20)

(板倉武雄) 乾 式 光 電 池

第 十 圖

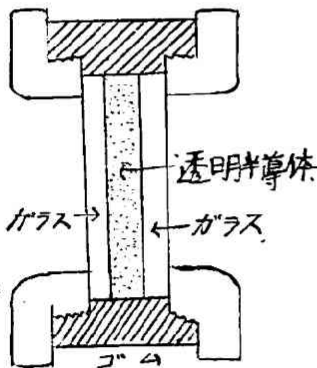


験を次のやうに作り變へた。即ち 1mm の空氣層を雲母層の代りに入れ變へて居る。之の實驗に於ても光効果は認められたと云ふて居る。

Ludwig Bergmann の研究: Bergmann は Dember の説を更に支持する次の様な研究を報告して居る。即ち第十一圖に於て兩側から同じ強さの同じ斷續的振動數を有する光を同時的に與ふれば効果は零となる。之は一方で遊離される電子が右に、他の側で遊離される電子が左に移動し、光電池の中央に於ては光の強さが同じであるため電子の運動が起らないからである。若し兩方から同じ強度の同じ斷續數の光を與へ、一方が暗の時他方が明であるやうになせば効果は二倍になる。

即ち 180° の位相のズレのため効果が增加する。次に一方から斷續的の光と連續的の光とを同時に與へ、連續的の光の強を増加せば斷續的の光に依りて起る効果は減少する。更に一方から斷續的の光をあて、他方から連續的の光をあてば斷續的の光に依りて起る効果は増大する。兩側から同じ強さの連續的の光をあてば、斷續的の光に依る効果は變化しない。前者の場合他方から連續的の光の侵入に依りて起る効果の増大は、光電的活性層が薄ければ薄い程大きい。即ち斷續的の光に依つて電子の遊離が起つて居る處へ他方から多くの連續的の光が來れば來る程効果は大きくなる。かかる効果の増加は HgS や HgI_2 等の如く半

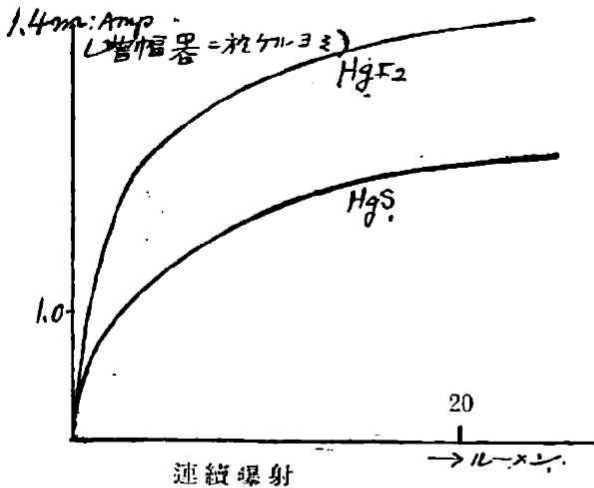
第 十 一 圖



即ち 180° の位相のズレのため効果が增加する。次に一方から斷續的の光と連續的の光とを同時に與へ、連續的の光の強を増加せば斷續的の光に依りて起る効果は減少する。更に一方から斷續的の光をあて、他方から連續的の光をあてば斷續的の光に依りて起る効果は増大する。兩側から同じ強さの連續的の光をあてば、斷續的の光に依る効果は變化しない。前者の場合他方から連續的の光の侵入に依りて起る効果の増大は、光電的活性層が薄ければ薄い程大きい。即ち斷續的の光に依つて電子の遊離が起つて居る處へ他方から多くの連續的の光が來れば來る程効果は大きくなる。かかる効果の増加は HgS や HgI_2 等の如く半

即ち斷續的の光に依つて電子の遊離が起つて居る處へ他方から多くの連續的の光が來れば來る程効果は大きくなる。かかる効果の増加は HgS や HgI_2 等の如く半

第十二図



導體にして且つ薄層に於て透明なるものになる。故にゼレンの如く不透明のものには起らない。(第十二圖参照)

