

# 卒業研究報告

## 題 目

集光と遮光による太陽電池の出力変化

## 指導教員

八田 章光 教授

## 報告者

学籍番号：1050216

氏名：小田 靖

平成 17 年 3 月 7 日

高知工科大学 電子・光システム工学科

# 目次

第1章.序論	1
1-1.背景	1
1-2.目的	1
1-3.論文構成	1
第2章.太陽電池の基礎	2
2-1.基本構造	2
2-2.発電原理	3
2-3.出力特性	6
2-4.太陽電池の分類と現状	8
2-4-1.アモルファスシリコン太陽電池	8
2-4-2.化合物半導体太陽電池	10
2-4-3.シリコン系の間接遷移と化合物系の直接遷移	10
2-4-4.有機半導体太陽電池	11
2-4-5.HIT太陽電池(ハイブリッド型)	12
2-4-6.色素増感型(湿式)太陽電池	13
第3章.集光による出力変化	15
3-1.照度による変化	15
3-2.集光装置による増幅	18
3-2-1.出力データ	18
3-2-2.出力差の原因	21
3-3.温度による変化	21
3-3-1.出力データ	21
3-3-2.出力差の原因	22
第4章.遮光による出力変化	24
4-1-1.出力データ	24
4-1-2.出力差の原因	25
第5章.結論	27
参考文献	27
謝辞	27
付録-1.照度の推移(日の出～日の入り)	28

# 第1章 序論

まず、第1章では今回の報告書の概要を述べる。

## 1-1.背景

太陽電池を研究テーマに選んだ理由は、将来私自身が太陽光自家発電を取り入れた生活をしたいと思っているからであり、太陽電池についての知識を取り入れておこうと考えた為である。また地球上の有限な化石燃料や天然ガスが減り、環境問題と合わせてエネルギー問題が叫ばれる中で、新しく無公害なエネルギーが現在求められていることを最近になって意識し始めたからである。原子力発電は現在の電力源として欠かせない存在だが、制御が難しくいずれ脱却する必要があると私は考えてもいる。

太陽電池が現状で抱えている問題点とは、主に光変換効率の低さと、製造コストの高さからくる販売額(コスト)の高さの2点である。光変換効率とは、太陽電池の働きにおける光電力という発電の流れをどれだけ行うかということを示している。例として、変換効率10%を示す太陽電池であれば1平方メートル辺り750ワット(w)の太陽光で、1平方メートル分の太陽電池につき70ワットの電力を発電できるということである<1>。太陽電池の販売コストは、太陽電池の材料調達費が高いことや製造時に高いエネルギー(電力)を必要とする為に大きくつくのである。

## 1-2.目的

本研究における私の目的とは、太陽電池の発電エネルギーとなる光を照度の視点から考え、いくつかの出力データを測定していくことである。大きく分けて、集光と遮光の2面から出力の測定を行っていく。

また、あらかじめ太陽電池の基礎知識となる構造、発電原理、出力特性を述べていき、現在までに開発されてきた太陽電池について調査と分類を行い、一つの参考となるようにまとめてみることも行う。

## 1-3.論文構成

まず第2章では、太陽電池の構造、発電出力の特性等を説明していく。基礎事項として分類しきれない各種太陽電池や関連した事柄は、細分化して説明していく。

第3章では、集光による太陽電池の高出力を目指した実験についてを述べていく。高い照度の光をひたすら当てることのみで、太陽電池が高出力を発電出来るのかを知る為に行った。

第4章では、集光の逆として遮光による出力の変化を調べる実験について述べていく。遮光によって光の照度が低下すると、太陽電池に差し込む光も弱くなり出力低下につながることを実際に測定して確かめるのである。

そして第5章では、第2章から第4章における活動と経験を通して私が得た考察を述べて、本研究のまとめとする。以上が卒業研究報告書の全体的な構成である。

## 第2章 太陽電池の基礎

まず第2章では、太陽電池の基礎的な事柄を知る為に、開発初期からの基本構造や出力状態についてを説明していく。また、最近までに開発された様々な太陽電池についてもいくつかに分けて説明していく。

### 2-1.基本構造

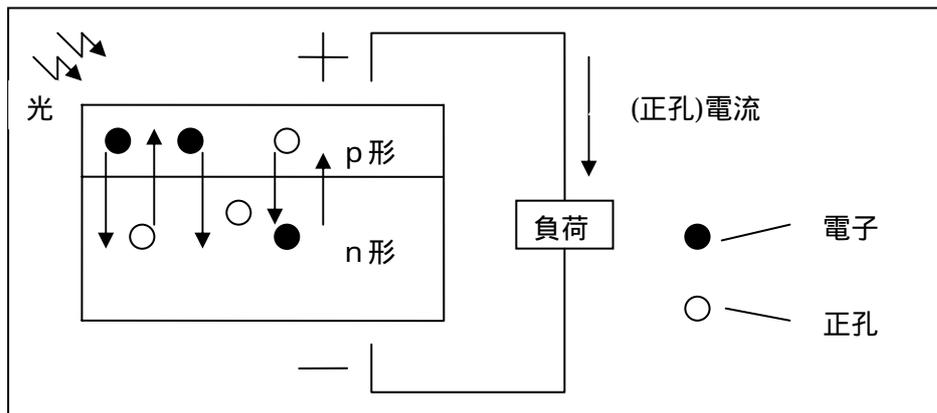


図 2-1-1.単結晶シリコン太陽電池の p n 接合 < 2 >

初期に開発された単結晶シリコン太陽電池の基本構造は、p形半導体とn形半導体をくっつけたpn接合の形である。図2-1-1に、初期に開発された単結晶シリコン太陽電池のpn接合を示している。p形半導体とは、最外殻電子が4つである4族の半導体シリコンに3族のボロン原子などを少量混入している。3つの電子と4つの電子が共有結合することになるがシリコンの1電子に空きができ、電子の空いた部分が正の電荷である正孔となる。よって、p形では電子が不足する分正孔が多く、正電荷に帯電している。n形半導体はその逆に、5族のリンなどをシリコンに少量混入することで最外殻の共有結合する電子が余った状態になっている。そして負の電荷である電子が半導体内で多数を占め、正孔が少数となっているので、負電荷に帯電しているのである。

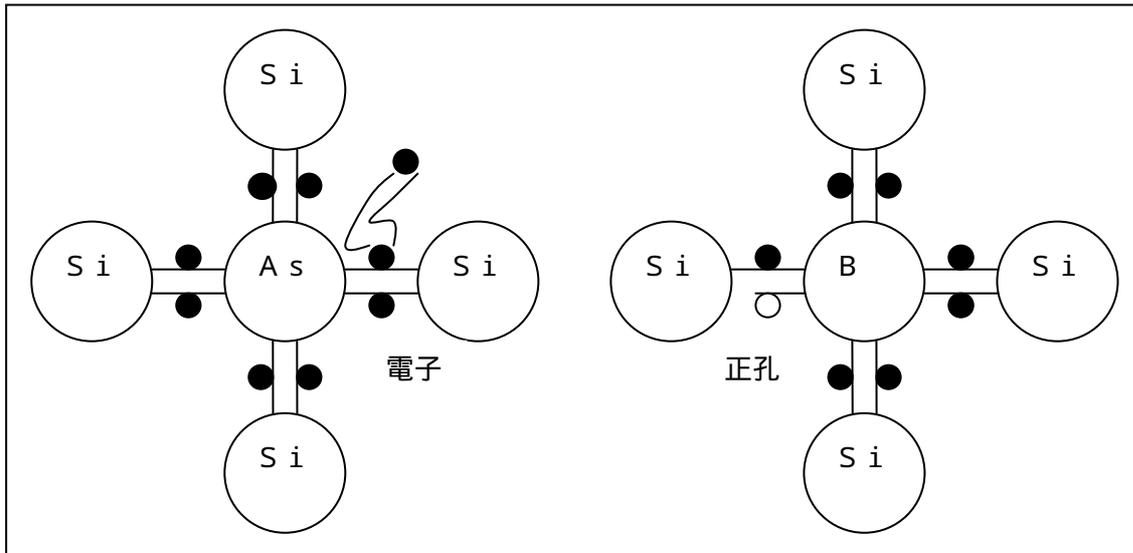


図 2-1-2. p 形半導体と n 形半導体の共有結合の状態 < 3 >

正孔は正電荷を保有し、電子は負電荷を有するので互いにキャリア(運び手)とも呼ばれる。p 形半導体では電子に比べて正孔が多数を占めるので、正孔が多数キャリア、電子が少数キャリアとなる。n 形半導体では逆に、電子が多数、正孔が少数である。正孔の移動が(正孔)電流となり、負電荷の電子は電流の逆方向に流れることになる。図 2-1-2 は p 形半導体と n 形半導体の電子と正孔の様子を示している。

## 2-2. 発電原理

太陽電池は光エネルギーによって自らが電流を流し、発電を行っている。電流を流している発電の原理を以下に詳しく述べていく。

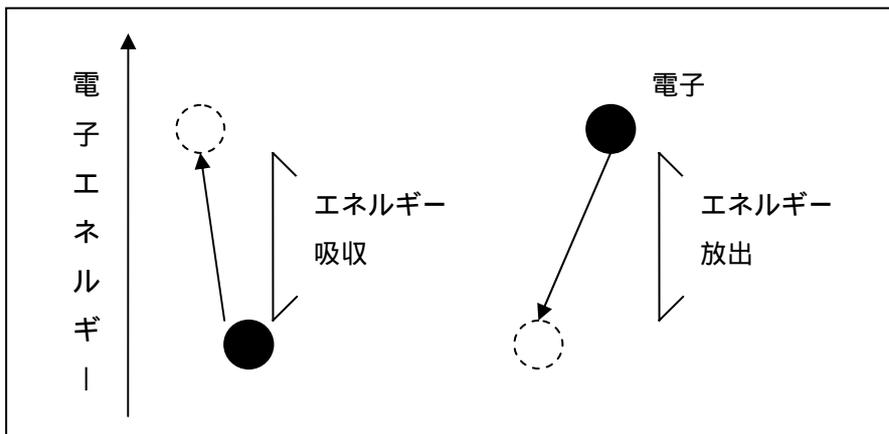


図 2-2-1. エネルギーの放出と吸収による電子の移動

まず物質中の電子は、分子の振動による熱エネルギーや様々な波長の光エネルギー等を吸収することで高いエネルギーの状態へと移動する。より低いエネルギーの状態へと移動するときは、エネルギー差分のエネルギーを光や熱の形で放出することで移動している。図 2-2-1 は負電荷を持つ電子の移動について示している。

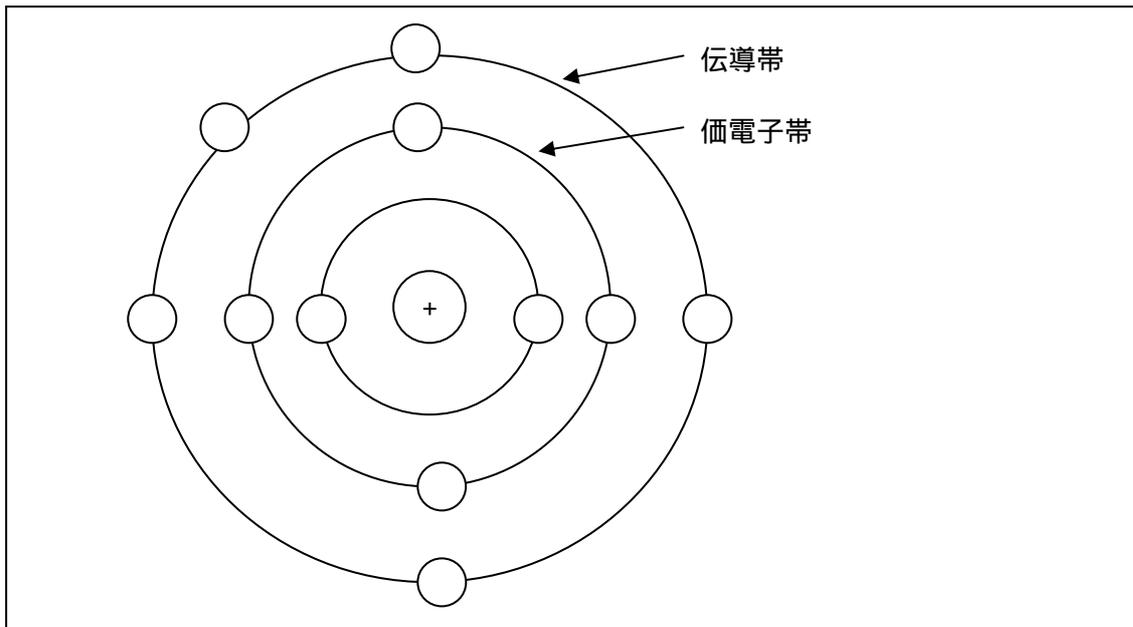


図 2-2-2.原子構造における伝導帯と価電子帯の位置

太陽電池の p n 接合について原子のエネルギー帯(バンド)構造から説明する。まず図 2-2-2 で示された価電子帯とは、原子の最外殻の一つ内側の電子帯である。伝導帯は最外殻電子帯であり、原子ごとに応じた数の価電子が存在している。

