

卒業研究報告

題目

GP-IB によるフォトダイオード特性の自動計測

指導教員

神戸 宏

報告者

大野 史晶

平成 14 年 2 月 5 日

高知工科大学 電子・光システム工学科

目次

1. はじめに

2. フォトダイオードについて

- 2 - 1. フォトダイオードとは・・・
- 2 - 2. 基本的なフォトダイオードの動作原理
- 2 - 3. 分光器（モノクロメーター）とは
- 2 - 4. 1 回折格子の原理
- 2 - 4. 2 可視光線と紫外光
- 2 - 5. InGaAs フォトダイオードを使う理由
- 2 - 6. 実験内容
- 2 - 7. 実験
- 2 - 8. 測定
- 2 - 9. 結果
- 2 - 10. 考察

3. BASIC4.0 でのプログラムについて

- 3 - 1. コンピューター言語とは
- 3 - 2. プログラムの基礎
- 3 - 3. フローチャートについて
- 3 - 4. 82350A GPIB インターフェース・カードについて
- 3 - 5. GPIB について
- 3 - 6. グラフの構成
- 3 - 7. プログラム実行手順
- 3 - 8. 実験内容
- 3 - 9. 実験
- 3 - 10. 測定

- 3 - 11. プログラムの実行手順
- 3 - 12. 結果
- 3 - 13. 実験内容
- 3 - 14. 実験
- 3 - 15. 測定
- 3 - 16. プログラムの実行手順
- 3 - 17. 結果
- 3 - 18. 実験内容
- 3 - 19. 実験
- 3 - 20. 測定
- 3 - 21. 結果
- 3 - 22. 考察

4 . おわりに

参考文献

謝辞

1. はじめに

今日、パソコンの普及により GP-IB を使った自動計測の普及には目ざましいものがある。最近の計測器のほとんどが GP-IB 付き、またはオプションで GP-IB を装備できるようになっている。自動計測ができると、手間が省け、ミスがなくなり、大量の測定データをとることが可能となる。

当然ではあるが自動計測を行うにはプログラムが必要であり、自動計測にかかわらず、どのような機器の作動にもプログラムは必要である。そのプログラム言語の一つに BASIC 言語がある。言語には C 言語やジャバなどもあるが、一番わかりやすいのは BASIC 言語である。

また、よく知られているように光ファイバ通信において行われる測定実験にも当然、自動測定はかかせないものである。また、第一世代の光ファイバ通信システムは、波長 0.8~0.9 μm で動作するものであった。その後、ファイバの損失はもっと長い波長で低下することが明らかになり、今日では、1.55 μm 帯を用いる第三世代の光通信システムの研究が進められている。その 1.55 μm 帯の一つに、InGaAs フォトダイオードがあげられる。

そのようなことから、本研究は GP-IB による InGaAs フォトダイオード特性の自動計測を可能にすること目的としている。InGaAs フォトダイオード特性を選んだのは、上で述べたように、光通信システムにおいて、1.55 μm 帯である InGaAs を研究することが光通信システムを学ぶ私たちにとって重要だと考えるからである。そのため、正しい自動計測ができるか、BASIC によるプログラムは正確にできているかを調べる目的の一つとして InGaAs フォトダイオードをとりあげ、その特性を調べる実験を行った。

本論文の構成として、第二章でフォトダイオードについて述べ、試しに GP-IB を接続しプログラムを作り Si フォトダイオードでフォトダイオードの電圧・電流測定できているかを調べ、第三章で実際に InGaAs フォトダイオードを使用し、波長・電圧のプログラム、波長・Power のプログラムを作成して、InGaAs フォトダイオードの分光感度特性をとる実験を行った。また、第二章で作成したプログラムの実行手順は第三章で述べる。

2 . InGaAs フォトダイオードについて

2 - 1 . フォトダイオードとは

フォトダイオードとは、半導体の p n 接合における光吸収によって光電流を発生させる素子である。ここでは、まずフォトダイオードの原理について説明し、後に実験でとった測定値のグラフと、GPIB を使ってプログラムを作りそれを使ってとった測定値のグラフを比較・検討する。

2 - 2 . フォトダイオードの原理

半導体の PN 接合に光が照射されると、光は半導体結晶の中で電子と正孔の対を発生させる。照射された光のエネルギーが半導体のエネルギーバンドギャップ (E_g) より大きい場合、この電子及び正孔は、PN 接合の濃度勾配によって拡散し、電子は N 層へ、正孔は P 層へ流入する。従って、外部に負荷を接続することにより、電流は N 層から P 層へ、すなわち PN 接合の逆方向に流れる。接合付近で発生した正孔及び電子は、効率よく電流に変換されるが、接合より離れたところで発生した正孔及び電子は、空乏層に達するまでに再結合してしまい、電流の発生には寄与しない。接合の両端が開放の場合は、開放電圧 V_{oc} が発生する。光子のエネルギーは $E = h\dot{\nu}$ ($\dot{\nu}$ =周期) で表され、この照射される光のエネルギーが半導体結晶のエネルギーギャップ ($E_g = X\text{V}$) と等しいとにおいて、

$$\begin{aligned} h\dot{\nu} &= X(\text{eV}) & \dot{\nu} &= c / \\ & & & \\ &= hc/X = 1,24/X \text{ (nm)} \end{aligned}$$

となり、半導体結晶は約 $1.24/X(\text{nm})$ の波長まで感度を有することになる。

2 - 3 . 分光器 (モノクロメーター) とは

プリズムなどを使って種々の波長成分をもつ入射光の中から、自分希望の波長成分の光を取り出す装置である。可視光に対してはガラス、また紫外線に対しては水晶の光学系が用いられる。ここでは、回折格子モノクロメーターの内部構造や分光感度特性、可視光と紫外光について説明する。

2 - 3 . 1 回折格子の原理

不透明の板に幅の狭い縦長のスリットを等間隔にたくさん空けたものを考えてみる。ここに光を入射すると、スリットを通過した光は回折という現象で、色々な方向に広がっていく。光は波であり、この広がっていく光のうち、ある方向に進んでいく光については、あるスリット回折する光の波と隣のスリットから回折する光の波が1周期分ずれて、ちょうど波の山と山の位置が一致する。このような関係にある時互いの光同士は強め合い、逆に隣同士のスリットから回折する光の波が半周期分しかずれないで、山と谷の位置が一致してしまう方向では、弱め合う事になる。このようなスリットを多数空けた場合を考えると、この強め合いと弱め合いの程度はますます顕著になる。これを光の干渉という。この結果、ある波長の光は特定の方向だけに進んでいくようになる。このことが回折による光の干渉である。

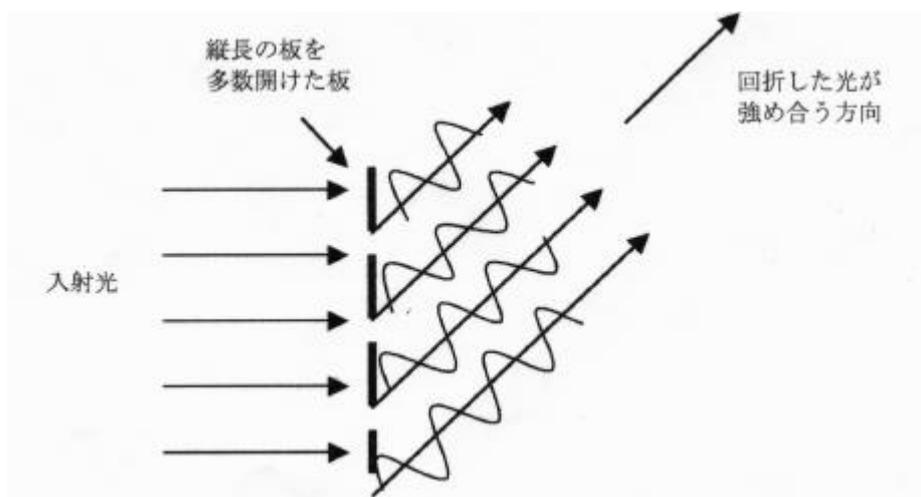


図 2 - 3 . (a) 回折格子の原理

この方向は光の波長によって違う。つまり、入射した光がちょうどプリズムを通った光のように、波長によって方向別に分けられるのである。このように、細い穴を多数空けた板を回折格子と呼び、特にこの場合は透過光を用いるので、透過形の回折格子という。このような現象は反射光の場合でも見られ、微少な溝を規則的に並べた表面からのそれぞれの反射光は、波長によって干渉する位置が異なり、結果として進む方向が違ってくる。回折格子モノクロメーターはこの原理を用いて、入射した光から、ある波長成分の光を取り出す。この構造はプリズムモノクロメーターのプリズムを回折格子に置き換えたただけのもので、波長成分を取り出す原理はまったく同じである。

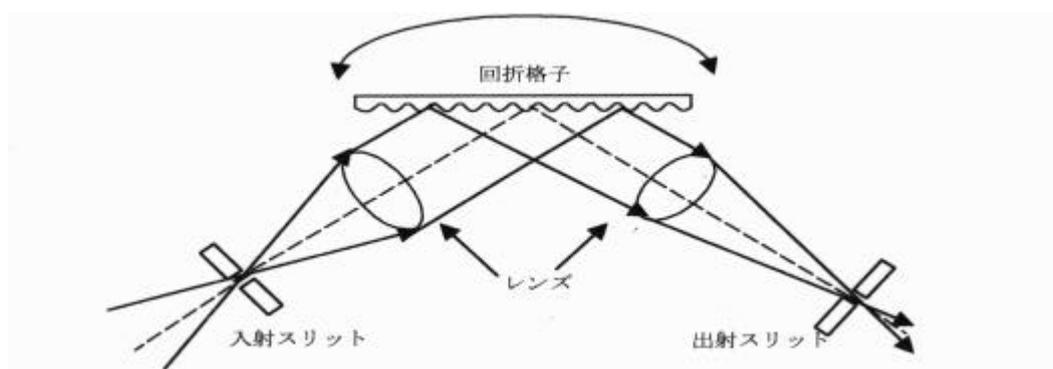


図 2 - 3 .(b) 回折格子モノクロメーターの構造

2 - 3.2 可視光と紫外光

肉眼で見える光「可視光」は、400nm(ナノメートル=1/10 オングストローム)~650nm程度で、それより短波長が紫外光、長波長が赤外光である。700nm 付近は肉眼で濃い光として識別可能で、800nm 位からはほとんど肉眼では感じなくなる。赤外光の範囲は非常に広く波長 800nm~1100nm (1.1 ミクロン) 位の範囲を「近紫外」と読んで区別している。例えば、私達が写真の対象とする範囲は、700~1100nm ほどと考えてよい。