次に第十三圖の如き光電池に於ても透明なる感光性物質に斷續的の光が侵入したる部分にまで、他方から連續的の光が侵入したる時にのみ、斷續的の光に

依る効果が増大する事を知る。1. 2. 兩光電池に於て色々の場合を表示せば第一

第一 表

表の如くなる。

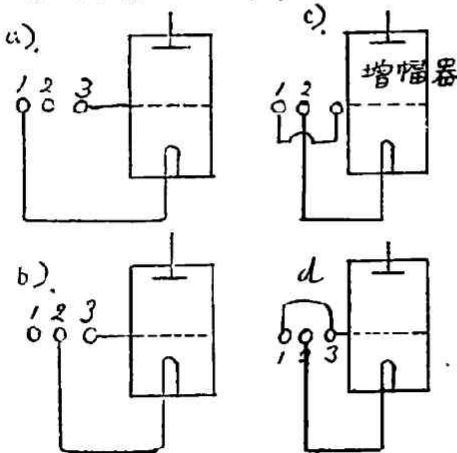
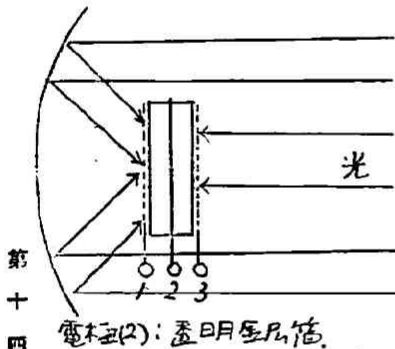
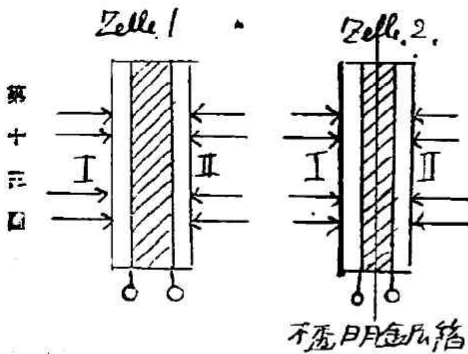
入 射 光 線	Zelle 1.	Zelle 2.
I 側ヨリ斷續的光	効果	効果
II 側ヨリ斷續的光	効果	効果
I, II 兩側ヨリ同強度ノ光ニ同斷續數ニテ同時的ニ照ス	効果無し	効果ナシ
I 側カラ斷續的光ト同時ニ連續光	効果減小	効果減小
I 側カラ斷續光同時ニII 側ヨリ連續的光ヲ與フ	効果増	効果増加ナシ
兩側カラ連續光 I 側カラ斷續光	効果	効果減小スル

更に第十四圖の裝置に於ては、同じ強さで同じ斷續數を以て同時的に光を曝射すれば (a) の場合に於ては光電池の兩半方向反對且つ強さ等しきため光効果は起らない。之際凹面鏡をすらす事に依り背部に落る光の強さを調節し得る。(b)(c)は夫々相等しき光効果あり(d)の場合は効果

が大きくなる。かくの如く二重光電池 (Doppelzelle) の實驗に依りて、電子の運

(22)

(板倉武雄) 乾 式 光 電 池



動の方向は光の方向にある事を知る。今左側半分を前壁効果を持つゼレン絶縁層光電池で置きかへば、電子はゼレンから光を通す極の方に飛行く。之の時兩光電池が同じ効果と與ふるやうに光の強さを調節し置けば、光を同時に與へた時(a)の連結に於ては2倍の効果と與へる。之の事實は次の事を説明する。即ち右側の電池に於て電子は光の方向に進み、兩電池では同方向の電子流が起る。

尙之の光効果の斷波數 (Unterbrechungsfrequenz) に関しては測定終結して居ないが毎秒1000—7500 程度では著しい惰性が入り来ないと報告して居る。又光効果に對する入射光線のスペクトル分布曲線については研究進行中であるが一般に効果の極大の處は、其物質の極大吸収の處にあるやうである。即ち赤の HgI_2 は緑の處に極大を示し黒色の Ag_2S は全可視線に