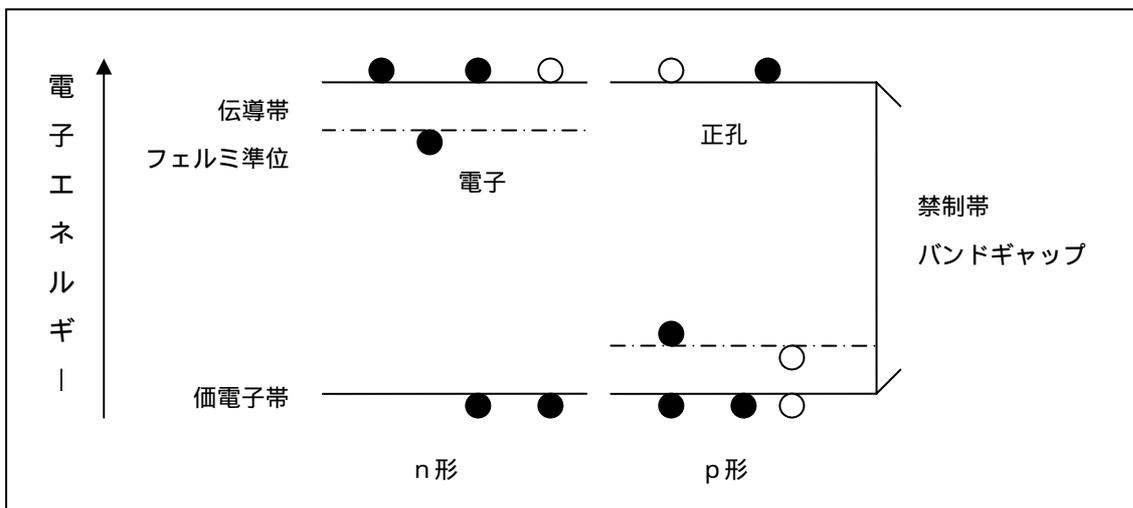


図 2-2-3. p n 接合前の p 形半導体と n 形半導体のバンド構造

伝導帯と価電子帯の間の空間は禁制帯と呼ばれ、禁制帯が占めるエネルギー差はバンドギャップと呼ばれる。物質ごとにバンドギャップは異なっている。またフェルミ準位とは、温度ごとに価電子帯上の電子がせり上がってくる目安を示している。図 2-2-3 は p n 接合前の p 形と n 形のバンド構造を示している。伝導帯の近くにフェルミ準位が位置する n 形と、価電子帯近くにフェルミ準位が位置する p 形の違いが、両者における電子の数の違いを示してもいる。

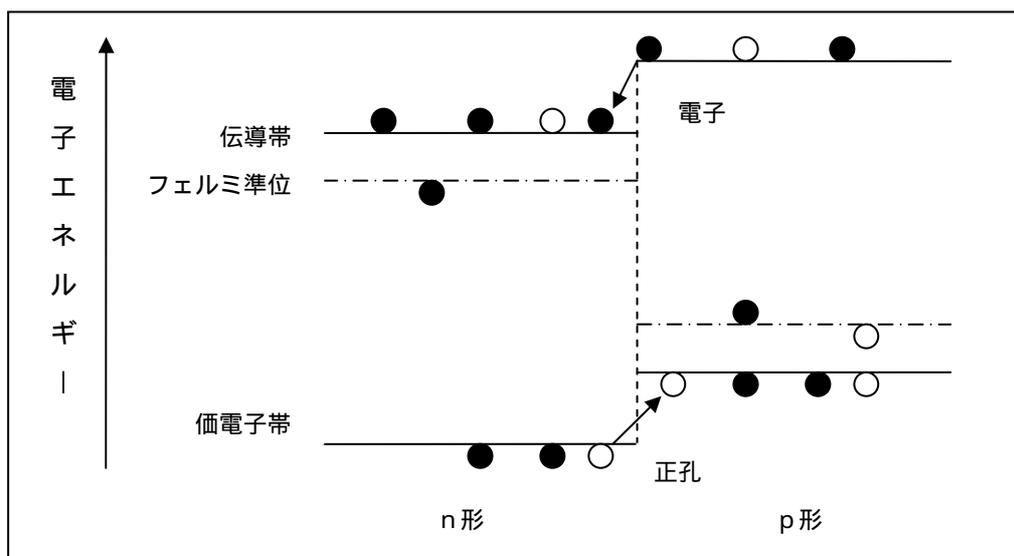


図 2-2-4. p n 接合直後の p 形半導体と n 形半導体のバンド構造

p n 接合直後のバンド構造を図 2-2-4 に示す。p n 接合が起こると、p 形の伝導帯上の電子は、エネルギー順位の低い n 形の伝導帯へと流れ込む。負電荷の電子が低いエネルギー位置に移動するということは、逆の流れとして p 形に n 形の正孔が流れ込むのである。

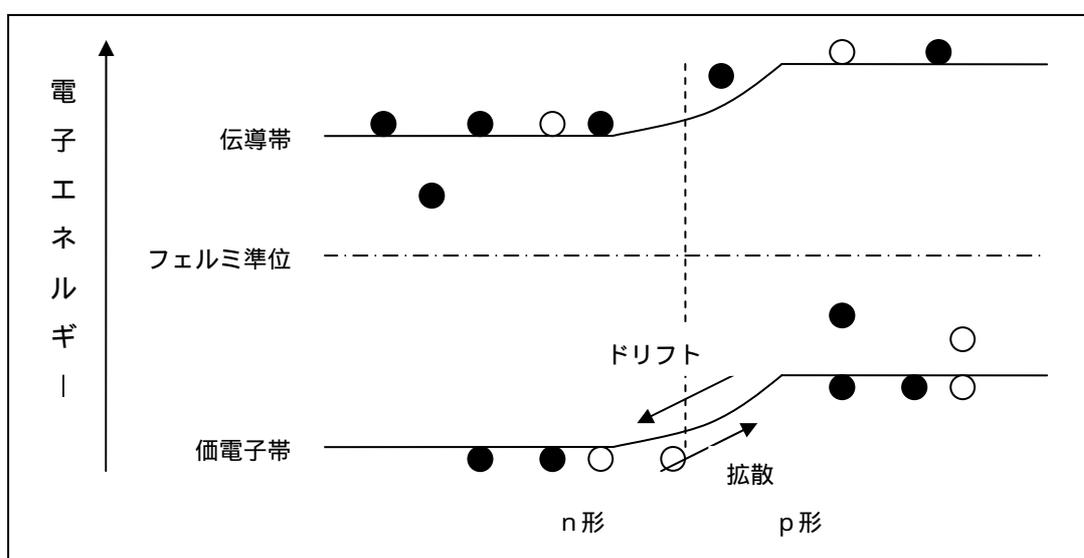


図 2-2-5. p n 接合後の p 形半導体と n 形半導体のバンド構造(熱平衡状態)

一定温度の状態かつ光エネルギーがない状態の p n 接合間で、電子と正孔がある程度移動すると、接合付近に電子エネルギー差の障壁としてドリフト電流が生じ、一定温度によって生じ流れていた正孔の流れである拡散電流と拮抗する状態となる。温度に応じて電子・正孔の数が安定している状態を熱平衡といい、先に述べた拡散とドリフトの拮抗につながっている。図 2-2-5 は、太陽光発電が行われていない熱平衡状態の p n 接合を示している。

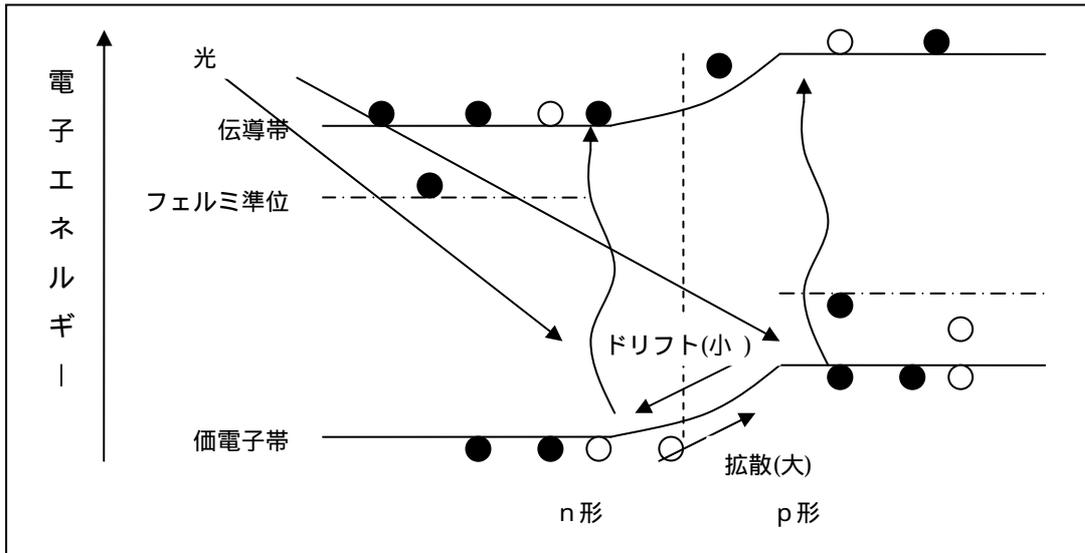


図 2-2-6.光エネルギーによる発電中の p n 接合のバンド構造 < 4 >

図 2-2-6 は p n 接合の発電状態を示している。p n 接合の外部から光エネルギーがもたらされることで、電子・正孔のキャリアが多数生じる。正孔が増大することで正孔の拡散電流がドリフト電流を上回り、n 形から p 形へと正孔が移動し、負荷を接続することで光電流として負荷に流れ込むのである。つまり、光エネルギーの吸収によって、p n 接合内の熱平衡の安定が崩れるのである。

### 2-3.出力特性

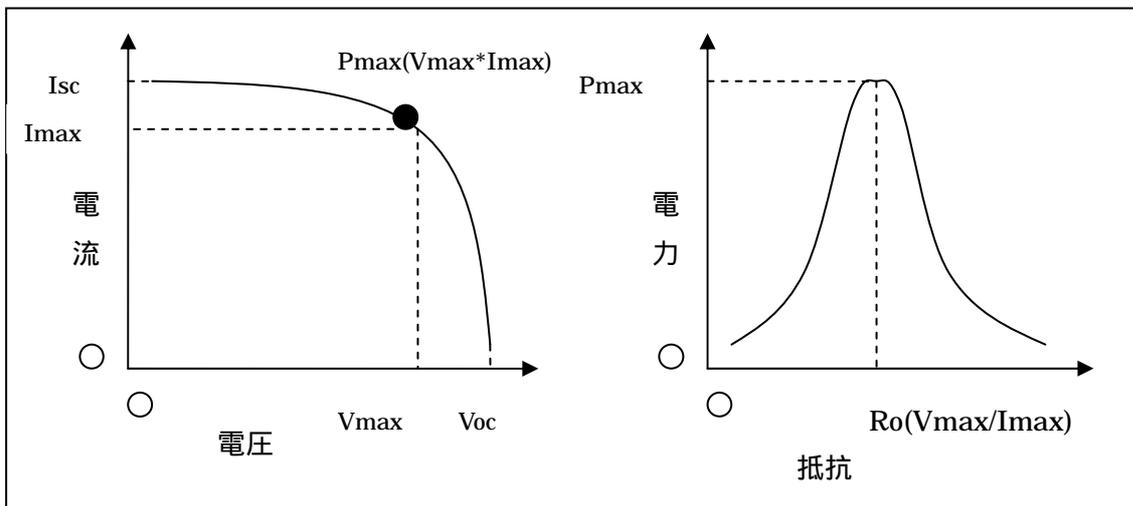


図 2-3-1.太陽電池の電流・電圧特性と抵抗・電力特性の状態

太陽電池に可変抵抗の負荷を接続し、抵抗値を変化させていき、電流・電圧値の積が最大になるときの電力値(電流×電圧)が最大電力となる。最大電力の際の負荷抵抗値が最適抵抗となる。図 2-3-1 に、最大電力を  $P_{max}$ 、最適抵抗を  $R_o$  として示す。 $V_{oc}$  は開放電圧、 $I_{sc}$  は短絡電流と呼ぶ。