2 - 4 . InGaAs フォトダイオードを使う理由

他のフォトダイオードと比較して検討してみる。シリコンのエネルギーギャップは ($E_g=1.12\text{eV}$) であり波長 $=hc/1.12$ より、最大感度波長 $=1100(\text{nm})$ であるのに対し、InGaAs は $=1550(\text{nm})$ である。また、GaAsP フォトダイオードは、 $=640(\text{nm})$ で長波長域の感度を抑制したもので、視感度 (人間の眼の感度) に近い分光感度特性をもっている。したがって、長波長をフォトダイオードで測定するには、最大感度波長が少なくとも 1100(nm) 以上はなくてはならない。よって、InGaAs フォトダイオードが適している。

2 - 5 . 実験内容

GP-IB が正しく作動し測定できるか。プログラムが正しくできているか。Si フォトダイオードを使用し、フォトダイオード特性の電圧・電流グラフがとれるかを確認する。

2 6 . 実験

環境 : 室温で測定

使用器具 : MUTIMETER

DC VOLTAGE/CURRENT GENRATOR (直流電圧 / 電流 発生器)

NANO VOLT / MICRO OHM METER (ナノボルト / マイクロボルトメーター)

パソコン

準備 : MULTIMETER ではナノの値の電流が測定できないため、ナノボルトメーターを接続し、電流の値が測定できるようにした。また、次の章で詳しく述べるが、電圧・電流の GP-IB プログラムを作成。

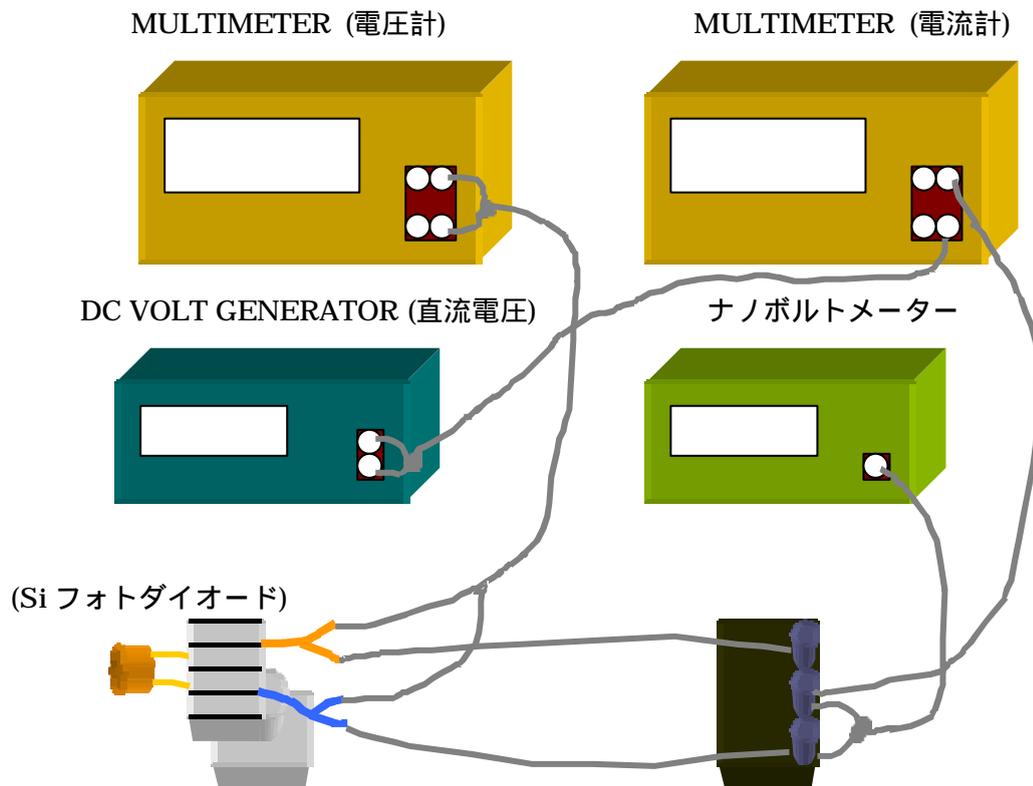


図 2 - 7 フォトダイオードの電圧・電流測定装置図

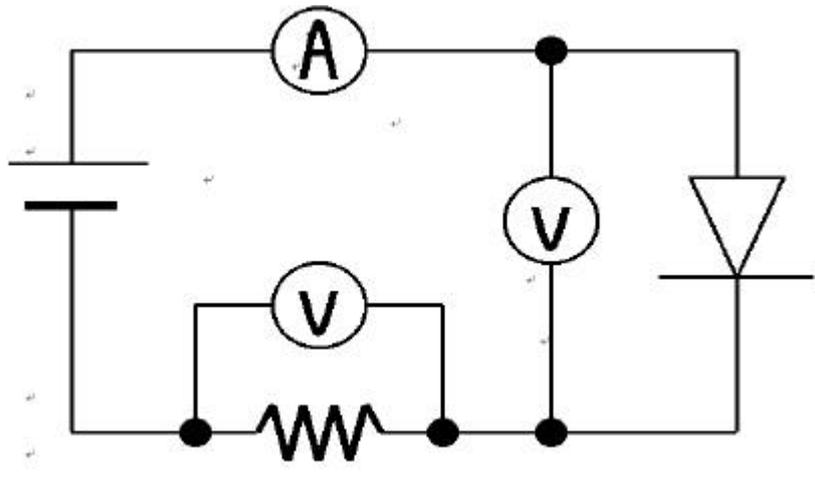


図 2 - 7 . a 回路図

2 - 7 . 測定

電圧を順方向は 0 ~ 2V まで 0.1V きざみ、逆方向では -20 ~ 0V まで 0.1V きざみで測定

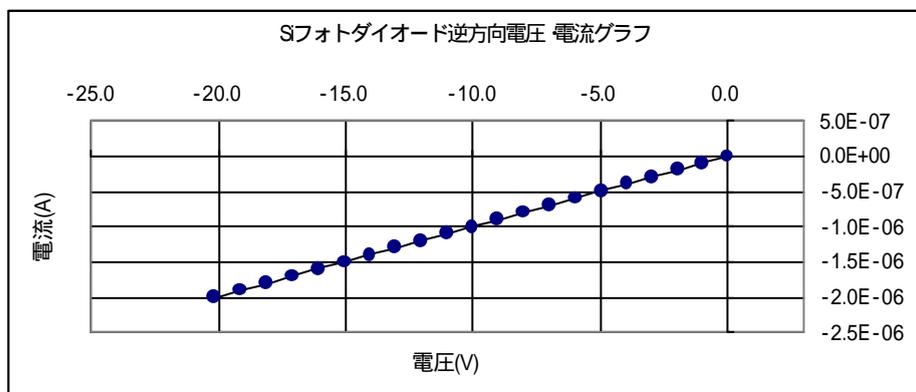
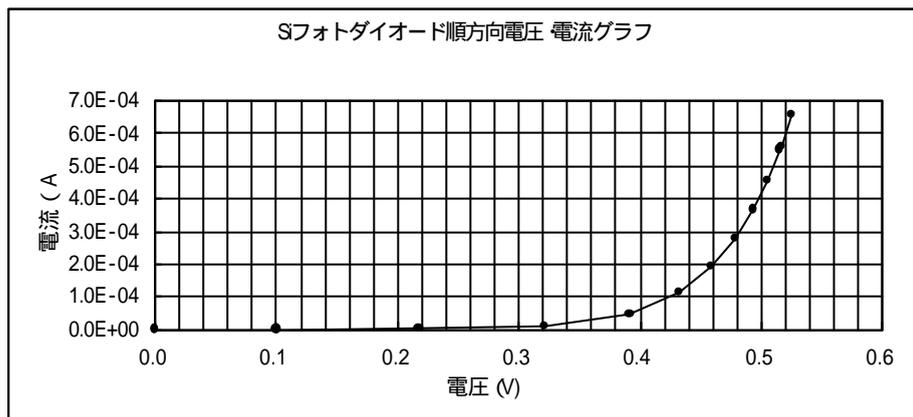


図 2 - 7 . a 測定結果の電圧・電流グラフ

2 - 8 . 結果

測定結果の図 2 - 7 . b より順方向、逆方向の電圧・電流の測定値は多少誤差があるにしても、私が思う正しい測定結果を basic の CRT は示してくれた。よってこの電圧・電流測定プログラムは正しくできていることが確認できた。

2 - 9 . 考察

測定結果をグラフにすることより、フォトダイオード特性になり測定値が正しい事が確認できた。GP-IB 測定用プログラムでグラフの数値幅や最大値、最小値を変えることで、見やすいグラフになることもわかった。今回この実験で、自らが回路を作り電圧を決めて測定したためもしかすると、フォトダイオードに光が入り誤差が大きかったかもしれない。しかしながら、マルチメーターや直流電圧などの機器やフォトダイオードを初めて用いた実験であったため、測定結果をグラフにした時自分が思っていた結果になる面白さを知った。また、この実験結果により電圧・電流の測定値が必要な時、そのグラフが見たい時などはすぐに活用できるだろう。