對し殆ど同程度の感度を示す如くである。今 H. Dember 一派の結晶光効果説の概要を述べるならば次の様である。

天然の亜酸化銅結晶に於ては、光を投射すれば光電壓が発生する。而して閉じたる外部回路に光電流を生じ、其方向は單一結晶 (Einkristall) 内では常に電子が結晶内で光の方向に移動する。之に依れば結晶光効果は前述の絶縁層光効果に必要な三條件が満足されなくとも起る。然るが故に之の結晶光効果の説明に絶縁層光効果を用ふる事は不可能である。即ち

- i) 結晶光効果は兩極が光に照らされなくとも起る。
- ii) 結晶と電極との組合せには何等の單極傳導性が存在しない。即ち兩方の接觸部は同様に舉動するものであり、電子流は光の方に向けられたる極が照らされても、それを 180° 回轉した時も常に入射光線の方向に流る。
- iii) Dember は遂に金屬極を結晶より取除きて結晶の光電壓を測定するに成功した。

結晶光効果の根本概念は次の様にして説明さる。即ち

結晶内で光電的に遊離されたる光電子数は結晶内で光の方向に指數法則的に減小し行く光の強さに相應して、減小して行く。故に結晶内では光の方向に荷電の勾配が生ずる事になる。而して一般に結晶光効果は内部光電効果を呈する結晶物質に豫期されねばならぬ。

かくして結晶光効果が絶縁層光効果に依つて説明されないとするならば逆に絶縁層光効果を結晶光効果の上に持ち來し得るものではなからうか。K. Scharf 及 O. Weinbaum は絶縁層の存在と全く無關係に起る處の之の結晶光効果は絶縁層光効果の第一義的の現象なりとし、絶縁層に第二義的の意味を與へて居る。而して絶縁層が結晶光効果に影響を及ぼすものなりや否や、或はどの程度に及ぼすものなりや、今後の研究を待たなければならぬ。

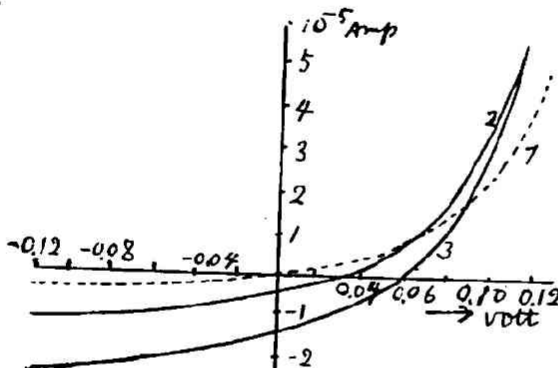
(54)