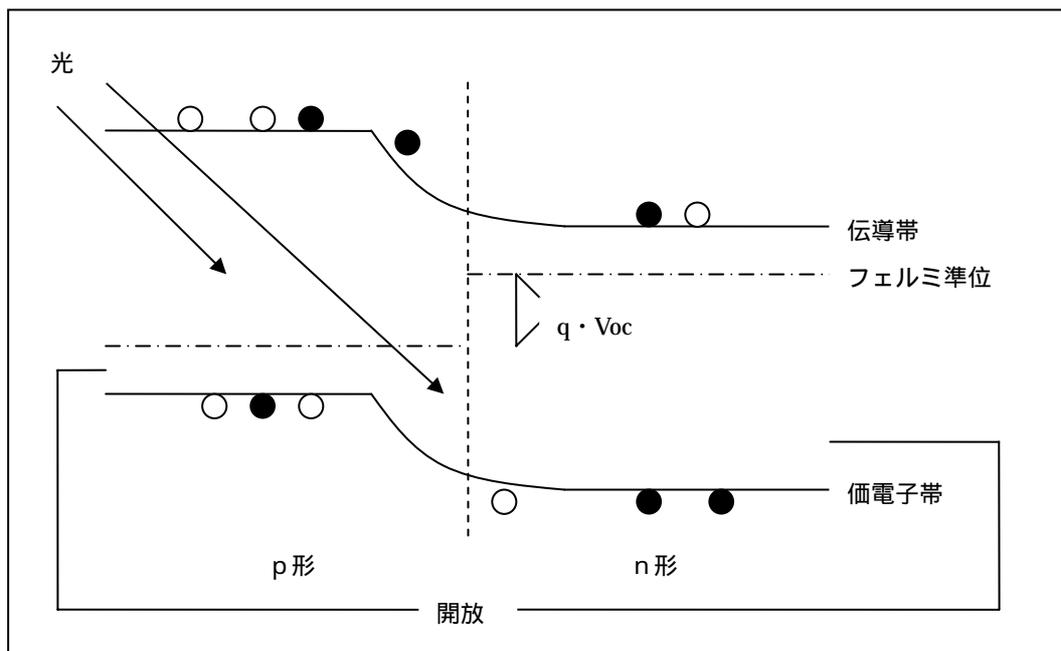


図 2-3-2.バンド構造における太陽電池の開放電圧  $V_{oc} < 5 >$

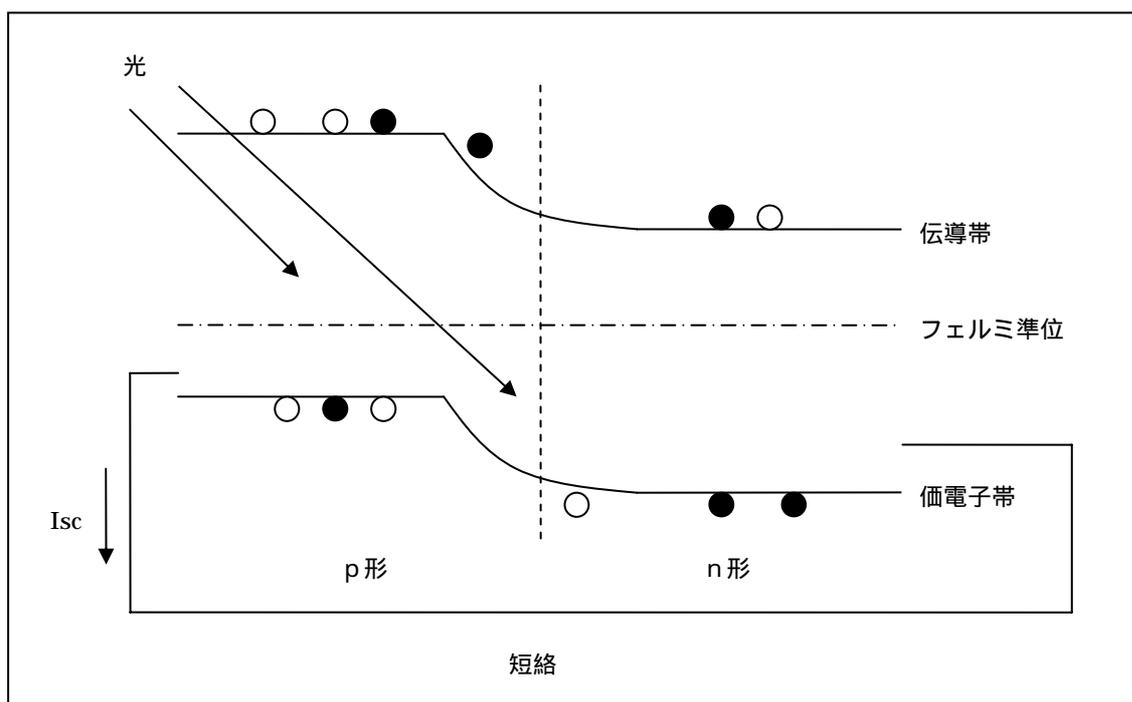


図 2-3-3.バンド構造における太陽電池の短絡電流  $I_{sc}$

図 2-3-2 に示した、太陽電池に何も接続していない開放状態の電圧が開放電圧である。図 2-3-3 に示した、太陽電池を導線のみでつなぎ、負荷を一つもつけない短絡状態で電位差を生じない時に流れる電流が短絡電流である < 6 >。

尚、太陽電池の最小単位はセルと呼ばれるが、1セル分の電圧と電流は低いのでセル同士を直列に接続することで高い電圧を、大面積化することで高い電流を得て、高

電力を発電している。太陽電池セルの集合体は規模によってモジュール、アレイ、パネルなどと呼ばれている。

## 2-4.太陽電池の分類と現状

現在までに開発された太陽電池の種類は幾分多岐に分かれており、先に述べた基礎的な事柄に当てはまらない太陽電池も存在する。私が調査した中で、主要と言える形で分類と説明を以下に述べていく。

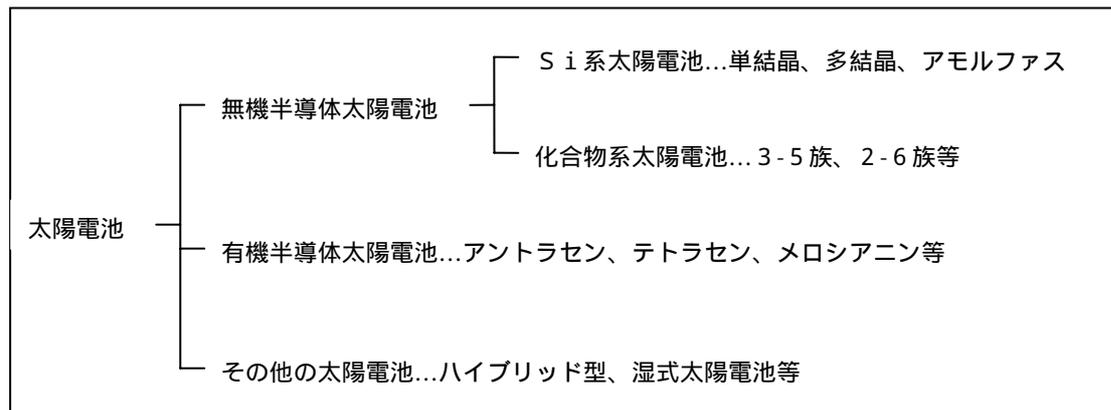


表 2-4-1.主要な太陽電池の分類

表 2-4-1 に、私自身が把握し得た限りでの太陽電池の分類図を示す。

### 2-4-1.アモルファスシリコン太陽電池

アモルファス(非晶質)シリコンという名称は、気体であるシリコンガスを原料として基板上に生成している為に呼ばれている。

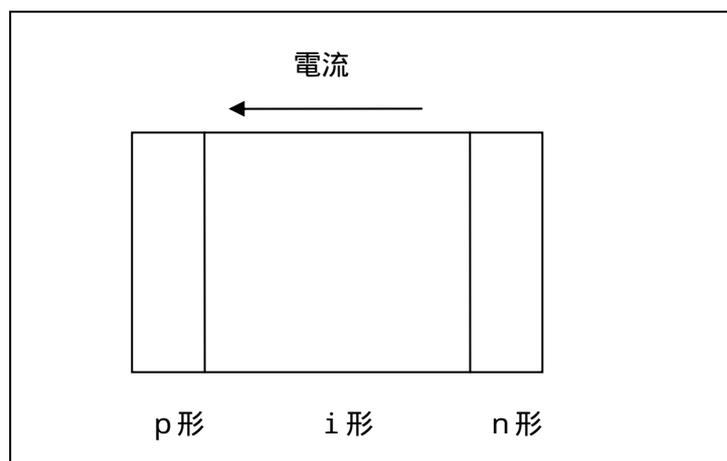


図 2-4-1.アモルファスシリコン太陽電池の p i n 接合構造 < 7 >

図 2-4-1 にアモルファスシリコン太陽電池の基本構造である p i n 接合を示す。アモルファス太陽電池の i 形層とは、不純物を添加していない通常の(真性)半導体シリコンである。

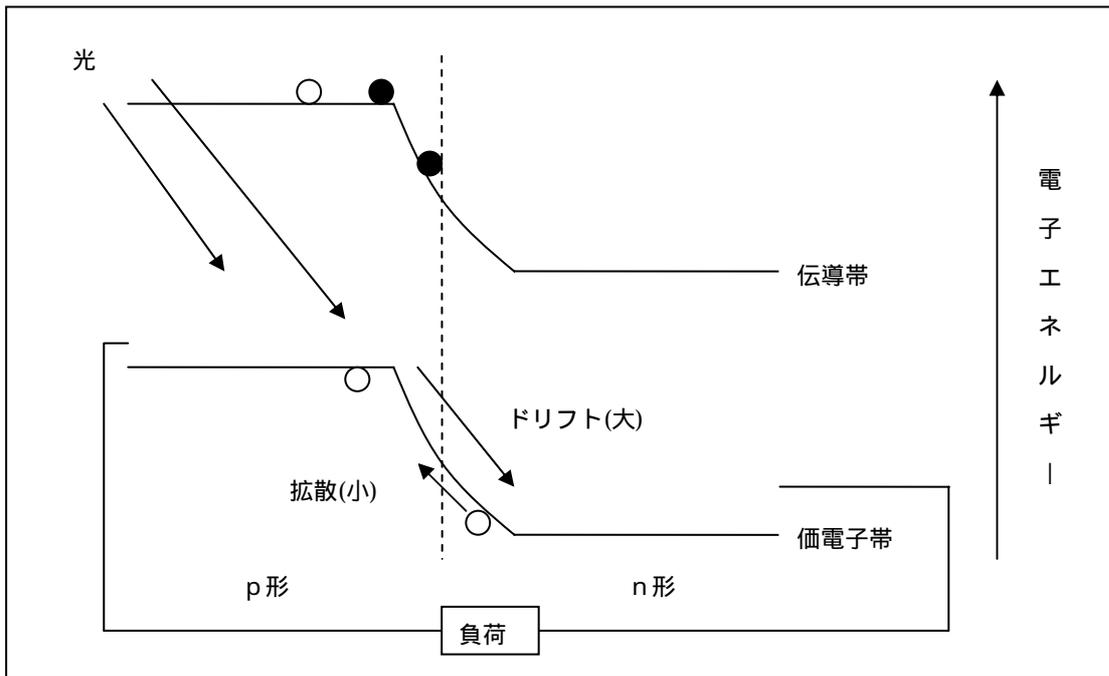


図 2-4-2. p n 接合の場合のアモルファスシリコン太陽電池

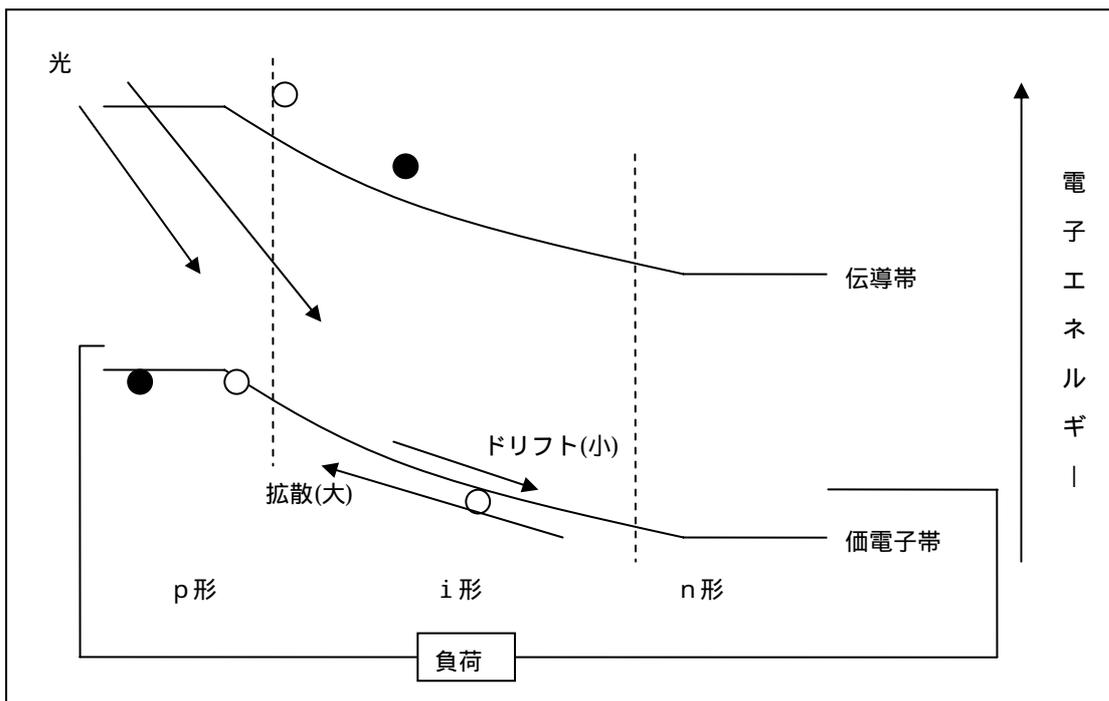


図 2-4-3. p i n 接合の場合のアモルファスシリコン太陽電池 < 8 >

図 2-4-2 に示すようにアモルファスシリコンでは、p n 接合の場合にドリフト電流が大きく、正孔の流れである拡散電流に対する大きな障壁となり、拡散電流が流れにくくなっている。しかし、図 2-4-3 に示すように i 形層を p 形層と n 形層の間に挟み込むことでドリフト電流を軽減し、同時に i 形層内での光エネルギー吸収を行って、正孔の拡散電流を助長する役目を果たしているのである。

## 2-4-2.化合物半導体太陽電池

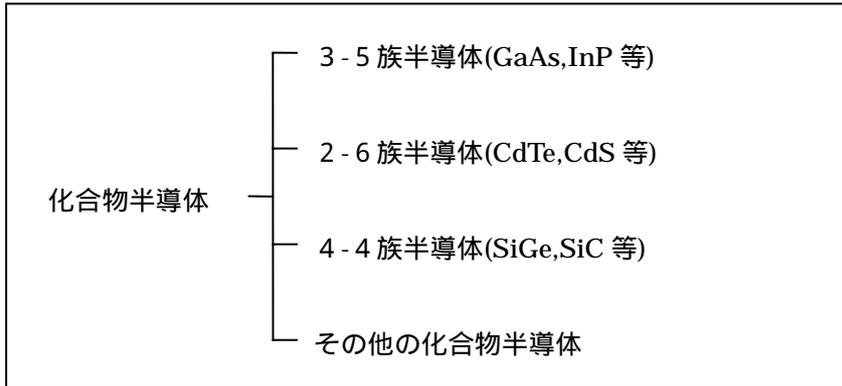


表 2-4-2.化合物半導体の分類図 < 9 >

化合物半導体太陽電池も、単結晶シリコン太陽電池と同じく p n 接合が基本構造である。表 2-4-2 に使用される化合物半導体の主な種類を示しているが、中には3種類以上からなる化合物半導体の材料も存在する。化合物太陽電池はシリコン系太陽電池に比べて変換効率が高いが、製造コストが更に高くなる為シリコン系太陽電池に比べてかなり高価である。