3 . Bsic4.0 でのプログラムについて

3 - 1 . コンピューター言語とは

コンピューターにとって言語とは、人間の考えや意志に沿って、コンピューターに実行を命ずる媒介である。コンピューターは基本的には電気信号しか解読できないのに反し、一般に人間は電気信号の意味、内容を理解する事ができない。そこで、人間の言葉に近い言語体系を作り上げ、それをコンピューターに解釈させることになる。これがコンピューター言語である。ここでは、プログラムをするにおいての基本的用語やプログラムの基礎、構成を組み立てるためのフローチャート、また実際に GP-IB での測定用プログラムを作り考察する。

3 - 2 . プログラムの基礎

コンピューターを動かす場合は、前もって働かせたい仕事の手順を、コンピューターに覚えさせておく必要がある。この仕事の手順をプログラムという。

プログラム作成の9つのステップ

- 1 . 問題を明確にする。
- 2 . 問題解決の最良の方法を決定する。
- 3 . 自分で解いてみる。(テストデータの作成)
- 4 . 解き方を図にしてみる。(フローチャート)
- 5 . フローチャートを BASIC 言語で記述する。
- 6 . キーボードから入力し、コンピューターに記憶させる。
- 7 . プログラムを実行してみる。
(テストデータを入力して検証する)
- 8 . 誤りがあれば5 ~ 7を何回かやり直して修正する。
(デバック = Debug = 虫取り)
- 9 . プログラムが完成したら取り扱い説明書を作成する。(文書化)

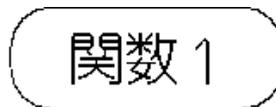
3 - 3 . フローチャートについて

1 . 始めと終り

フローチャートは、アルゴリズム、すなわち手順のはっきりと決まった処理を書き表す図であるから、必ず始めと終りが存在する(特殊なプログラムの場合は終りが存在しない場合もある)。この始めと終りを示すには、両端の丸くなった次の記号を用いる。(これを端子記号という)



また、アルゴリズム全体の中で、一部分を取り出して一つのまとまりとして扱った方が全体的見通しが良くなる場合がある。このような場合、その一部分を独立した「関数」(「手続き」や「サブルーチン」という用語を用いる場合もある)として、別のフローチャートで表す。このような場合には、その関数の始めにも端子記号を使うが、中に「始め」ではなく、その関数名を書く。



こうするのは、一つのアルゴリズムを表すフローチャートの中に「始め」が複数現れることのないようにするためである。他の関数の定義の部分がそれぞれ独立したフローチャートに相当する。そして、アルゴリズムの流れは必ず「始め」の部分から始まる。

2. 入力と出力

ほとんどの実用的なプログラムは、何らかのデータを入力として受け取り、処理を行なった結果を出力する。多くの場合、プログラムを作るのはまさにこの出力を得るためである。そこで、フローチャートにも入力と出力を表すための記号がそれぞれ用意されている。入力には、次のような記号が用いられる。

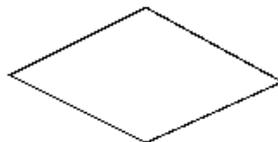


入力装置の種類によって、これと違う記号を使い分ける場合もあるが、入力装置の種類を問題にしない場合はこの記号だけ用いればよい。また、出力は、画面への出力は次の記号を用いる。これも出力装置によっては違う記号を用いる場合がある(たとえばプリンタへ印刷する場合などは別の記号を用いる)。



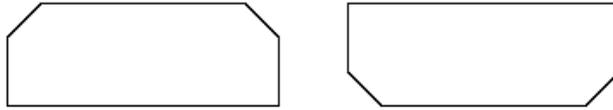
3. 判断

1つの入口から、条件にしたがって複数ある出口のうちどれかを選ぶ場合分けを表す記号である。



4. 繰り返し

次の記号ではさまれた部分を繰り返すことを表す。必要に応じて、記号の中に繰り返しのための初期化、繰り返しの条件、繰り返しのたびに行なうループ変数の更新などを書く。

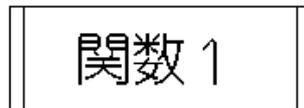


5. その他の処理

その他の、変数への値の代入や計算など一般的な処理は、すべて次のような長方形の記号で表す。



別のフローチャートになっているあらかじめ決められた一定の処理を呼び出す場合は、次のように両脇を2本線にした長方形で表す。



これ以外にも、細かく処理の種類を表すためにさまざまなフローチャートの記号が定められているが、それらを覚える必要はあまりなく、ここに挙げた記号さえ知っていればすべての処理を表すことができる。これらの記号を、基本的には上から順番に線をつないでいったものがフローチャートである。フローチャートが長くなって一箇所に書ききれない場合は、次のように、の中に記号を書いて次にどこへ行けば良いか分かるようにする。



3-4 . 82350A GP-IB インタフェース・カードについて

この自動測定実験で使用したインタフェース・カードについて説明すると 82350A は、PCI ベース PC 用の高性能の IEEE-488 インタフェースおよびソフトウェアであり 82350A は、測定器へのアクセスや制御、データの交換を容易にするものである。82350A は、バッファリング機能を内蔵した高速の PCI カードであり、 GPIB 転送を PCI バス転送から分離する。バッファリングによって、直接メモリ・アクセス(DMA)よりも優れた I/O およびシステム性能(最大 750K バイト/s)が得られるものである。

3 - 5 . GP-IB について

GP-IB(General Purpose Interface Bus)とは、アメリカ電気・電子技術者協会が定めたもので、計測器間でのデータ伝送に関するハードウェアと伝送方式の規格で、また GP-IB の特徴はケーブルをどんどん繋ぐだけで複数の計測器を制御したりデータのやりとりができるインタフェース(仲介装置)である。

3 - 6 . グラフの構成

まずは、プログラムを実行した時に CRT 画面上にグラフが表示される。そのプログラムから基本言語の説明をする。また、上のプログラムでは 1230~2500 までグラフの構成プログラムになっている。

* 初期設定

グラフを描くには、枠組みが必要である。次の命令を入力することで、一応の枠組みまでが完成する。

```
1430 GRAPHICS ON
1440 GINIT
1450 DEG
1460 WINDOW Hminclip,Hmaxclip,Vminclip,Vmaxclip
1470 CLIP Hmin,Hmax,Vmin,Vmax
1480 FRAME
```

・ GRAPHICS ON

グラフィックを画面上に表示しろ。という命令である。

・ GINIT

グラフを描くため、画面上の初期設定を表す。

・ DEG

度単位にセットする。この命令はプログラムの後部で使用されているため、DEGを用いず実行してしまうと、プログラムはラジアン単位 (RAD) だと認識してしまうため、あらかじめ設定しておくとう間違いはないであろう。これはプログラム中で角度が出てくるとを意味している。

・ WINDOW...

座標を決定させる命令である。ここではあらかじめ自ら座標の認識をさせるため、Hminclip,Hmaxclip,Vminclip,Vmaxclip と決めている。WINDOW の後には「X の最小値、X の最大値、Y の最小値、Y の最大値」となっている。

・ CLIP...+FRAME+CLIP OFF

限界座標を再定義する命令である。ここでは、FRAME という命令がついているので、本来のグラフ枠組みが表示される。CLIP の後には「X の最小座標、X の最大座標、Y の最小座標、Y の最大座標」と続く。また、CLIP OFF をしておかないとその枠が限界座標となるので、枠外に文字が書けなくなる。

* 命令コマンド

プログラムにはいくつかのコマンドがつけられている。人間がコンピューターに指示をあたえて実行させるためのものである。

・ 文字位置 (LORG)

グラフの外にはたいてい何らかのコメントを表示する。例えば、X 軸が何を表しているとか、グラフのタイトル等である。これらのコメントを好きな位置に置けるようにする命令が LORG である。何も命令しなければ LORG1 で実行される。

L O R G 1	L O R G 2	L O R G 3
L O R G 4	L O R G 5	L O R G 6
L O R G 7	L O R G 8	L O R G 9

図 3 - 7 . 文字における LORG の位置関係

- ・ ループ (FOR...TO...) ...NEXT

BASIC でよく使われるものの一つに、このループがあげられる。これは、‘指定した値を範囲内で実行せよ’ という意味であり、FOR 最小値 TO 最大値 STEP 数値で表す。これで最小値から STEP で定められた値で最大値まで足すということである。

- ・ 図を描く (PLOT, MOVE)

ある位置からある位置まで線を引きたい。そういう場合に用いるのがこの命令である。

PLOT, MOVE 共にここでは同じ役割を果たすが、表示方法が少し違う。まず MOVE は、図を描いた後筆が持ち上がり、そこで終了という形である。PLOT の場合は図を描いた後筆がそのままの状態にされる。PEN UP をしないと次に別の指定をした時、その場所への道筋に図が描かれてしまう。

- ・ 文字を図中に貼り付ける (LABEL)