(板倉武雄) 乾 式 光 電 池

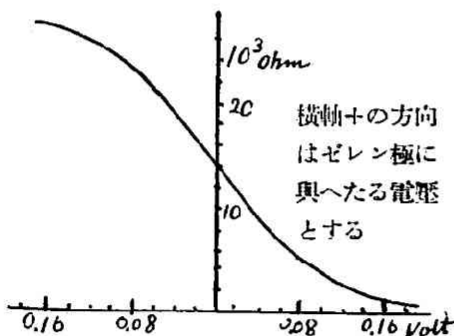
ゼレン絶縁層光電池の研究

L. Bergmann は次の如きゼレン絶縁層光電池を作り其測定結果を出して居る。前述の如く之の光電池は前壁光効果に属するものである。先づゼレンを薄く金属

第十五圖



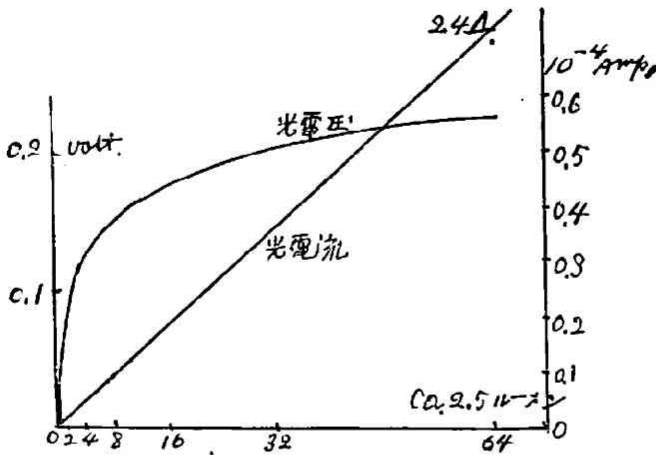
第十六圖



同板上にぬり其表面に陰極飛散法 (Kathodenzerstäubung) を施して金又は白金よりなる良く光を通す極を其上に作つた。そうすると單極傳導性絶縁層がゼレンと其上につけられた金属極間に生成された。かくして作つた光電池に 1 ルーメンの白色光を與へしに 3×10^{-4} amp. (外部抵抗 2 オーム) の光電流と、同じ光束に対して 0.2 ボルトの光電壓を得たと報告して居る。絶縁層光効果は内部光電効果の大なる半導體の存在と、半導體と其上に附けられたる對極

間に單極傳導性絶縁層が存在せねばならぬと強調して居る。第十五圖曲線 1 は整流作用を示すもの、曲線 2, 3. は 25 ワツトの電燈を失々 60 極, 130 極の距離に

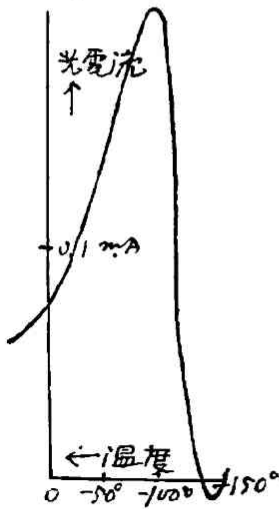
第 十 七 圖



置いた場合の昭明時に於る整流曲線である。第十六圖は外部電壓の方向と光電池の抵抗との關係第十七圖は光電流光電壓と光の強さとの關係を示すものである。

第 十 八 圖

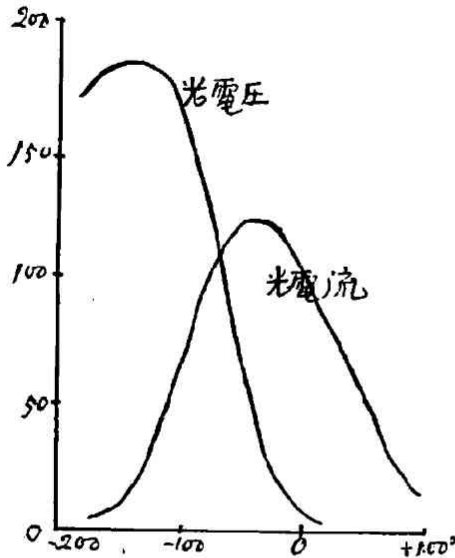
温度係数について



絶縁層光効果の温度係数に関する研究は、H. Teichmann に依りて最初報告された。其結果は第十八圖の如く大なる負の温度係数を有する。B. Lange の測定に依れば第十九圖の如くなる。即ち Teichmann の結果とよく似て居つて、常溫附近では光電流は溫度一度につき 1% 以上の變化を示す。光電壓に至りては更に甚だしい。故に之の光電池を用ひて嚴格なるホトメトリーに於る測定は不可能になる。

次にスペクトル分布曲線と溫度との關係は第二十

第 十 九 圖

Cu₂O 後壁光電池の温度感度曲線

光電壓：1目盛 2 m. V

光電流：1目盛 3×10^{-8} Amp

圖の如くであつて、極大感度は温度の上昇と共に長波長の方に、づれてゐる。

光電効果分類

- (i) Hallwachs 効果：光の作用を受けて光電物質表面から光電子が放出される現象で、之を外部光電効果とし、所謂 Hallwachs 効果である。
- (ii) 結晶内光電効果：結晶内で起る光電効果にして、前者に對して内部光電効果とす。而して與へられたる電位差によつて効果は非常に増大する。