## 2-4-3.シリコン系の間接遷移と化合物系の直接遷移

シリコン太陽電池と化合物半導体太陽電池の発電原理の違いについてを述べていく。

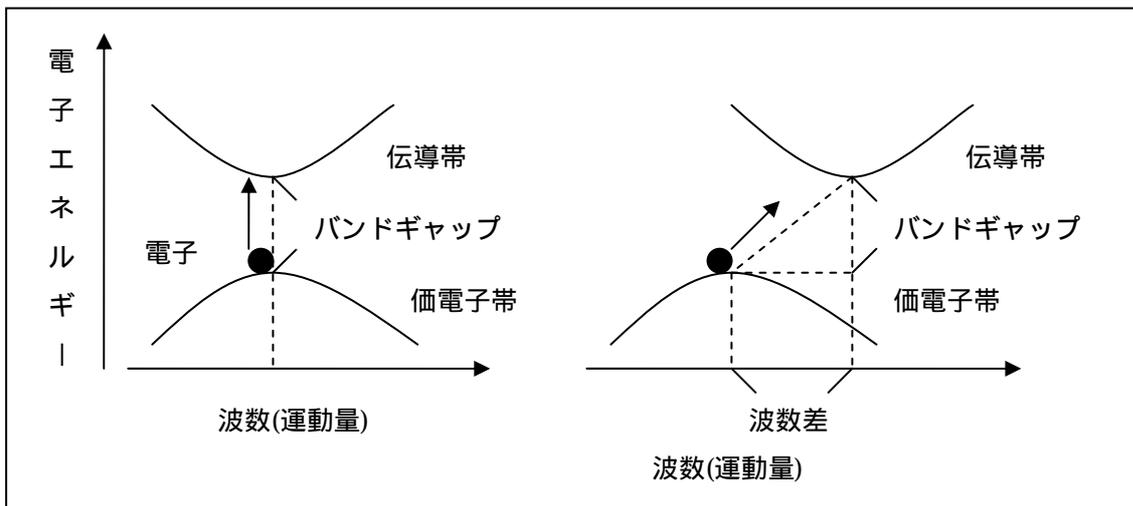


図 2-4-4.シリコン系と化合物系のバンド構造の違い < 10 >

図 2-4-4 にシリコン系と化合物系のバンド構造を示す。シリコン系の間接遷移型では、電子が価電子帯頂上から伝導帯底に移動する為に吸収するエネルギーに、光エネルギーだけでなく熱エネルギーも加わっている。熱上昇時の分子間振動が、価電子帯と伝導帯間の運動量差を埋める役割を果たすのである。

化合物系の直接遷移型では、価電子帯頂上と伝導帯底の間にほとんど運動量差が存在しない為、光エネルギーのみでのスムーズな電子の移動が行われている。

#### 2-4-4.有機半導体太陽電池

有機半導体太陽電池の基本構造は、半導体と金属との接合であるショットキー接合である。

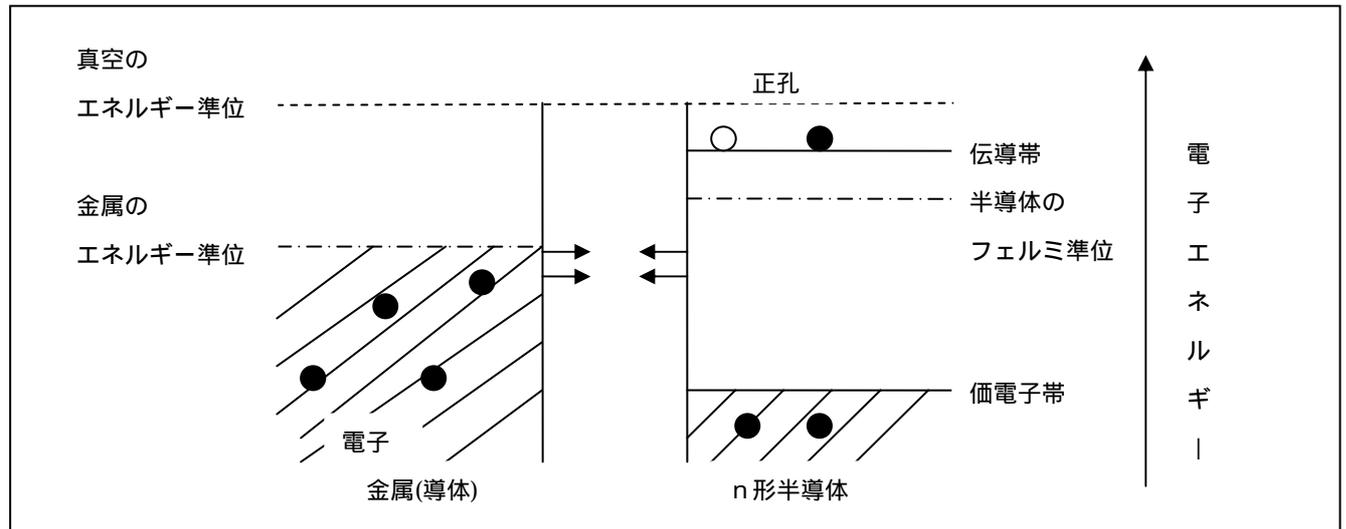


図 2-4-5.ショットキー接合前の金属とn形半導体のバンド構造

図 2-4-5 にショットキー接合前の金属とn形半導体を示す。導体である金属は、フェルミ準位以下に電子が満ちている状態である。半導体や絶縁体であれば、フェルミ準位近くには電子がまばらにしか存在していない。また、導体には電界が存在しない。電子の豊富さが、金属の導電性の高さを示している。

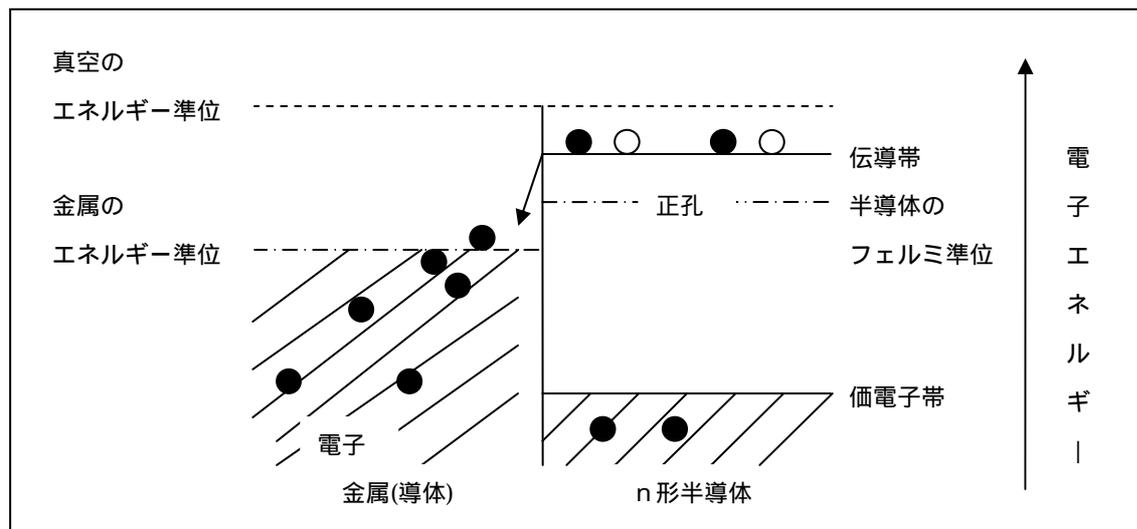


図 2-4-6.ショットキー接合直後の金属とn形半導体のバンド構造

図 2-4-6 にショットキー接合直後の金属とn形半導体を示す。半導体内の伝導帯の電子は、エネルギー順位の低い金属のフェルミ準位に向けて移動していく。半導体の

電子が金属へ流れ込むことで、半導体のフェルミ準位は金属のフェルミ準位と同エネルギー位置へと近づいていく。

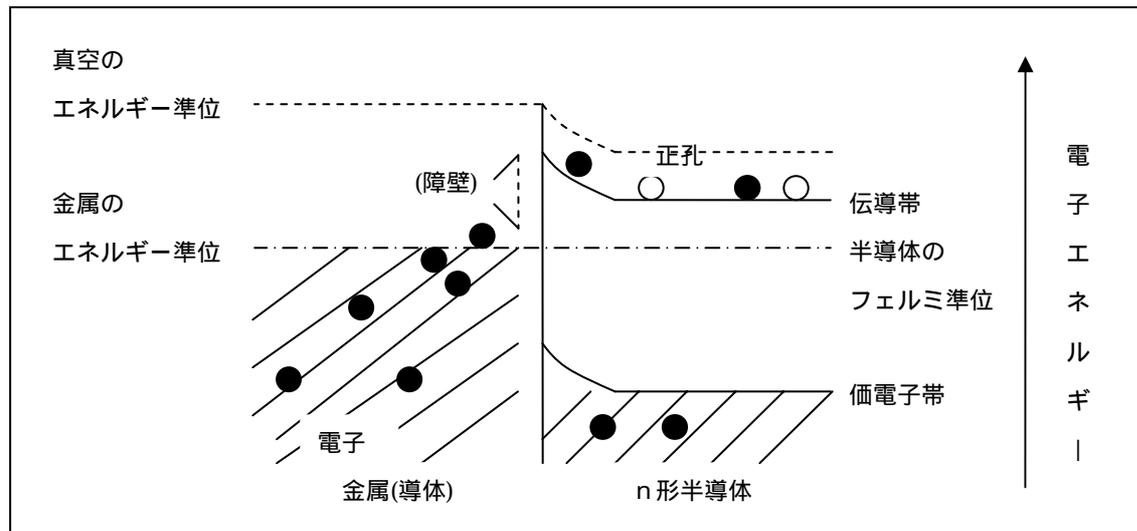


図 2-4-7.ショットキー接合後安定した金属とn形半導体のバンド構造

図 2-4-7 にショットキー接合後、安定した金属とn形半導体を示す。半導体から金属の側へ電子が流れ込み、双方のフェルミ準位が一致する状態となり接合部分に電子エネルギーの障壁が生じる。障壁は電子の移動を阻害することになる。

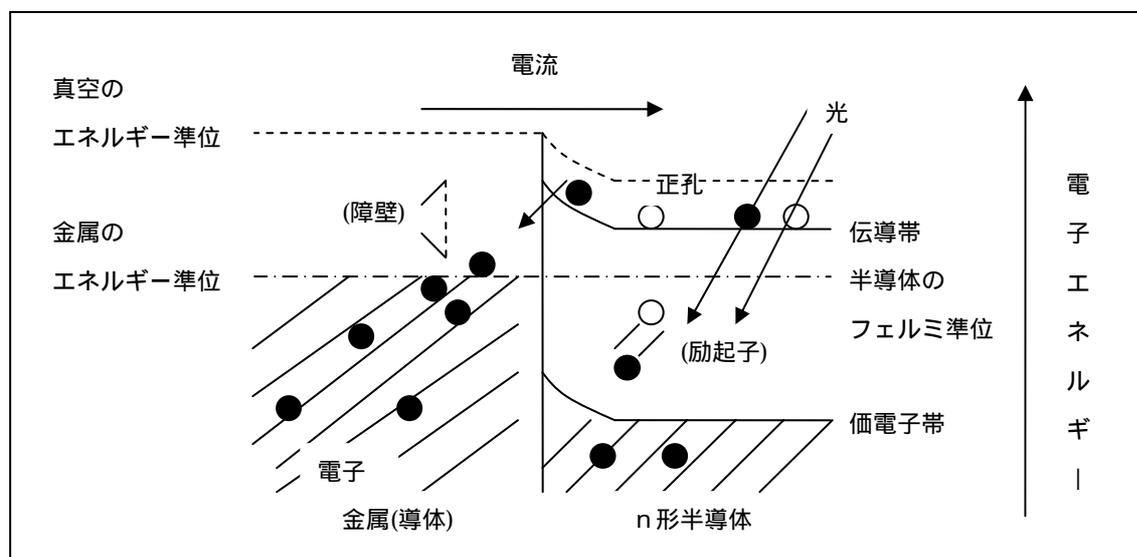


図 2-4-8.光エネルギーによるショットキー接合発電のバンド構造 < 1 1 > < 1 2 >

図 2-4-8 にショットキー接合の光エネルギー発電を示す。有機半導体に光エネルギーが吸収されると、励起子が生成され、接合面のエネルギー障壁を超えた励起子から電子と正孔が分離し、電流が流れる。励起子とは、電子と正孔がお互いの電荷の力でくっついている状態である < 1 3 > < 1 4 >。