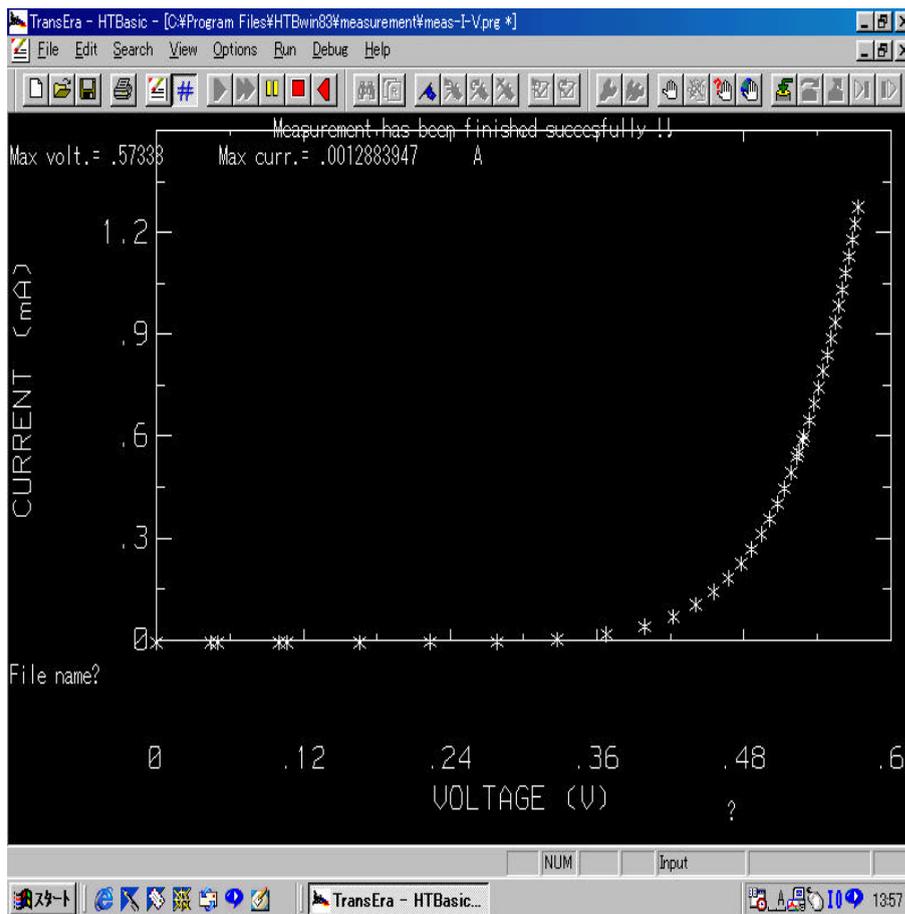
図中にコメントを書きたい時にこのコマンドを用いる。但しここでは LABEL の後ろにつくものは全て文字として考えるように定義されているので、このプログラムのような計算式 (LABEL VAL (H) を使用する場合には、数列から文字列への変換を表すコマンド「VAL\$」を用いる。

- ・ ラベルの角度を変える (LDIR)

これは、LABEL で表示された文字の角度を変えるコマンドである。LDIR の後に角度を入力すると反時計回りに文字が回転する。初期設定は 0 である。プログラム中で DEG コマンドが必要なのはここで角度を使用したためである。

3 - 7 . プログラムの実行手順

ここでは、実際に CRT 画面上にどういふ風に表示されるかを示す。



3 - 8 . 実験内容

実験 2 - 6 で GP-IB は正しく作動されている事が実験によりわかった。次は実際に InGaAs フォトダイオードを使用して、InGaAs フォトダイオードの分光感度特性を自動測定により求めた。

3 - 9 . 実験

環境 : 室温で測定

使用器具 : LIGHT CHOPPER

DUAL OUTPUT LOCK IN AMPULIFIER

ORIEL CONTANT CURRENT POWER SUPPLY

分光器 (Acton Research Corporation Spectra Pro-300i)

パソコン

準備 分光器に InGaAs フォトダイオードを接続し、82350A GP-IB インターフェース・カードを接続し直した。また、電圧・波長の GP-IB プログラムを使用。

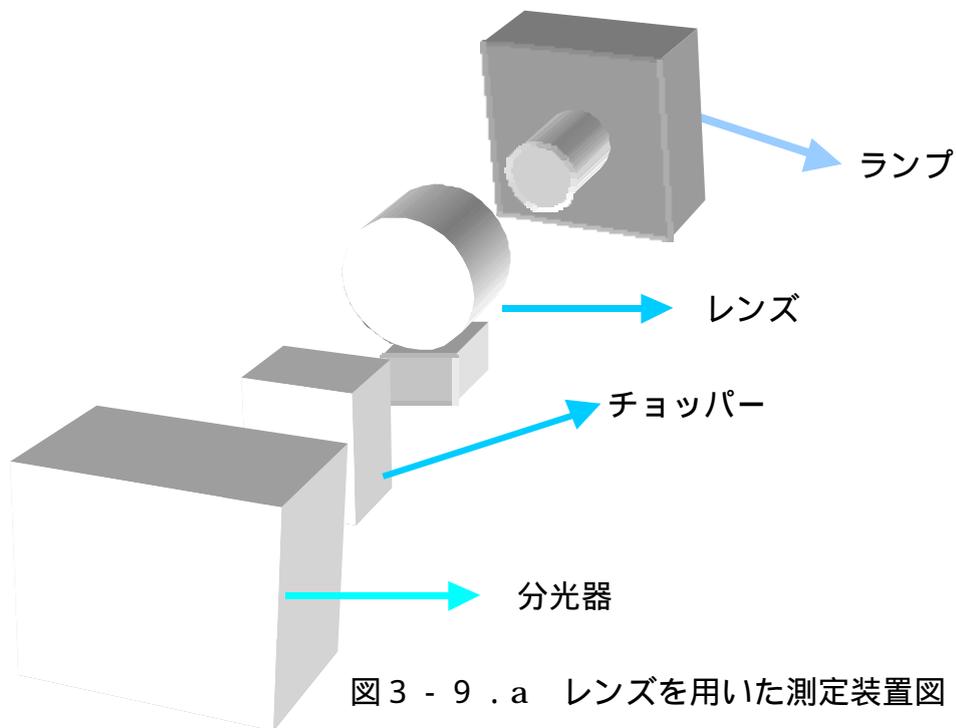


図 3 - 9 . a レンズを用いた測定装置図

3 - 10 . 測定

まず、ランプのワット数を 50(W),100(W),150(W)の場合の波長・電圧特性グラフを測定する。その時の波長は 700~1700(nm)を 20(nm)刻みで測定。

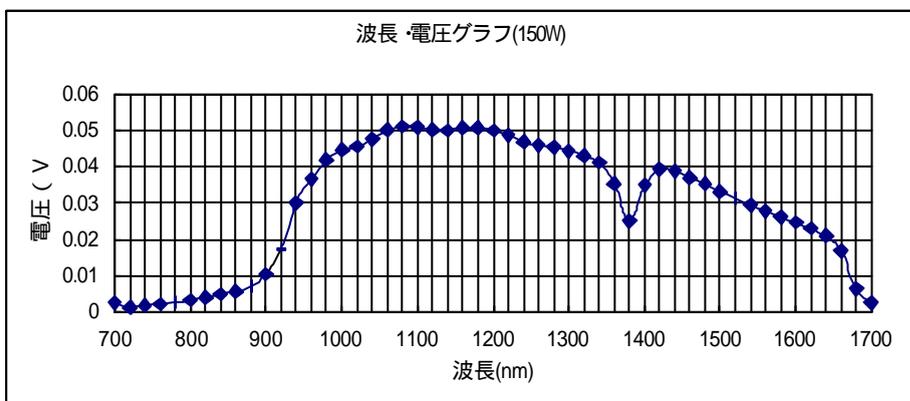
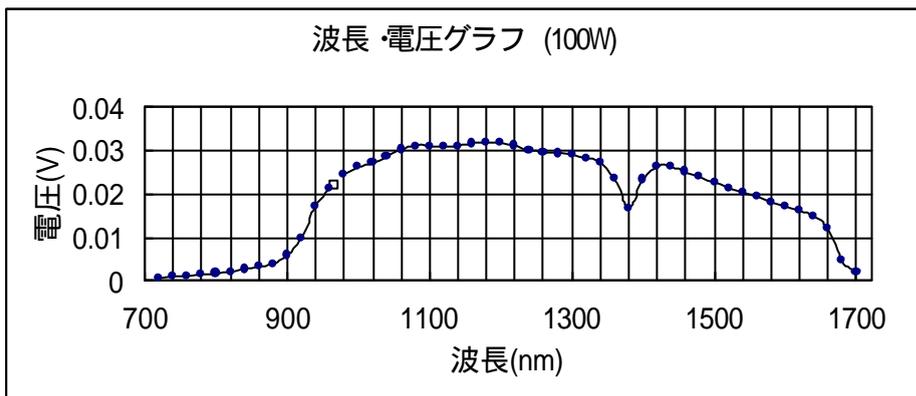
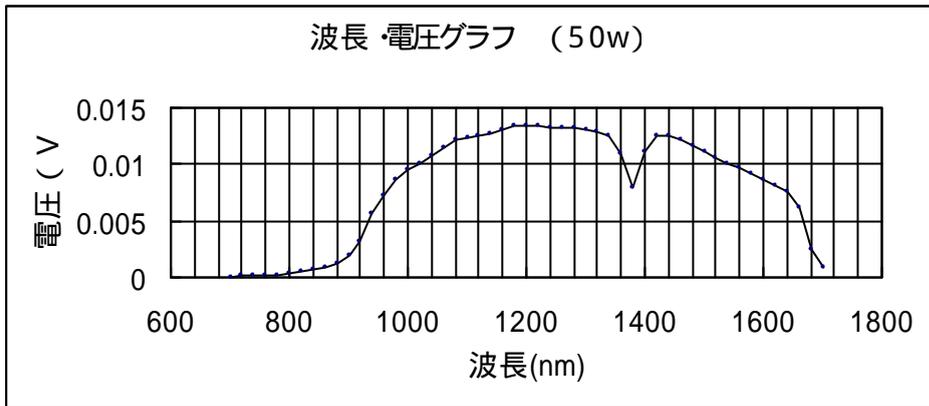