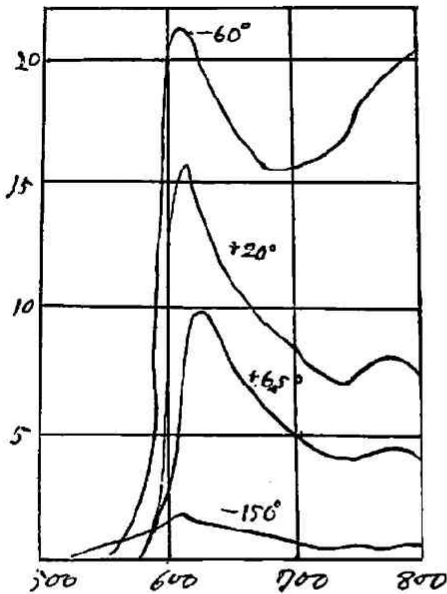
以上紹介したる絶縁層光電池にも、三つの相異りたる現象を見る。

- (i) 暗所の銅亞酸化銅組合せに於て、電気傳導の單極性即ち整流作用がある。
- (ii) 光の曝照に伴ひ亞酸化銅の抵抗變化即ち内部光電効果がある。
- (iii) 光の曝射に伴ひ光電壓が発生する。之は絶縁層光効果である。

工業的重要なる應用範圍について

寫眞電送、トーカー、テレビジョン等光の衝動をそれに相當する電流の變化に

第二十圖



各温度に於る、 Cu_2O 後壁電池の
同エネルギースペクトルに對す
る感度曲線 (横軸 $m\mu$)

變すべきものに奨用さる。亦之の新光電池をホトメトリーに使用し得る。感度が大であるから普通のガルバノメーターと併用すればよい。それから記録ボルトメーターと組合せば日光の明さの變化等が分る。亦爐の温度を其の色によりてはかる電氣寒暖計(Fernthermometer) それから色度計や寫眞術の露出測定器、或は非常に狭き割目から來る極小の光の強さでも光電流としてミラーガルバノメーターで測り得るからマイクロホトメーター等にもなる。

文 献

- 1) W. Schottky: Phys. Ztschr. 31 S. 913 (1920)
- 2) H. Dember: Phys. Ztschr. 33 S. 209 (1932)
- 3) L. Bergmann: Phys. Ztschr. 32. S. 17. S. 286 (1931)
- 4) H. Dember: Phys. Ztschrift. 32. S. 554. S. 556 (1931)
- 5) W. Vogt: Ann. d. Phys. 7 S. 188 (1930)
- 6) E. Duhme, W. Schottky, Natnrwiss. 18. S. 735 (1930)
- 7) B. Lange: Phys. Ztschr. 31. S. 964 (1930)

(23) (板倉武雄) 乾 式 光 電 池

-
- 8) O. v. Auwers, H. Kerschbaum, Ann. d. Phys. 7 S. 129 (1930)
 - 9) H. Kost, Z. für Phys. 54 S. 367 (1929)
 - 10) W. Schottky, W. Deutschmann: Phys. Ztsch. 30 S. 839 (1929)
 - 11) B. Lange: Phys. Zeitschrift. 31 S. 139 (1930)
 - 12) H. Damber: Phys. Ztschr. 32 S. 554. (1931)
 - 13) Wagner: Phys. Ztschr. 32 S. 642 (1931)
 - 14) J. Frenkel: Physical Review. 36 P. 1604 (1930)
 - 15) Naturwiss: S. 15. S. 297 (1932)
 - 16) W. Schottky: Phys. Ztschr. 32 S. 833 (1931)
 - 17) B. Lange: Naturwiss. 19 S. 525 (1931)
 - 18) B. Lange: Phys. Ztschr. 23 S. 850 (1931)
 - 19) L. Bergmann: Naturwiss. 19 S. 618 (1931)
 - 20) L. Scharf, O. Weinbaum. Phys. Ztschr. 33. (1932)
 - 21) H. Teichmann: Ann. d. phys. 13 (1932)
 - 22) L. Bergmann: Phys. Ztschr. 33 S. 17. S. 510 (1932)
 - 23) F. Waibel, W. Schottky: Phys. Ztschr. 33. S. 583. (1932)
 - 24) H. Teichmann: Z. für Phys. 65 S. 769 (1930) 67. S. 192 (1931)
 - 25) E. v. Körösy, P. Selenyi: Ann. d. Phys. 13 (1932)