## 2-4-5.H I T太陽電池(ハイブリッド型)

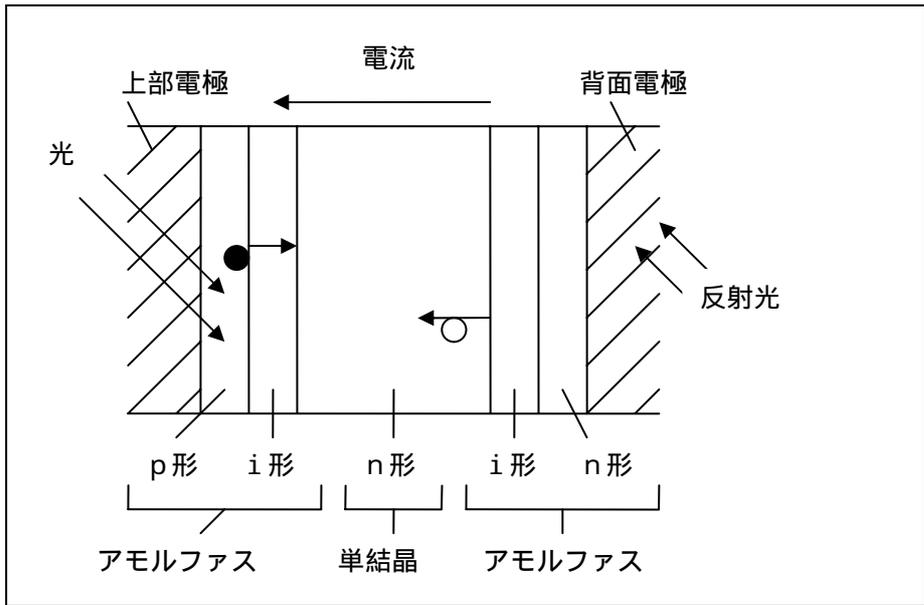


図 2-4-9. H I T 太陽電池の構造 < 1 5 >

図 2-4-9 に H I T 太陽電池の構造を示す。H I T 太陽電池は 1997 年から三洋電機株式会社が販売している商品である。単結晶シリコンとアモルファスシリコンの多層構造によって、一方の半導体層では吸収できなかった波長光からの光エネルギーを、もう一方の半導体層で吸収し利用することが可能である。また、裏面からの反射光による光エネルギーも発電に利用できるタイプが存在する。

2-4-6. 色素増感型(湿式)太陽電池

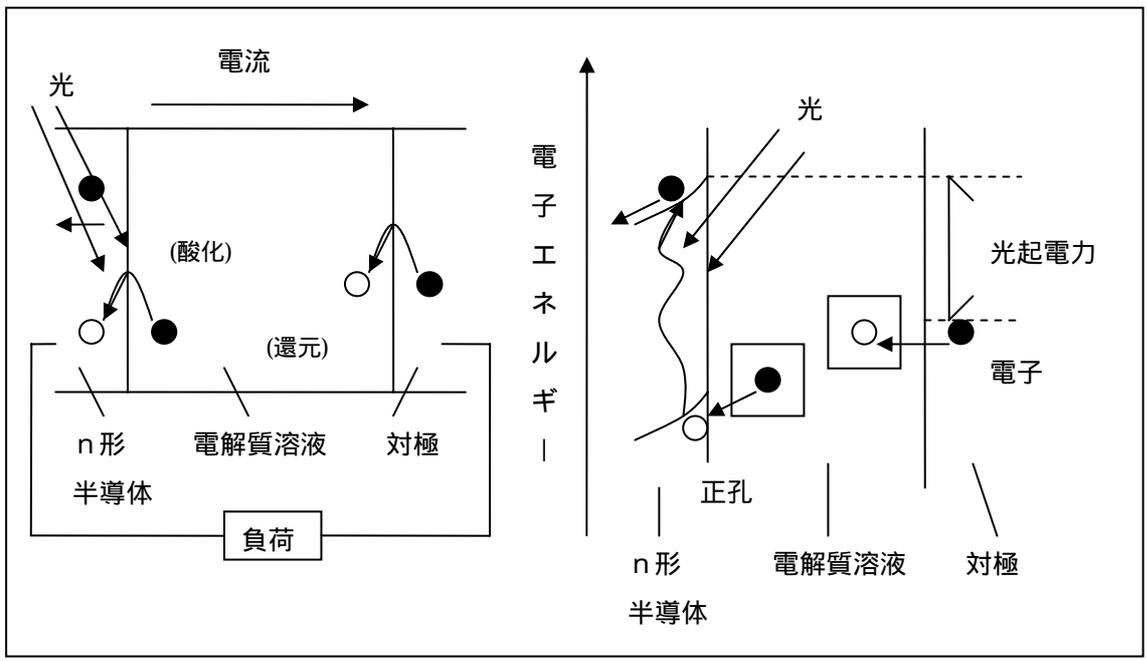


図 2-4-10. 湿式太陽電池の基本構造とバンド構造

図 2-4-10 に湿式太陽電池の基本構造を示す。湿式太陽電池の特徴は、電子・正孔の移動に電解質溶液を使用している点である。電解質溶液内での酸化還元反応によって電子・正孔が受け渡されているのである。

酸化とは、酸素・塩素・窒素などの陰性( )元素と化合し、価電子を奪われ、陽性(+)元素へと近づくことである。電子を奪われるとは、正孔を取り込むことと同じである。

還元とは、陽性(+)元素が外部からの電子を取り込んで、陰性( )元素へと近づくことであり、正孔を失うことでもある < 1 6 >。

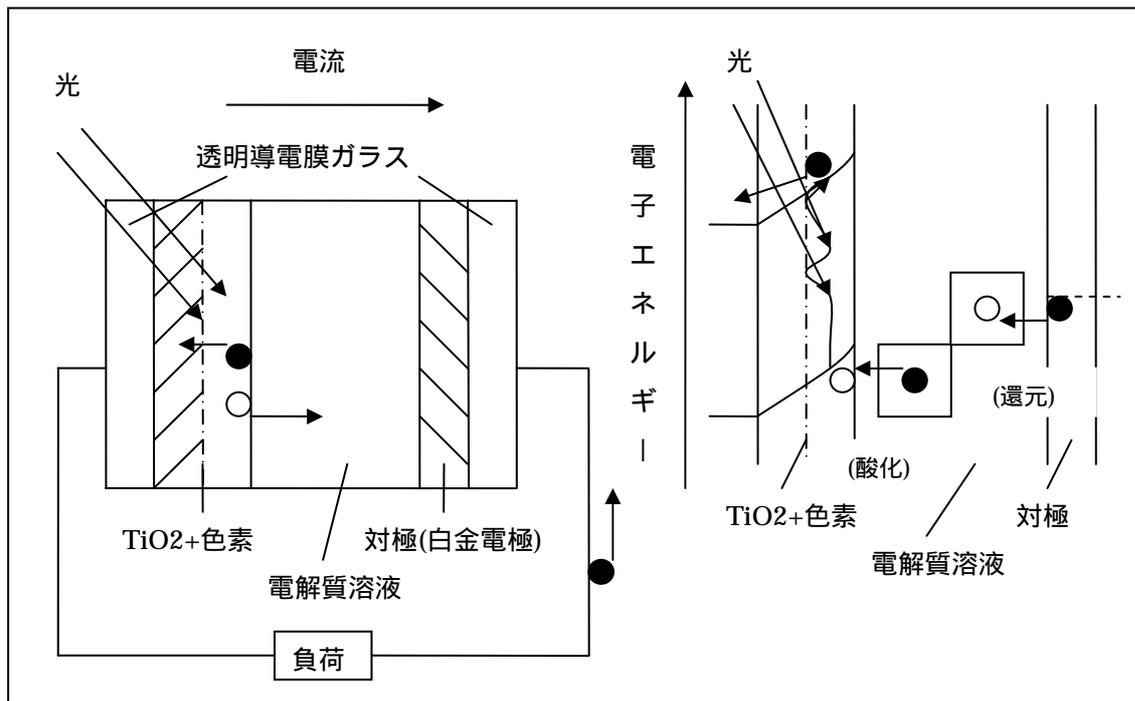


図 2-4-11.色素増感型湿式太陽電池の接合構造とバンド構造 < 1 7 >

図 2-4-11 に色素増感型の湿式太陽電池構造を示す。色素増感型では、色素の色に合った波長の光エネルギーが色素から吸収され、色素内の電子が光エネルギーを得て、負荷を通じて対極へと移動する。色素に生じた正孔を埋める為に溶液から電子を奪い、正孔が溶液へと移動し、溶液を酸化させることになる。電子を失うということは正孔を得ることであり、つまり溶液は酸化されることになる。酸化された溶液は、対極へと流れてきた電子を受け取り、正孔を対極へと流す。そして正孔の電流は負荷を通じて色素の電極側へと流れるのである。

### 第3章 集光による出力変化

第3章と第4章では、私が行ってきた実験内容について述べていく。まず第3章では、太陽電池に高い照度の光を当てることで起こる発電出力の上昇を測定した実験について述べる。測定データから、私が使用した太陽電池の変換効率は、快晴時の太陽光で5%程度であった。

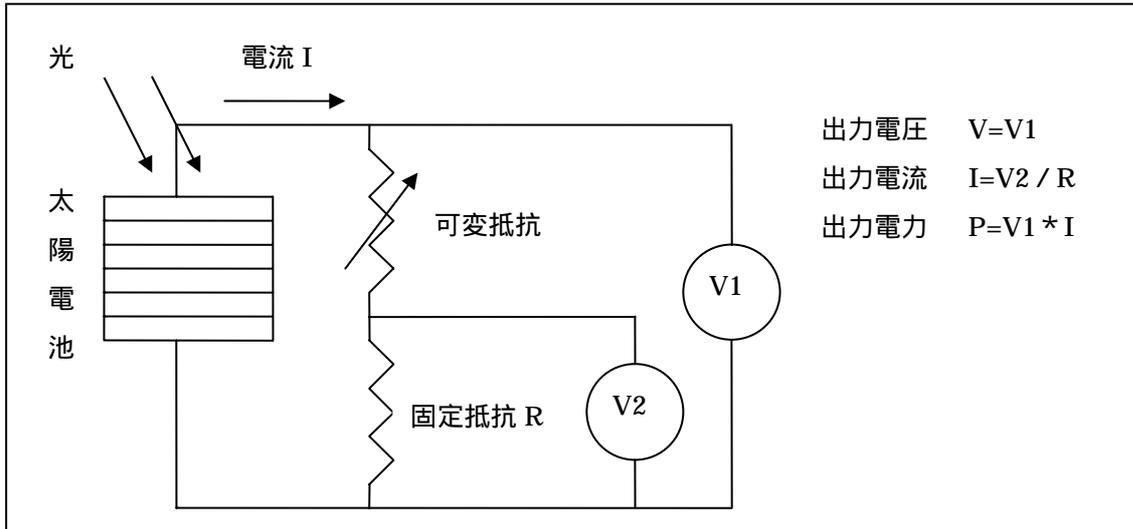


図 3-1-1.全実験における出力測定用の回路構成図

出力測定は図 3-1-1 の回路図を基本に行った。太陽電池自体にいくつかの負荷条件を付け加えた際の出力を測定したのである。

#### 3-1.照度による変化



図 3-1-2.照度測定に使用したデジタル照度計 IM-5(トプコンテクノハウス株式会社製：測定上限は199900luxまで)

入射光の照度を変化させていくことで出力にどれほどの違いが出てくるかを測定する。図 3-1-2 に示した照度計によって照度を測りつつ、太陽電池の出力を測定していくのである。

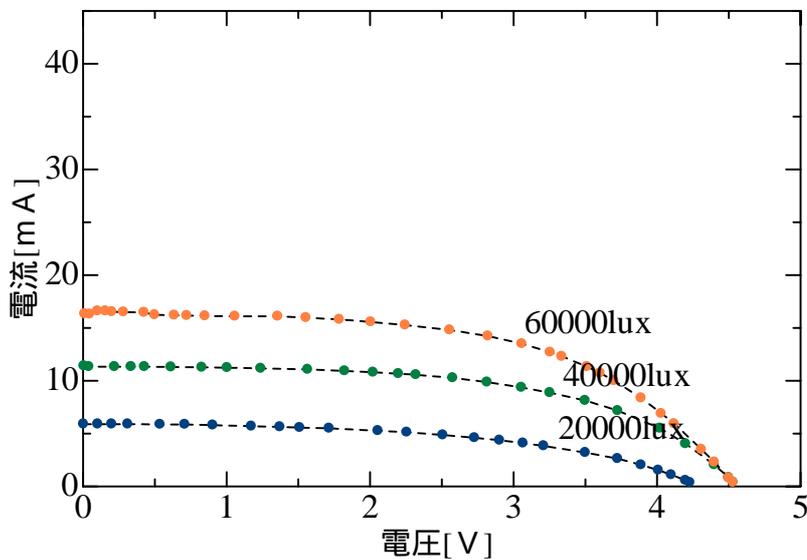


図 3-1-3.室内照明灯(3 波長形昼白色 27 ワット)が光源の場合の各照度における電流・電圧特性

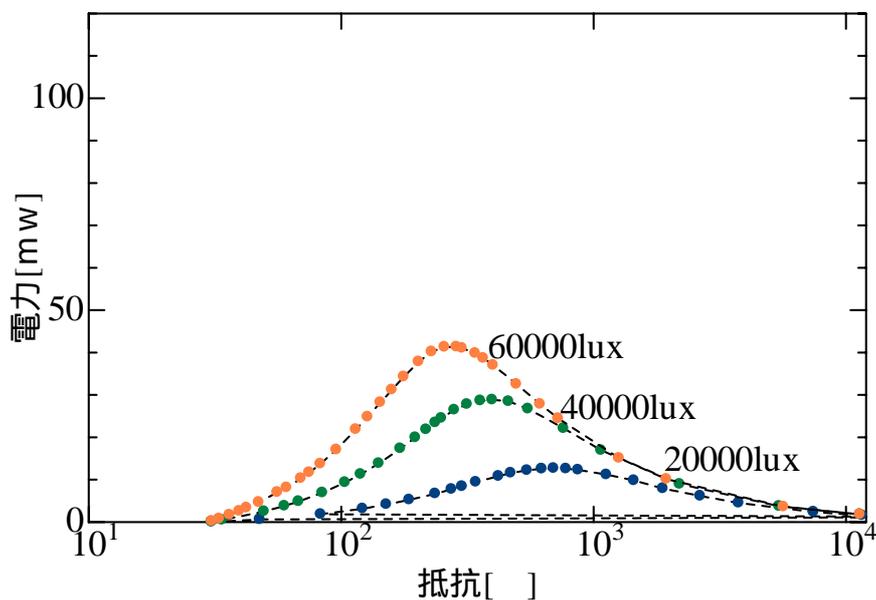


図 3-1-4. 室内照明灯(3 波長形昼白色 27 ワット)が光源の場合の各照度における抵抗・電力特性

図 3-1-3 と図 3-1-4 に、27 ワットの室内照明灯を太陽電池の光源とした場合の出力特性を示す。図 3-1-3 は横軸電圧、縦軸電流として抵抗値を変化させた時の出力を示している。図 3-1-4 は横軸抵抗、縦軸電力として電力値の変化を見る為に作った。照度の上昇と共に、最大電力値も大きくなっていることが確認できる。室内照明灯では