図 3 - 9 . b 50,100,150(W)の測定グラフ

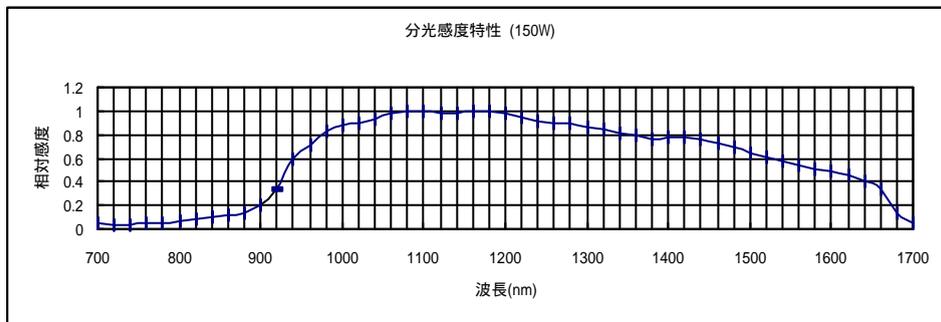
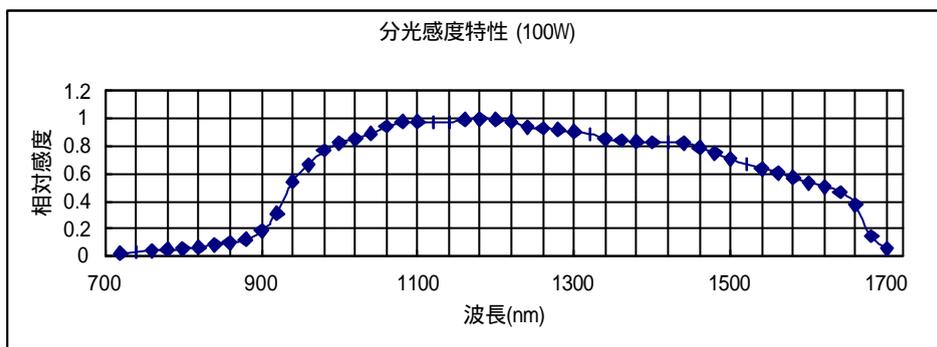
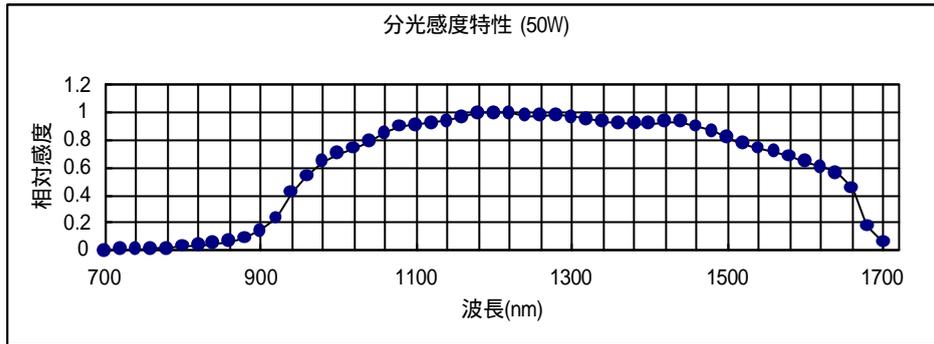


図 3 - 9 . C 50,100,150(W)の波長と相対感度特性

上図の 3 - 9 . C の測定グラフは、3 - 9 . b の電圧・電流特性から導かれるのだが、1300 (nm) 付近のデータが明らかに違う。これはランプと分光器の特性が入っているからなのだが、その部分だけ取り出して(1300~1450nm)測定し直した。その結果を引用して上図のグラフを作成した。

3-11.プログラムの実行手順

3-7.と同様に右図はプログラムを実行させた時の画面を順番に並べている。

Start Wavelength(nm)?の図 a は始めたい所からの波長が設定できる。ここでは、700(nm)から始めた。

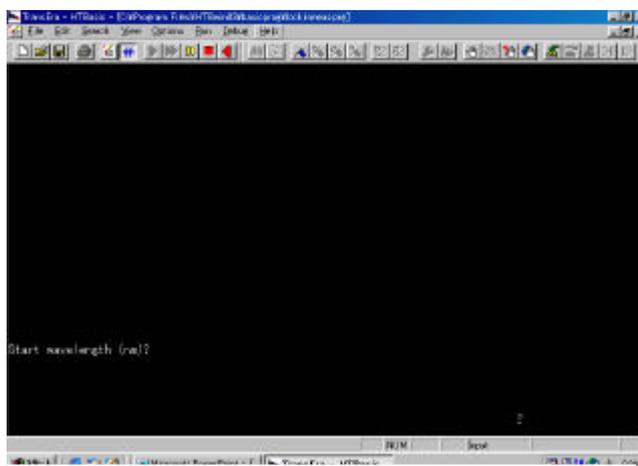


図 a

次に図 b で分かるように、Stop Wavelength(nm)?とあり波長は幾つまでを測定するかを決める所である。前の説明でも述べたが、プログラムでINPUT” “を使うと表示され入力することができるようになる。ここでは、最大波長を1700(nm)とした。

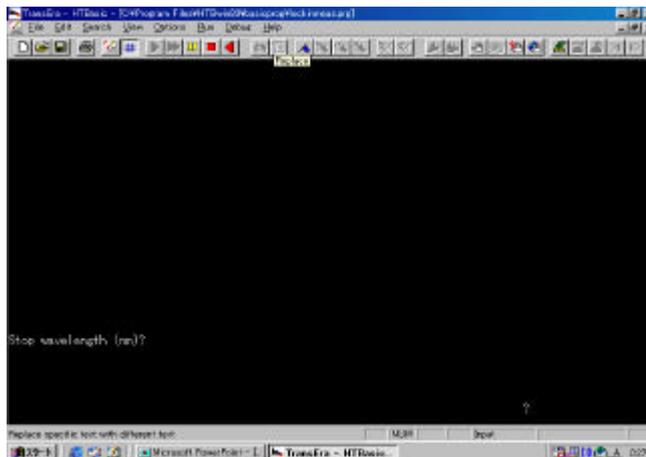


図 b

図 c では Step of length(nm)?とあり、何(nm)ずつ刻んで測定していくかを決める。ここでは、20(nm)に設定。

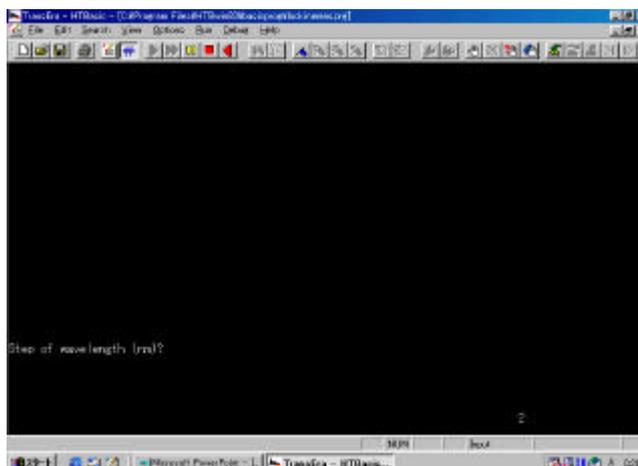


図 c

次に、図 d で最大出力電圧を設定する。パソコンには Maximum output voltage(mV)?と表示される。この時は 30(mV)に設定。

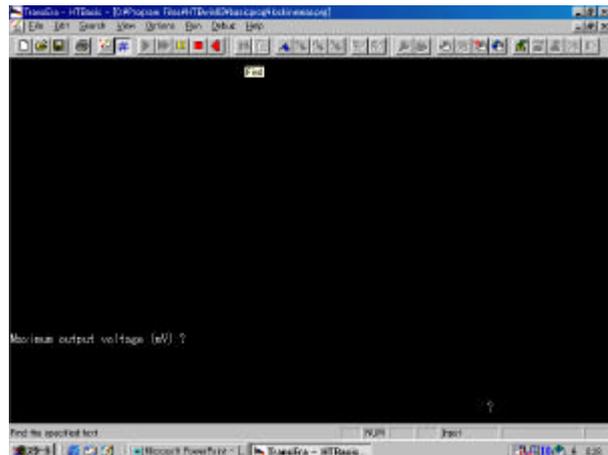


図 d

図 e では測定値をグラフにするために、グラフの種類を選択する。画面上には、What kind of graph do you want to draw? Linear(1) or Log-linear(2)と表示される。もし、縦軸が数値がいいなら、1 を押せ。対数がいいなら 2 を押せ。というプログラムである。この時は 2 を押し縦軸を対数にした。

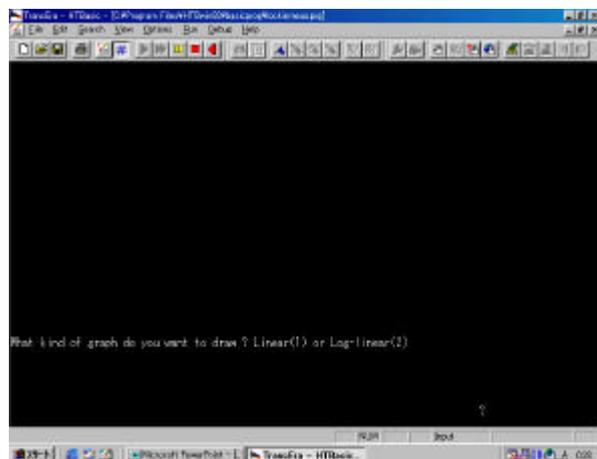


図 e

次に図 f は測定準備ができた後の始めの画面である。CRT 画面上全体にグラフが表示され見やすくなっている。左上に表示されている Wavelength 700(nm)は次の測定は 700(nm)です。という知らせである。さらに左下で OK?とある。今設定している波長で測定してもいいですか?という意味である。よければ Enter を押すと測定が始まる。

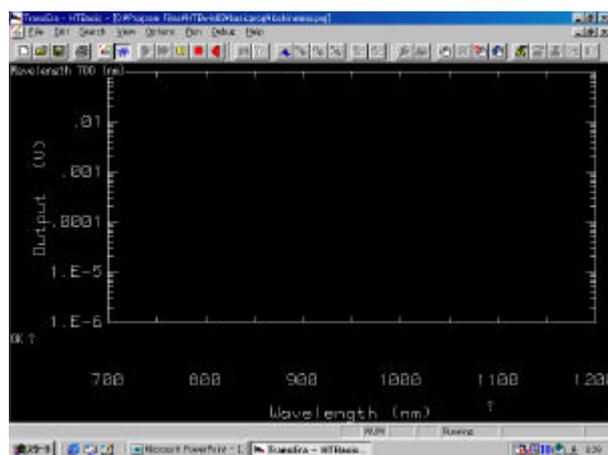
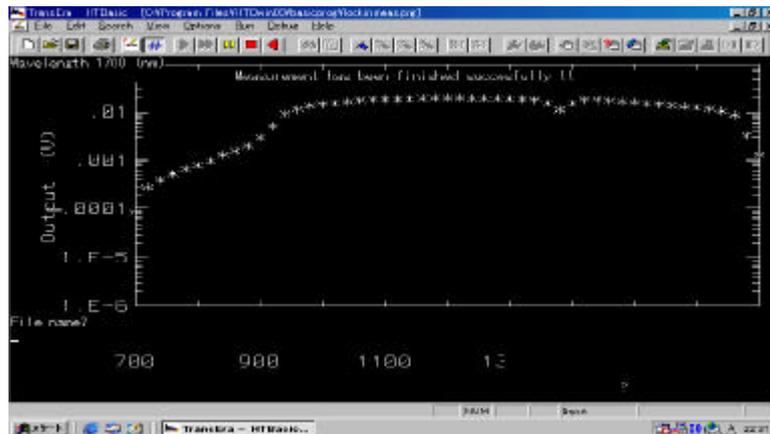
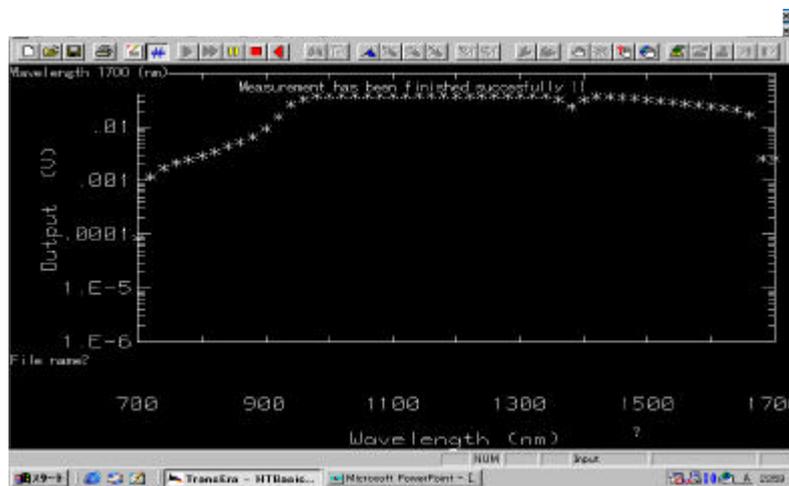


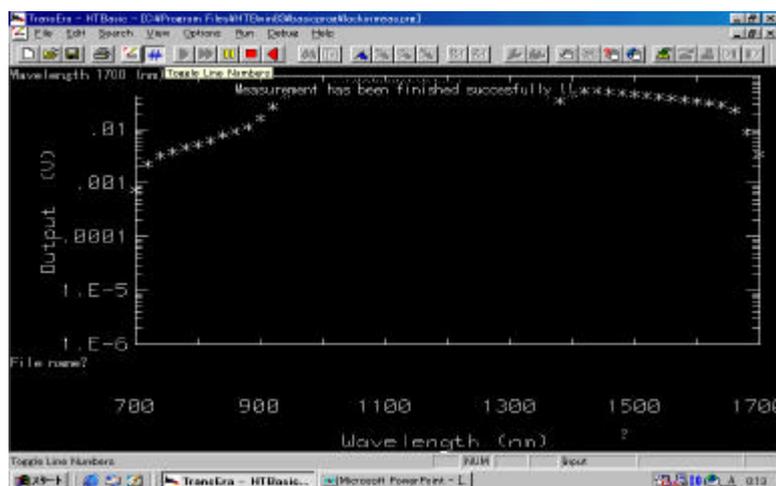
図 f



50(W)CRT 表示



100(W)CRT 表示



150(W)CRT 表示

3 - 1 2 . 結果

この実験の測定結果で波長・電圧特性グラフが書けた。プログラムによる CRT の画面は考察でプログラムの説明で表示する。なぜ、図 3 - 9.b の測定結果から、図 3 - 9 . C のグラフができたかということ、相対感度とは最大電圧の値で全ての電圧を割った値のグラフで、最大電圧に対する割合である。この特性グラフはランプの特性と分光器の特性が入っている。従って、正確なフォトダイオードの特性ではなかった。

3 - 1 3 . 実験内容

前の実験ではどうしてもランプと分光器の特性が入ってしまい正しいフォトダイオードの測定グラフができなかった。この実験ではまず、Power (W) と波長の測定をして、その結果と 3 - 8 で行った実験データからフォトダイオードだけの分光感度特性を求めた。

3 - 1 4 . 実験

環境 : 室温

使用器具 : ORIEL CONTANT CURRENT POWER SUPPLY

分光器 (Acton Research Corporation Spectra Pro-300i)

OPTICAL MULT POWER METER

準備 始めに使っていた InGaAs フォトダイオードは、Power(W)を測れないため Power が測れる Optical Sensor(0.8~1.75um)に取り替えた。また、波長(nm),Power(W)が測定できるプログラムを作成。この実験は 3 - 9 の実験装置とほとんど同じである。Power Meter を取り付け電圧・波長の測定から、Power (W)・波長の測定に変えた。

3 - 1 5 . 測定

3 - 1 0 と同じ値の 50(W),100(W),150(W)、20(nm)刻みで測定。波長は Power Meter が 700(nm)は測定できないため、800(nm)から測定した。

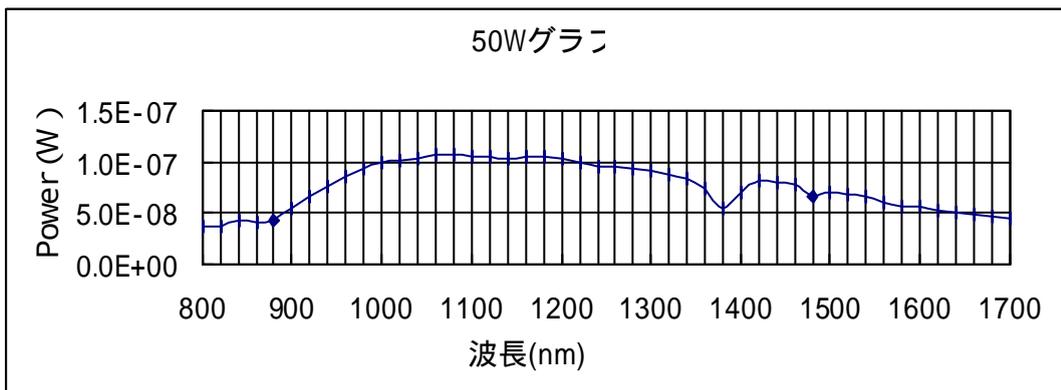
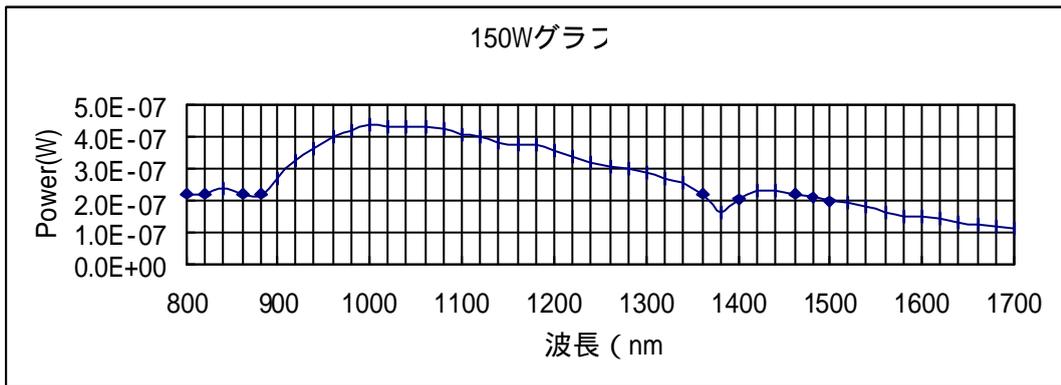
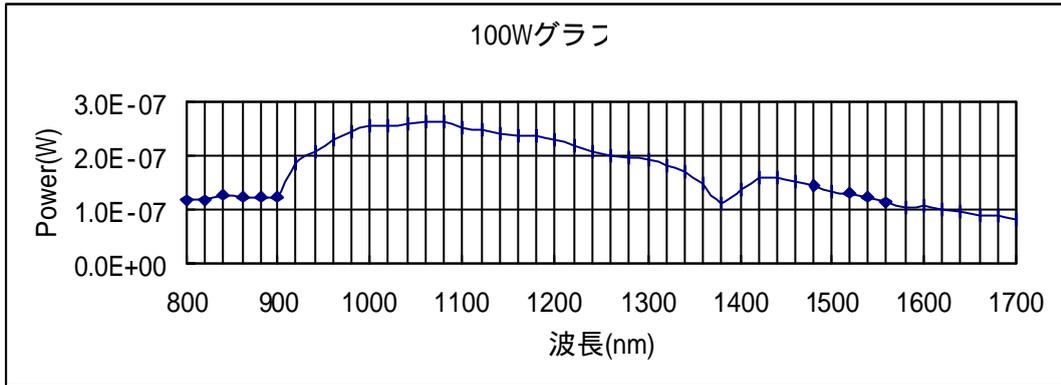