60000lux 以上の照度の光を利用しづらいため、より高い照度の光源として、室内照明灯だけでなくプロジェクターの白色光も利用した。尚、快晴時の太陽光では、最大時で約 120000lux の照度を測定できた(付録-1 を参照)。

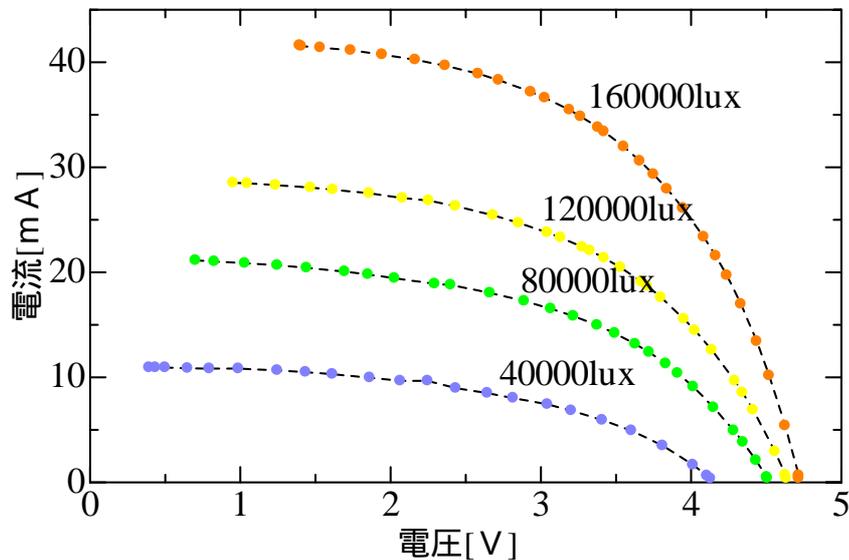


図 3-1-5. プロジェクターの白色光が光源の場合の電流・電圧特性

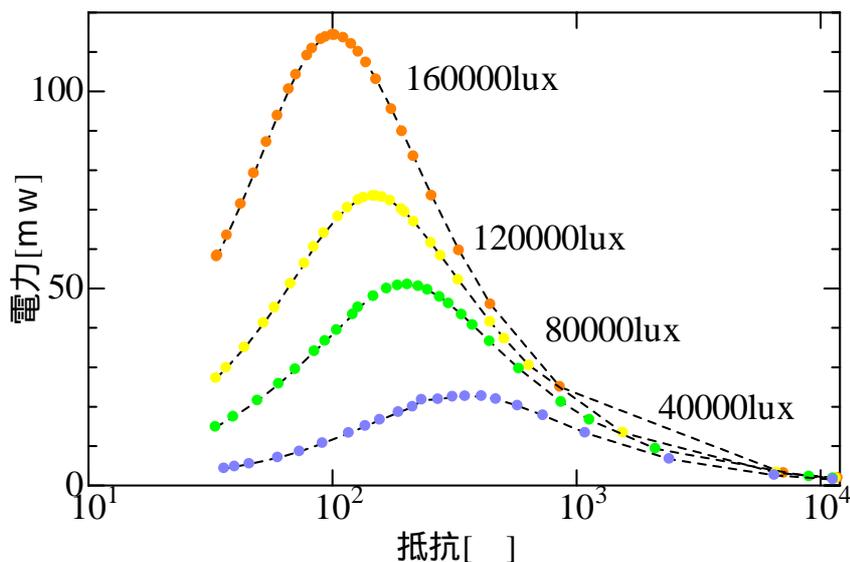


図 3-1-6. プロジェクターの白色光が光源の場合の抵抗・電力特性

図 3-1-5 と図 3-1-6 にプロジェクターが光源の場合の太陽電池の出力特性を示す。図 3-1-5 は横軸電圧、縦軸電流の出力を、図 3-1-6 は横軸抵抗、縦軸電力の出力状態を示している。光源であるプロジェクターとの距離を近づけていくことで照度を上げていたのだが、照度計の測定限界値(199900lux)を超えた為、利用する光の照度の上限を 160000lux に定めて出力測定を行った。

図 3-1-6 に示した出力電力値で、160000lux と 120000lux の際の最大電力に大きな差が確認できる為、更に高い照度の光を利用すれば更なる出力の上昇につながるの

はと考え、太陽光を利用した集光装置による出力測定を行った。集光装置による出力測定は次項目で述べる。

### 3-2.集光装置による出力変化

鏡の反射を用いた集光装置を製作し、光の照度を格段に上げることで太陽電池の出力上昇を目指す。



図 3-2-1.設計し実験に使用した集光装置

図 3-2-1 に、私が制作し使用した集光装置を示す。太陽電池の表面である受光面を下向きにして、鏡からの反射光を当てることで発電しているのである。集光用の反射鏡枚数を 1 枚から 12 枚まで増やしていき、各枚数ごとにおける太陽電池の出力を測定・比較する。光源は、快晴日の太陽光である。また、太陽電池の裏面に熱電対の温度センサーを付けて各枚数ごとの温度も測定した。

#### 3-2-1.出力データ

各枚数の測定出力を示す。

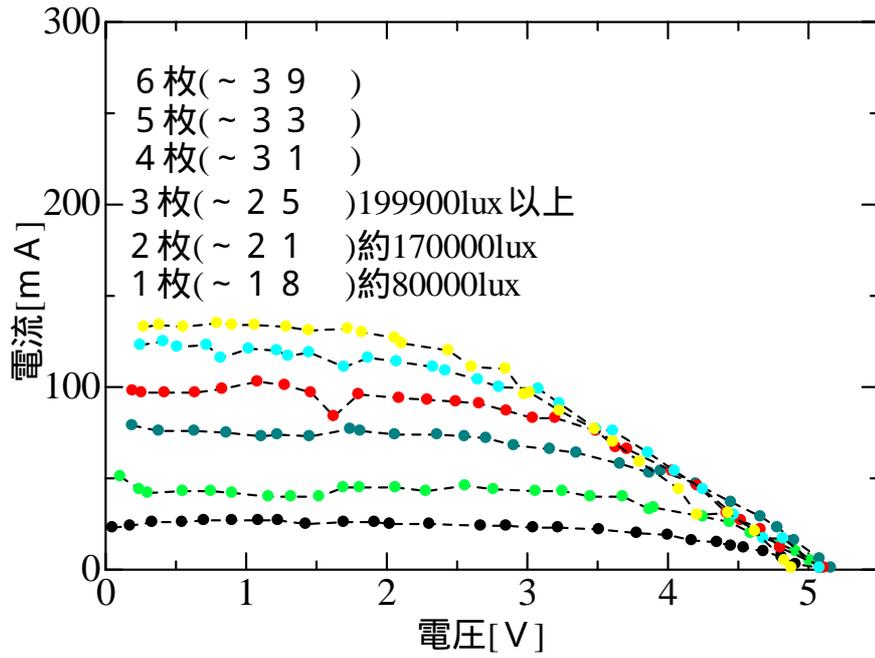


図 3-2-2.平成 17 年 3 月 6 日快晴時の集光による太陽電池の電圧・電流特性

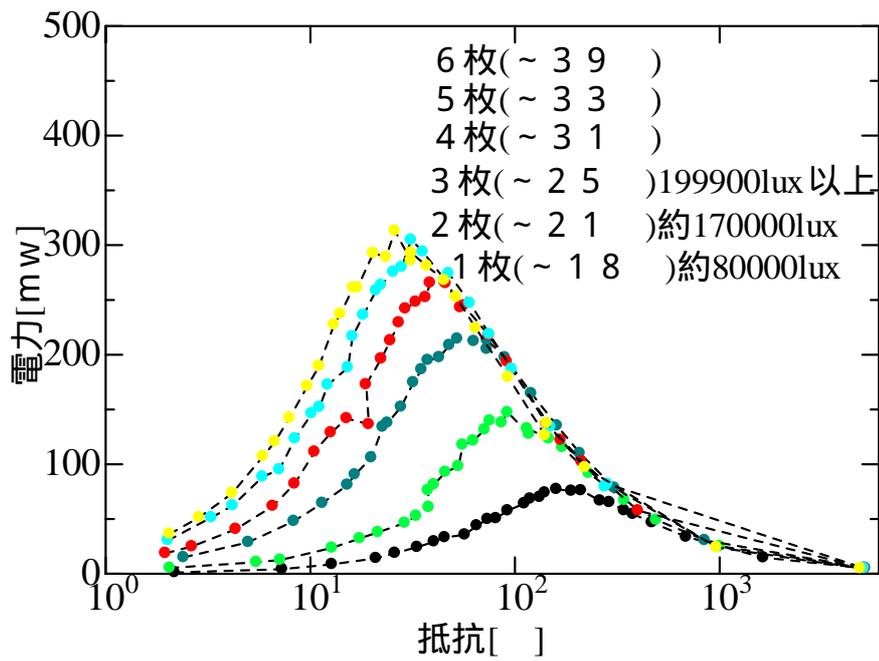


図 3-2-3.平成 17 年 3 月 6 日快晴時の集光による太陽電池の抵抗・電力特性

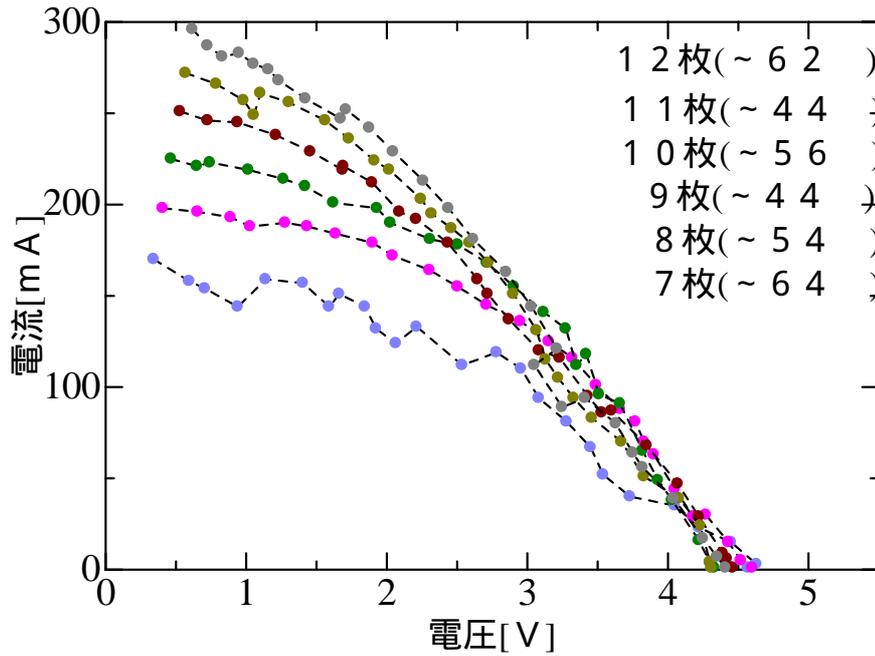


図 3-2-4.平成 17 年 3 月 7 日快晴時の集光による太陽電池の電圧・電流特性

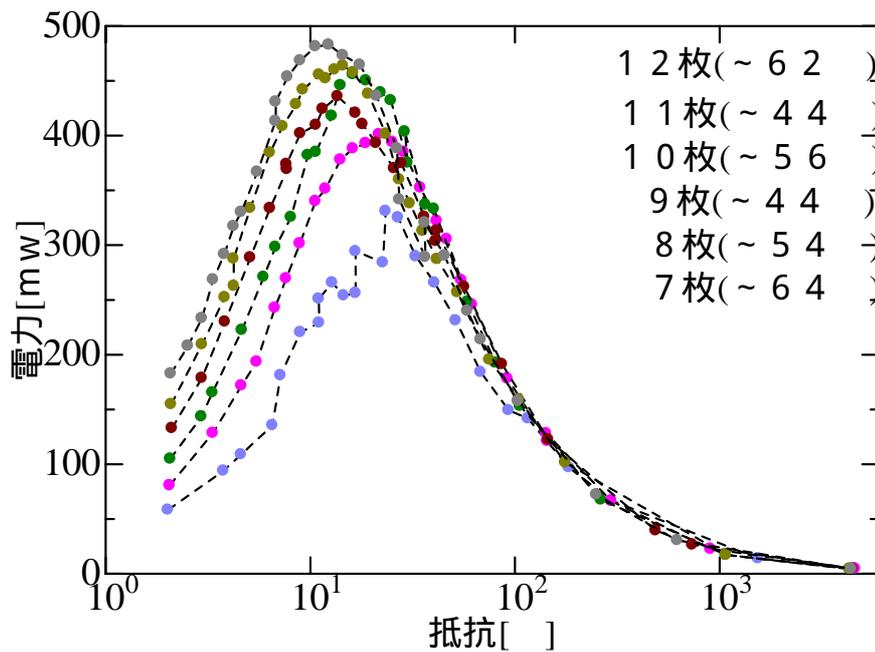


図 3-2-5.平成 17 年 3 月 7 日快晴時の集光による太陽電池の抵抗・電力特性

図 3-2-2 と図 3-2-3 に示したデータは、集光枚数が 1 枚から 6 枚までの出力である。図 3-2-4 と図 3-2-5 に示した 7 枚から 12 枚までの出力データは、1 日の間に測定しきれなかった 7 枚以上における出力を別の快晴日に測定したものである。図 3-2-3 と図 3-2-5 より、集光枚数を増やしていくにつれ最大電力は増加していたが、反射鏡が 8 枚以上では電流の飽和が起こった。また、集光によって温度上昇も起こった。

### 3-2-2.出力差の原因

集光時に起こった電流の飽和について考える。

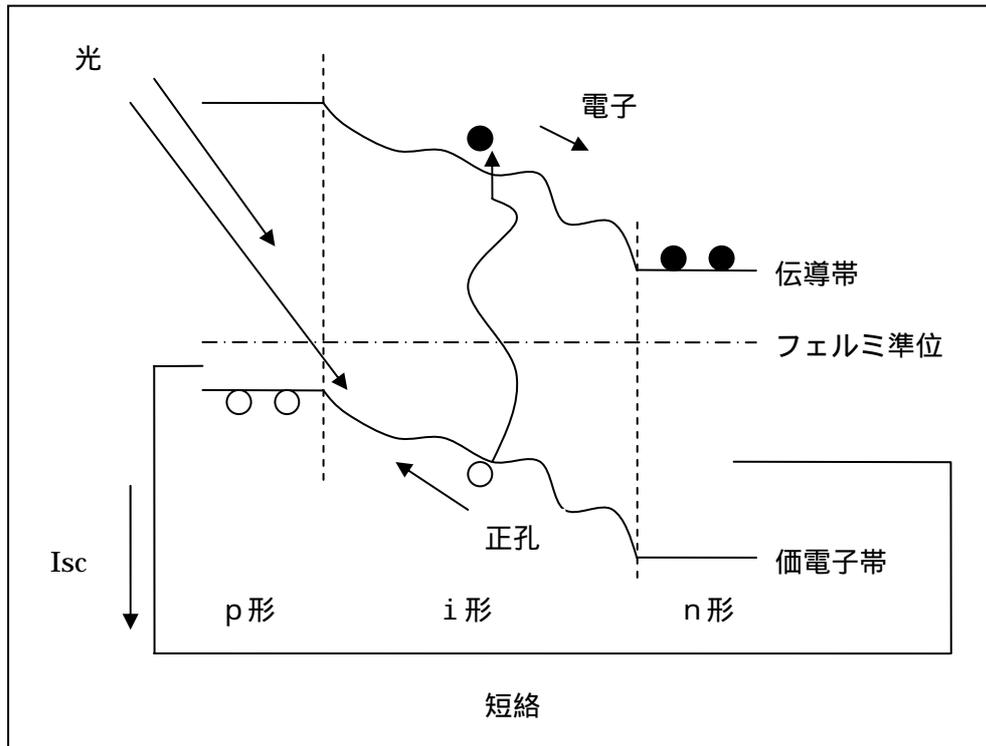


図 3-2-6.短絡電流のバンド構造から見た電流の飽和

図 3-2-6 に、高照度発電中の短絡電流のバンド構造を示した。高照度によって過剰に生成された電子・正孔キャリアが i 層内の電界を緩和することで、電流の飽和を招いているのである。

### 3-3.温度による変化

太陽電池の温度上昇が発電出力に及ぼす影響を、温度ごとの出力を測定して調べる。

#### 3-3-1.出力データ

一定照度の光で発電している太陽電池表面に、ドライヤーの熱風を連続して当て続けることで高温に保ち、20 ~ 80 における出力を測定する。温度の検出には、集光装置の実験で使用した熱電対センサーを使用している。

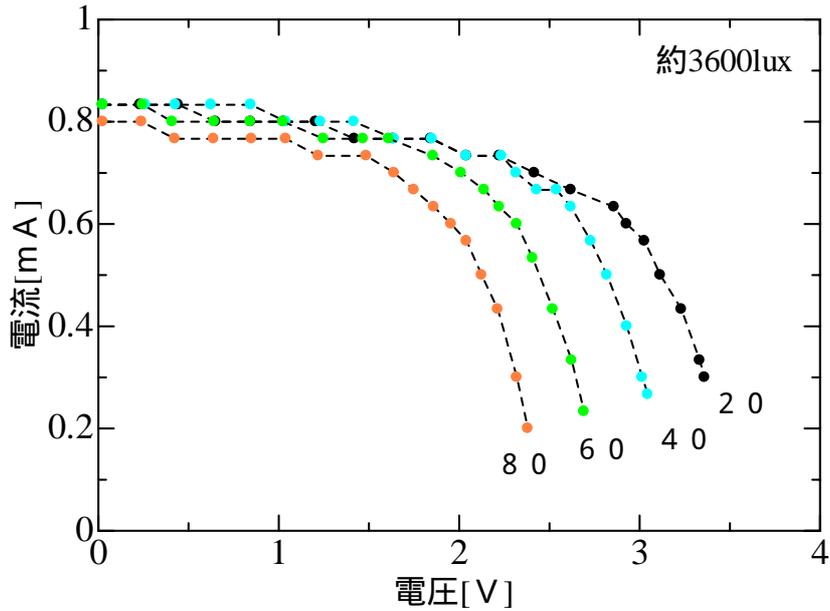


図 3-3-1.高温化状態における太陽電池の電圧・電流特性

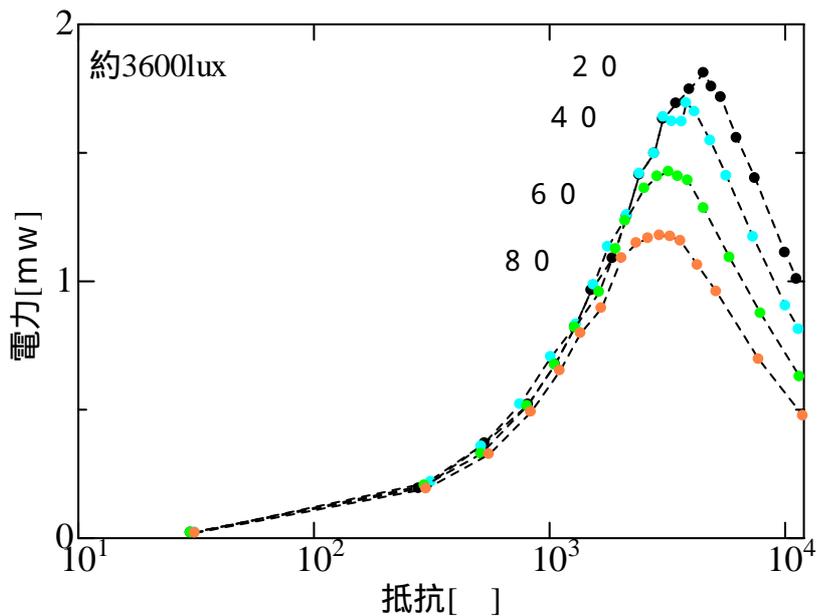


図 3-3-2.高温化状態における太陽電池の抵抗・電力特性

図 3-3-1 と図 3-3-2 に 20 ~ 80 までの温度状態における太陽電池の出力特性を示す。図 3-3-1 は横軸電圧、縦軸電流の出力を、図 3-3-2 は横軸抵抗、縦軸電力の出力状態を示している。太陽電池の温度上昇に伴って電圧は減少しており、最大電力の低下を招いている。温度上昇が出力に及ぼす影響について考える。

### 3-3-2.出力差の原因

温度上昇から起こる変化について、電圧の減少を考える。

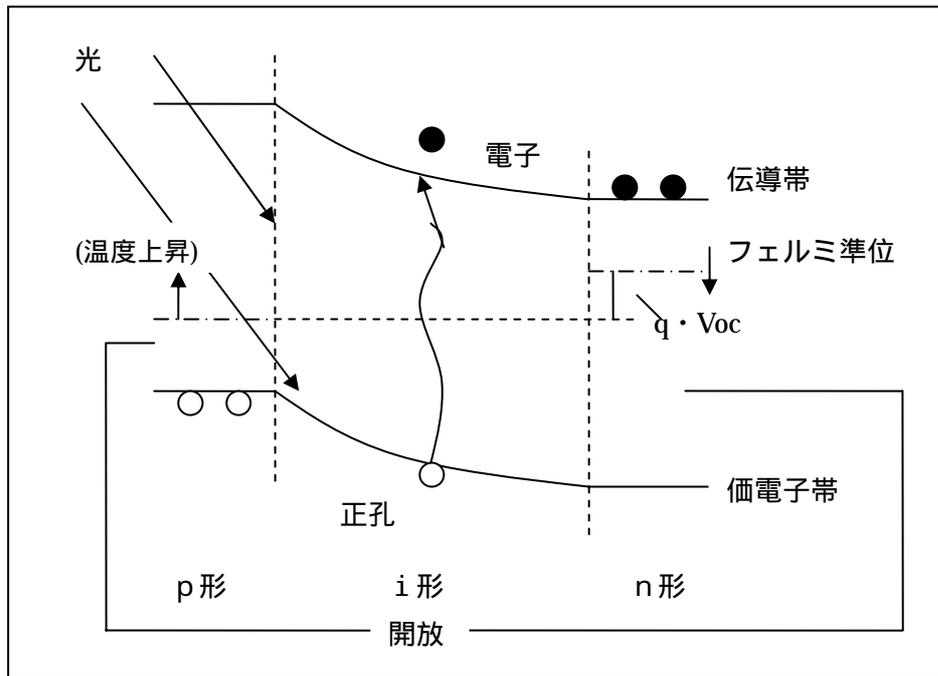


図 3-3-3.高温状態におけるアモルファス太陽電池の開放電圧  $V_{oc}$  のバンド構造

図 3-3-3 は約 80 以上に高温化した開放時における太陽電池のバンド構造を示している。開放状態での p 形層と n 形層のエネルギー準位のずれが、開放電圧  $V_{oc}$  に関連している。高温の熱エネルギーによって電子・正孔が多量に発生することで、フェルミ準位が禁制帯の中央へとずれていく。フェルミ準位の移動が開放電圧と電圧値の減少につながっているのである < 18 >。

以上の要因から、集光による高出力発電を目指す上で、太陽電池の高温化を防ぐことは重要となっている。

## 第4章 遮光による出力変化

太陽光発電を行う上で考慮しなければならないこととして、影の存在がある。雲や遮蔽物によって太陽電池の表面が遮光されると光の照度が低くなり、発電出力の低下を招いてしまう。集光においても同様に遮光が起こりうる。第4章の実験として、遮光の違いによる太陽電池出力の変化を測定する。

### 4-1-1.出力データ

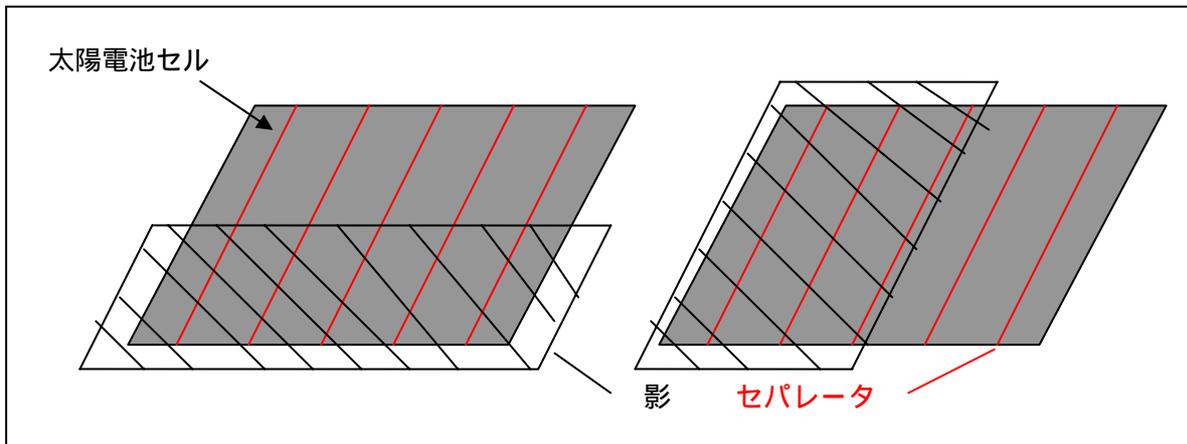


図 4-1-1.太陽電池のセパレータに対して垂直に影を作った場合と平行に影を作った場合

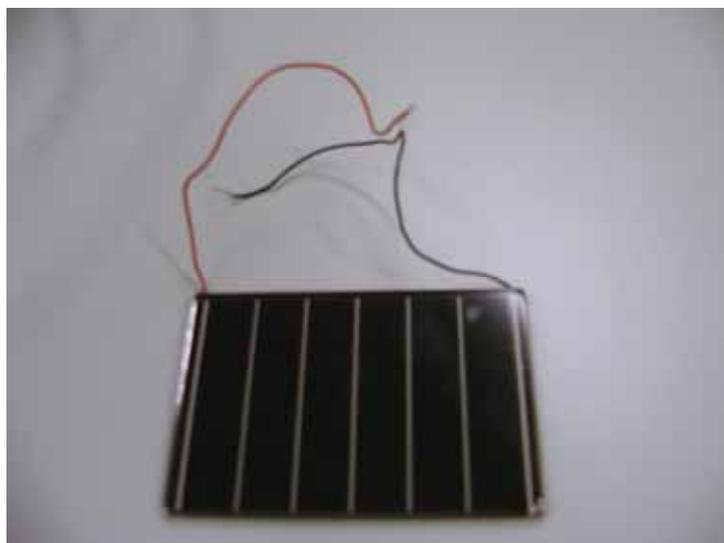


図 4-1-2.実験に使用したアモルファスシリコン太陽電池(三洋電機株式会社製 : AM-5603)