図 3 - 1 3 . a 50,100,150(W)の測定グラフ

図3 - 13 . a の測定結果と図3 - 9 . b の測定結果を利用してフォトダイオードだけの特性グラフを求めた。

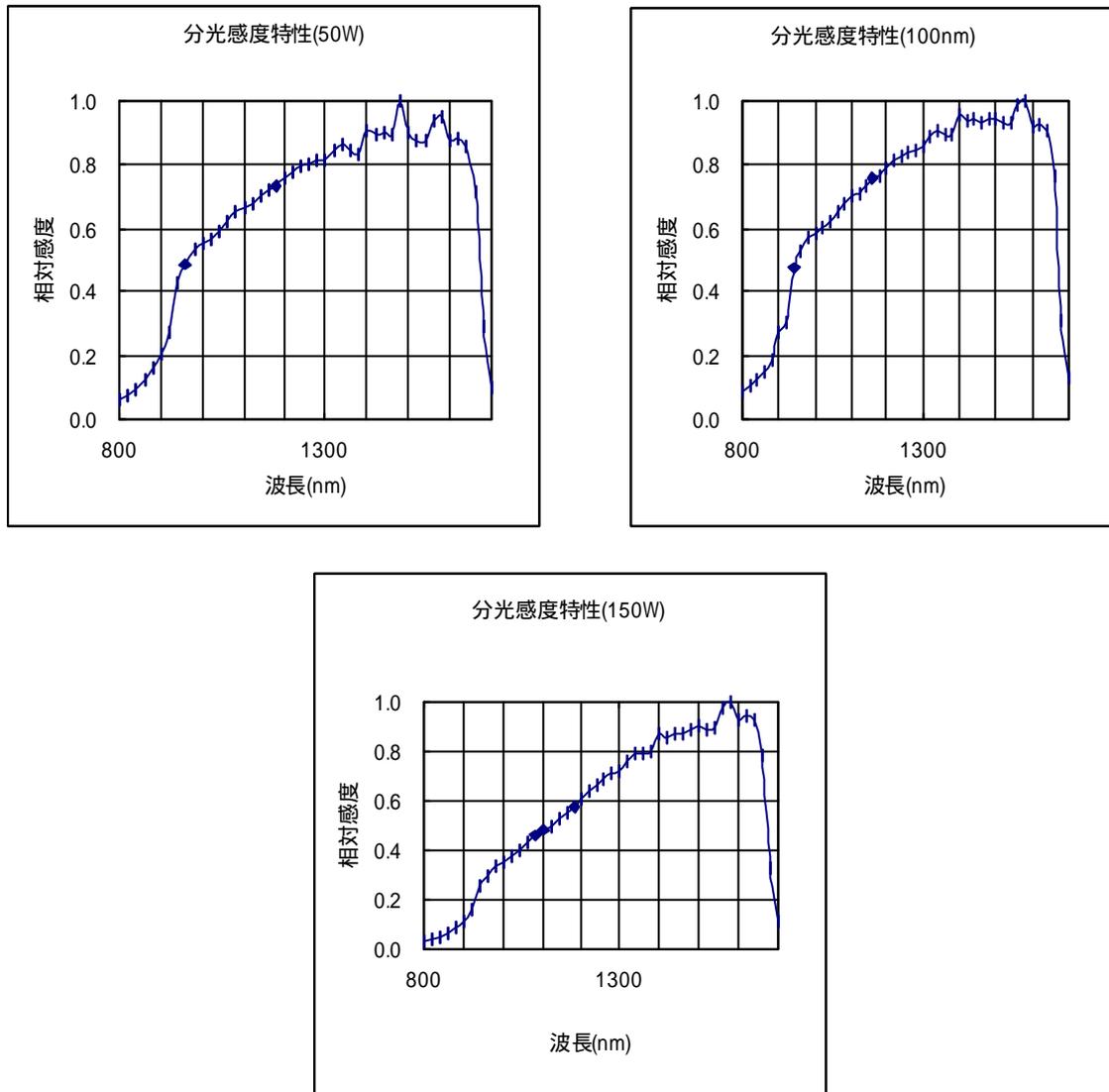


図3 - 13 . b 50,100,150 (W) の分光感度特性グラフ

3 - 16 . プログラムの実行手順

ここでも前と同様にどのように進むかをパソコン上の画面を表示しながら説明する。

ここでは、他の実験と同じように右図にプログラムを実行させた時の画面を順番にならべている。図 a の Do you want to draw a graph?はキーボードの 1 を押せば、以下のように進む。2 を押すと途中過程なしに、図 e になる。

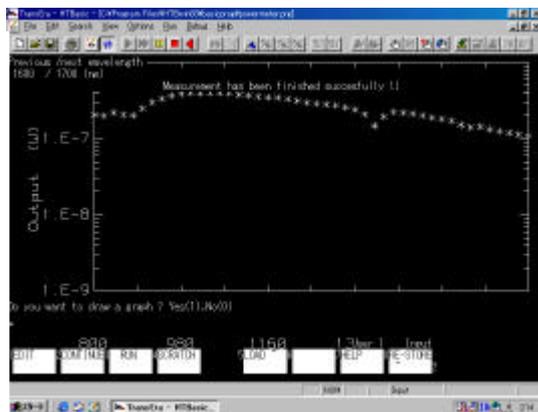


図 a

図 b は Maximum output power(mW)?は縦軸の Power を最大値をいくらにしてグラフにするか。ということで、ここでは 0.01(mW)にした。これで値を何にするかでグラフの表示の仕方が変わってくる。

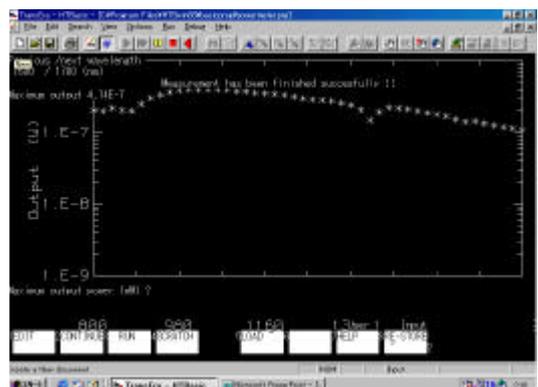


図 b

図 c は、What kind of graph do you want to draw?で縦軸を数値にするか、対数にするかを選択する。ここでは縦軸の値が小さいため、2 を選択した。

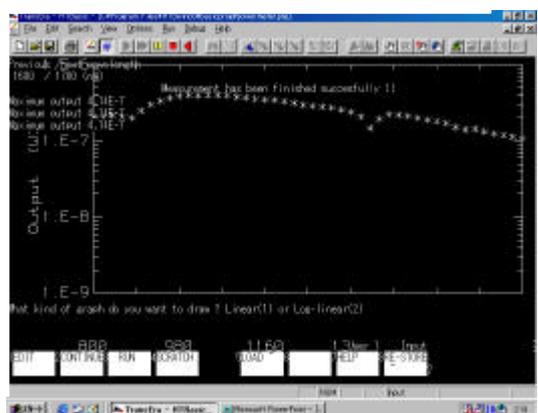


図 c

図 a,b,c まで終わり、このグラフで良いと思うなら、0 を押す。まだ編集をしたいなら、1 を押すとまた図 a の所からの選択となる。画面上の左上は 3 回やり直したから 3 つ Maximum output が表示されている。

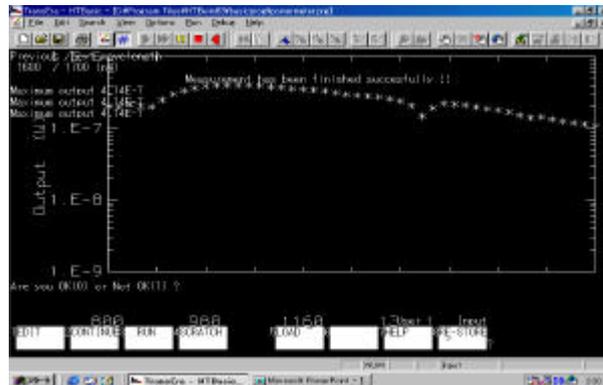


図 d

図 d で 0 押したら右の画面になり、File name? と表示される。そこに保存したい名前を入れる。長い File name にしてしまうと error になってしまい、保存ができなくなってしまう。

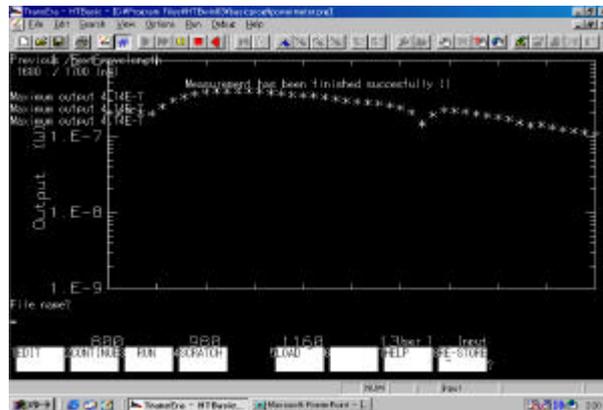
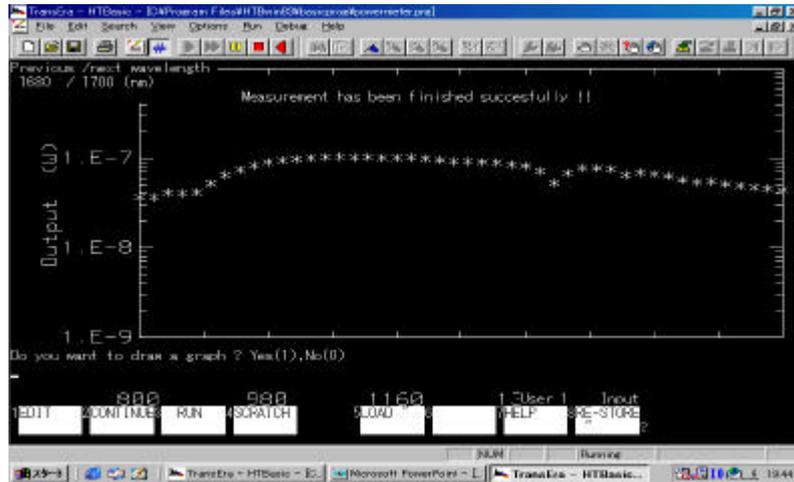
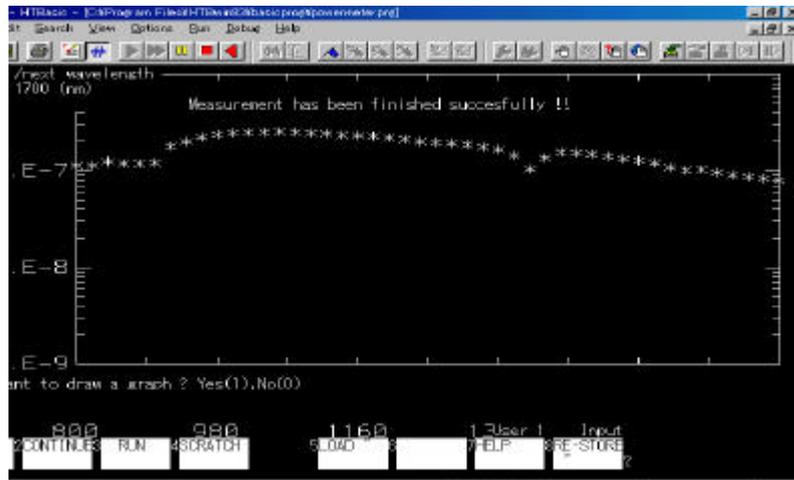


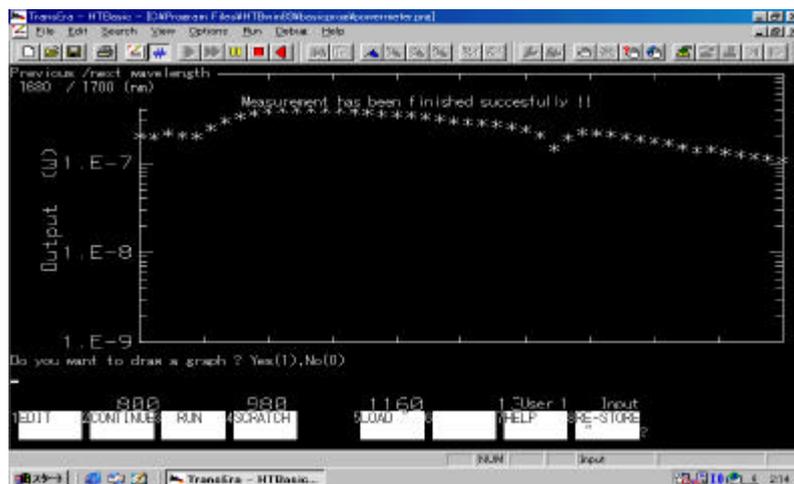
図 e



50(W) CRT 表示



100(W) CRT 表示



150(W) CRT 表示

図 Power(W)・波長 (nm) グラフ

3 - 17 . 結果

3 - 11 . b でランプの特性と分光器の特性を除いた分光感度特性グラフがとれた。この求め方は、Power(W)の測定値のそれぞれの値と電圧の測定値のそれぞれの値を割り算して、その割り算の結果の最大値でそれぞれの値を割る。そうするとこのようなグラフが求める事ができる。波長 1400~1600(nm)の付近は少し誤差がでている。

3 - 18 . 実験内容

前の実験で 1400 から 1600(nm)付近の測定結果が少し誤差がでているようであった。しかし、100(W),150(W)ともにグラフは重なり正しい測定結果のようでもあり、それを確かめるために、1400 から 1600(nm)の間で一回の測定をするのに、5 回測定を行いその平均をとるプログラムを作成しその測定結果をグラフにする。

3 - 19 . 実験

環境：室温

使用器具：ORIEL CONTANT CURRENT POWER SUPPLY

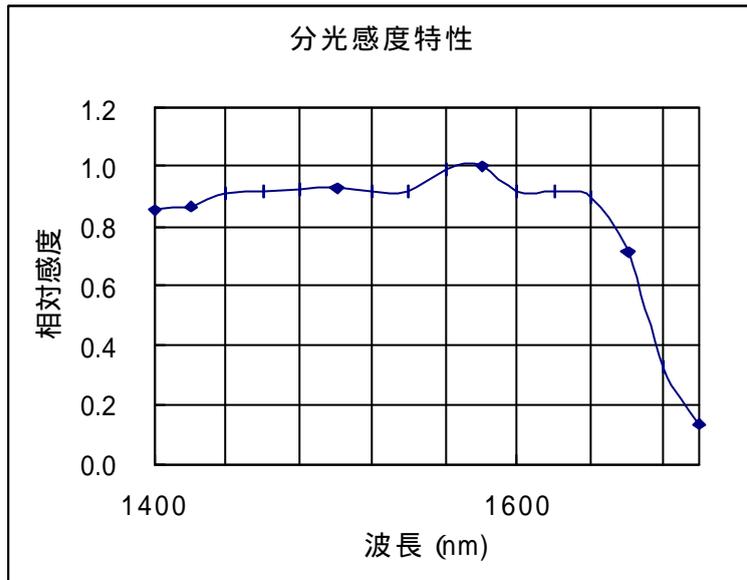
分光器(Action Research Corporation Spectra Pro-300Ii)

OPTICAL MULT POWER METER

準備 前の実験と同じで違うのは平均値をとるため、同じ値を 5 回測定できるプログラムをつくり測定。

3 - 2 0 . 測定

150(W)で 1400 から 1700(nm)までを 20(nm)刻みで測定。ただし一点に対し 5 回測定しその平均をとる。



3 - 2 1 . 結果

平均をとり測定を行ったが、このような分光感度特性になった。おそらく誤差はあるのだろうが、1530 から 1600(nm)あたりの測定結果は正しいものである。なぜこのような結果になるのかはわからなかった。

3 - 2 2 . 考察

始めにはランプからチョッパーを通してフォトダイオードの特性を調べていた。結果として、1380~1400(nm)辺りで急に電圧が下がる、想像していない形のグラフになった。そしてそれはランプの特性や分光器の特性が入っているからだと学び、3 - 1 1 の方法で測定した。結果としてグラフの形状は参考文献などで見るような形にはなった。

今はまだ波長はすべて入力して測定した。波長の入力も自動できればほとんど手作業は無くなってしまおう。プログラムに関しては、最後の File name?の後 error がでてでも保存はできるように、またグラフも自動的に認識して対数をとるか数値をとるかを考え、数値の表示の仕方もグラフの点と重ならないようにすれば、もっと測定が楽しになると私は考えた。

おわりに

本研究において得られた結果とその考察を以下に示す。

1 . BASIC でプログラムを Si フォトダイオードの順方向、逆方向の電圧・電流特性を自動計測により調べることで、示された測定結果、グラフで GP-IB は正しく測定をしていることが確かめられた。

2 . 第一章で正しい測定値を示した GP-IB を用い、実際に InGaAs フォトダイオードの波長・電圧、波長・Power のプログラムを作成し実験を行い、その正確な測定結果、グラフで、本研究室で分光器を用いる実験の測定においてこのプログラムは役立つことが確かめられた。

これからの研究室で行う光通信における測定実験でこのプログラム・構成は利用されるとよい。

本研究で作成したプログラムは正確な測定値を示すが、初めに設定する値が小さすぎたり、大きすぎると、測定結果によってはグラフにならない場合もある。この論文作成する研究時間内ではできなかったが、測定結果別のグラフ自動選択ができるプログラムを作成すること、また他言語でのプログラムの作成を今後の課題にしたいと考える。

また、最後にとった分光感度特性がなぜ 1580 から 1600(nm)ではあのような測定結果になるのか分からなかったので今後フォトダイオードを調べる実験を行う人に調べてもらいたい。

参考文献

亜樹智取 /GP-IB プログラミング入門/工学図書株式会社/1994

大津元一/入門レーザー/裳華房/1997

BASIC テキスト/横河・ヒューレット・パカード株式会社

ウィリアム B ジョーンズ/光ファイバー通信システム入門/1990

中井貞雄/レーザー工学/1999

謝辞

本研究を進めるにあたり、日ごろからご指導ご鞭撻を頂きました原学科長をはじめ、工科大学電子・光システム工学科の教職員の皆様に感謝致します。特に、本研究を行うにあたり時に厳しく、時に暖かいご指導、ご教示を賜りました神戸宏教授に心から感謝致します。また、プログラム作成において助言を頂きました河津教授、研究室の皆様にも深く感謝致します。

最後に本研究を進めるにあたり助言を頂いた同研究室の仲間に、共に研究を進め多くの御討論を頂いた皆様に深く感謝致します。