太陽電池表面積の約半分とした影を太陽電池表面に作り、太陽電池のセル同士をつなげている裏面電極と垂直に影を作った場合と、平行に影を作った場合の出力を、影がない場合の出力と共に比較してみる。太陽電池の遮光は、図 4-1-1 の左側が裏面電

極に垂直な影で、図 4-1-1 の右側が裏面電極に平行な影である。セパレータとは、図 4-1-2 のアモルファス太陽電池表面の縦線を指している。6 つの太陽電池セルがセパレータで直列接続されることで、高い電圧を得ている構造である。

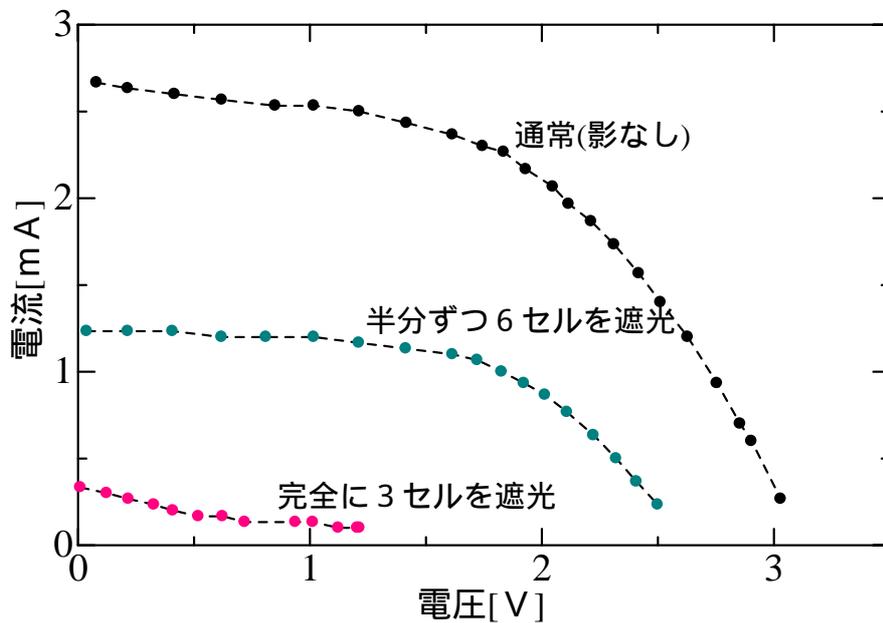


図 4-1-3.通常時と遮光時における太陽電池出力の電圧・電流特性

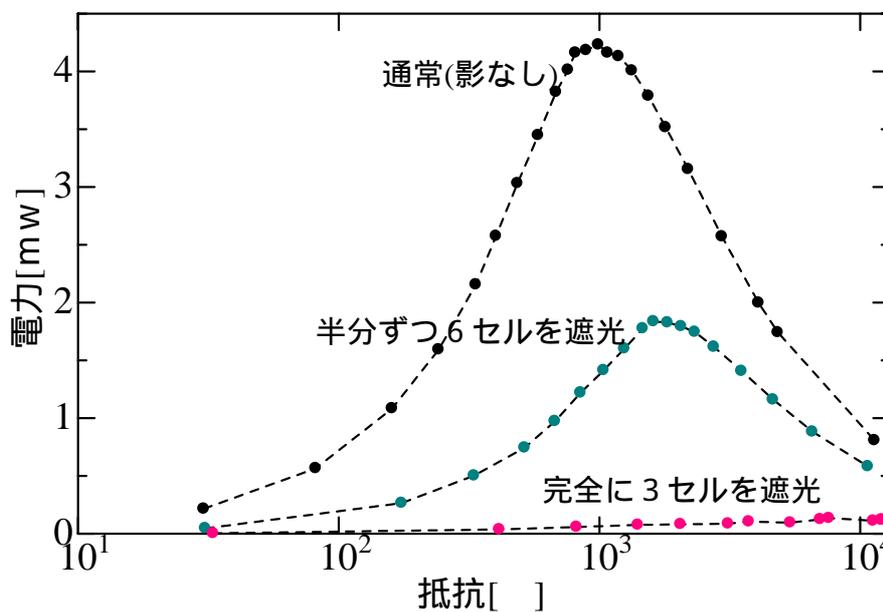


図 4-1-4. 通常時と遮光時における太陽電池出力の抵抗・電力特性

図 4-1-3 は横軸電圧、縦軸電流の出力を、図 4-1-4 は横軸抵抗、縦軸電力の出力状態を示している。セパレータと垂直な影における出力は、影のない通常時の出力の約半分ほどに減少している。しかしセパレータと平行な場合では、ほとんどの出力が減少している。

#### 4-1-2.出力差の原因

遮光の違いが太陽電池構造にどのように作用するのかを考える。

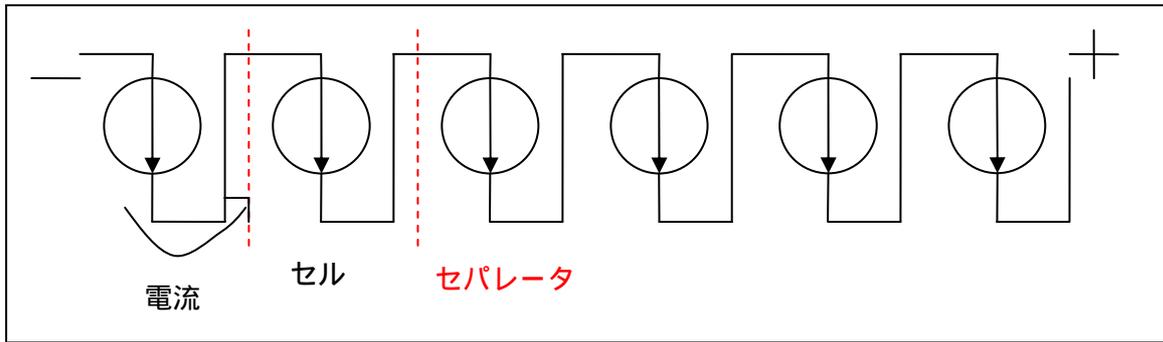


図 4-1-5. 全く遮光されていない時の太陽電池の状態

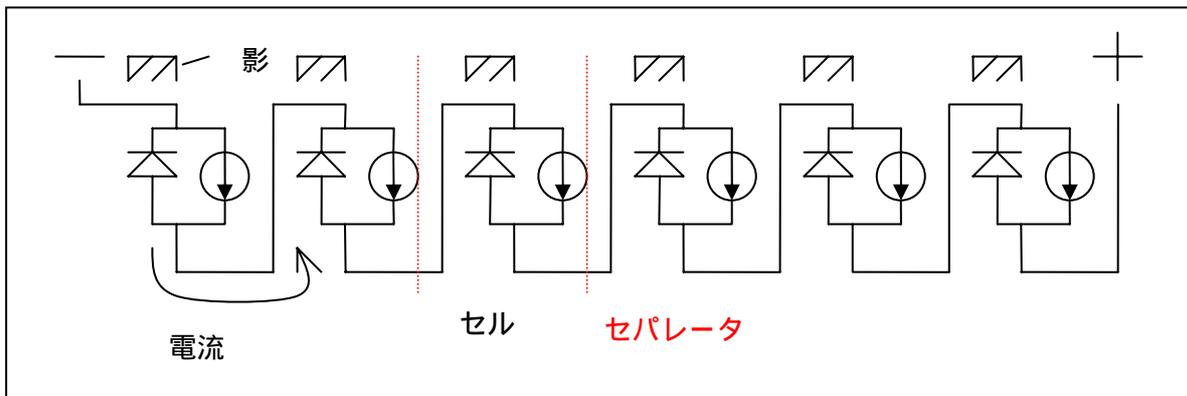


図 4-1-6. 半分ずつ 6 セルを遮光した時の太陽電池の状態

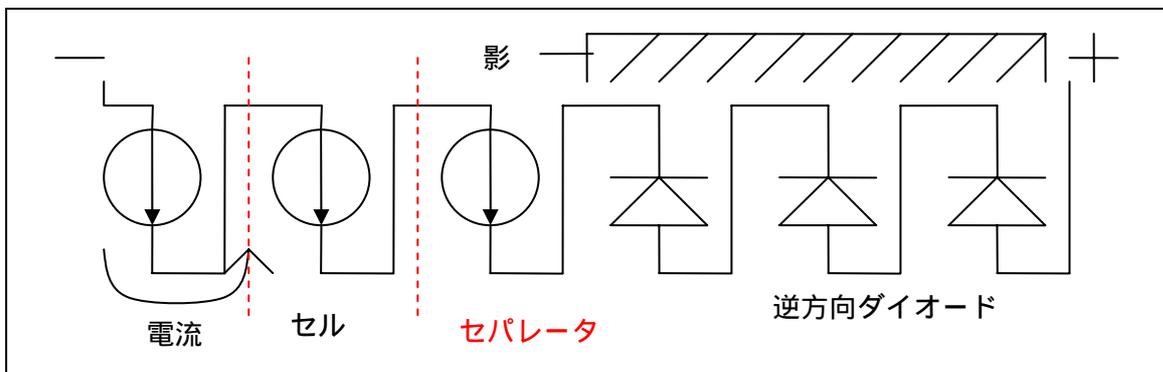


図 4-1-7. 完全に 3 セルを遮光した時の太陽電池の状態

遮光された p i n 接合は逆方向ダイオードとして働く為、発電された電流・電圧を大きく削減している。図 4-1-5 に影のない通常の太陽電池を示す。図 4-1-6 に示すセパレータと垂直な影であれば、裏面電極に区切られたセルの半分ごとに光が当たっている為、電流の通り道として出力の削減を少なく押さえているが、図 4-1-7 に示すセパレータと平行な影であれば、1セルの区画全体が逆方向ダイオードとして機能する為、発電された電流・電圧の大半を削減するのである。

## 第5章 結論

太陽電池の出力を高める方法として、集光による入射光照度の増加は出力上昇をもたらしたが、電流の飽和が起こる為に最大電力の上限が存在する。ただし今回使用した太陽電池は屋内用であったので、屋外用であれば出力上昇がより大きくなると期待される。

集光と共に起こる太陽電池の温度上昇は電圧の減少をもたらす為、集光と同時に冷却が必要となる。

遮光された太陽電池セルは逆方向ダイオードとしての働きを強め、太陽電池の発電出力を低下させる。ゆえに、完全に遮光されたセルができないように注意する必要がある。

## 参考文献

- 桑野幸徳、中野昭一他：「太陽電池とその応用(改訂版)」パワー社 (1994)  
ページ 5~7、9~11、25、36 <1> <2> <4> <6> <7>
- 清水潤治：「半導体工学の基礎」コロナ社 (1986)  
ページ 44、45、57、58、125、210 <3> <5> <18>
- 浜川圭弘、桑野幸徳：「太陽エネルギー工学」培風館 (1994)  
ページ 143、167~169、204~210 <8> <13> <14> <17>
- 生駒英明、生駒俊明：「化合物半導体デバイス入門」培風館 (1995)  
ページ 12、13、43、44、46 <10> <11> <12>
- 曾根興三：「無機化学シリーズ6 酸化と還元」培風館 (1978)  
ページ 59~63 <16>
- ホームページ：[http://www.fukoku-life.co.jp/download/200303\\_2.pdf](http://www.fukoku-life.co.jp/download/200303_2.pdf) <9>  
<http://www.nef.or.jp> <15>

## 謝辞

本研究活動を進めるにあたって様々なアドバイスと補助を行って下さった電子・光システム工学科の八田章光教授に深く感謝を致します。高価な照度計や測定用部品の購入を迅速に行ってくださったお陰で、滞りなく実験を進めることが出来ました。

また電子・光システム工学科河津哲教授には、実験から生じた疑問点の質問相談に何度も応じて頂きました。ゆえに報告書作成の上で大きな位置を占めています。どうもありがとうございました。

そして、同じ研究室で協力し合った電子・光システム工学科の鐵艸浩彰氏、矢内啓

資氏、崎本総一氏並びに先輩である青木祐典氏、朝山淳哉氏、松久治可氏、吉村紘明氏にお礼を申し上げます。

## 付録-1.照度の推移(日の出～日の入り)

快晴日の昼間の照度を、参考データとして測定しグラフで示す。測定日は平成 17 年 1 月 31 日である。

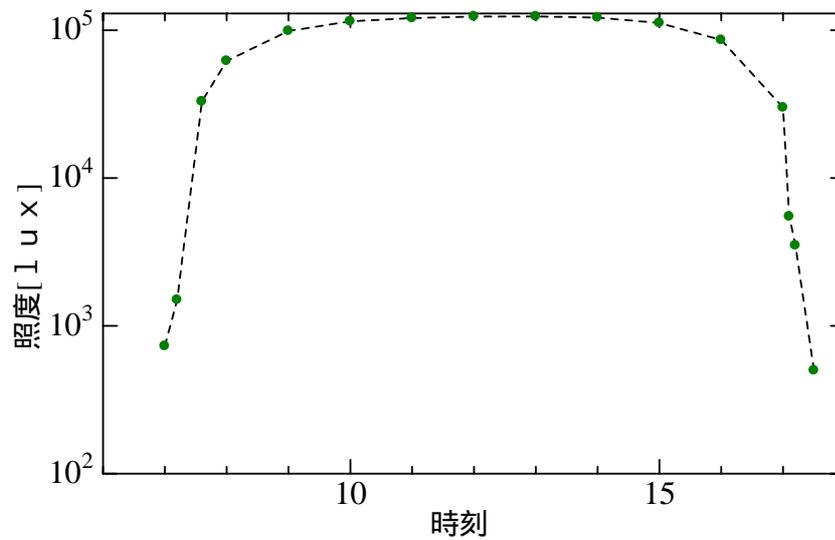


図 6-1-1.日中の照度推移(7時～17時ごろ)

照度は最大で 12 万ルクス(lux)台を記録し、11時から13時頃がピークの値を示した。