

電子情報工学実験報告

実験 3 光ファイバ通信の基礎

報告者：5D-25 永安 佑希允
共同実験者：林直輝，吉澤泰士
指導教官：畠山教官

実験日：2000 年 05 月 01 日
提出日：2000 年 05 月 09 日

1 目的

光ファイバの構造パラメーターの測定や光ファイバ同士の接続実験を行うことにより伝送路としての光ファイバの基礎を理解する。

2 実験事項及び方法

2.1 LD,LED の発光特性実験

LD と LED の光源ユニットを用い、駆動電源電流に対する光出力特性を求める。

2.2 光源出力面での光パワー角度分布の測定

LD と LED の光源ユニットに対し、光ファイバを用いず直接出力面で、光パワー角度分布を測定する。方法については 2.3 とほぼ同じ。

2.3 光ファイバ出力端子面での光パワー角度分布の測定

1. 光源ブロックに光ファイバコードをコネクタで接続し、反対側をファイバブロックに接続する。光ファイバ端から出た光をセンサに入射させる。用いる光ファイバは多モード光ファイバである。
2. 光ファイバ端を図 1 のように回転台の中心に置く。この時光ファイバ端とセンサの中心が同じ高さになっていることを確認する。センサの前にピンホールを取り付ける。
3. 光パワーメーターからの出力をレコーダーの Y 軸に、回転出力を X 軸に接続し、センサ部を回転させて光ファイバからの出力パワー分布を測定する。

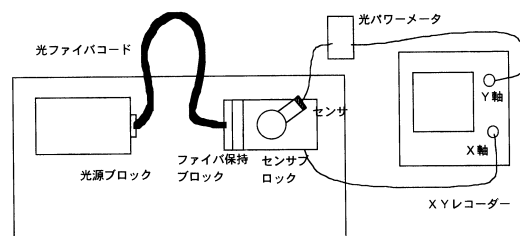


図 1: 光パワー角度分布測定

2.4 LD,LED の光出力スペクトルの測定

LD 及び LED にと付属のコネクター付き光ファイバをコネクターで結合し、出力側を光スペクトラムアナライザーに結合しそのスペクトルを測定する。

2.5 光ファイバ間の接続損失測定

2本の光ファイバ（一方は光源ブロックと接続したもの、もう一方は1m程度に切ったもの）を用い、図2に示すように2つの光ファイバ軸が一致するように一方は固定台にもう一方は微動台にセットし、結合効率が最大となるように位置を微調整する。最大の結合効率が得られた微動台の位置を微動台の付属のマイクロメーターで読み取り記録しておく。同時にその時の光パワーも記録しておく。その位置から一方の光ファイバを他方に対して光ファイバ軸と直角にずらして行き、光ファイバ間の軸ズレ距離に対する光強度変化を測定する。軸ズレは最大で $25\mu\text{m}$ 程度で良い。光ファイバをずらす時は他方の光ファイバと接触しないように多少隙間を空ける（実体顕微鏡で光ファイバ接続部を観察しながら設定する）。

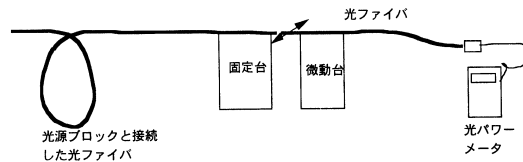


図 2: 光ファイバ軸ズレ損失測定

光ファイバのコア径で規格化した規格化軸ズレ量に対する接続損失をdBで示しグラフにする。接続損失は、最大結合効率が得られた値を0dBと基準とし、接続部以降の光ファイバ伝送損失は無視して算出する。

この実験を、光源ブロックをLDとLEDの2つの場合で測定し、違いを調べる。光源ブロックに接続するコネクタは多少回転させ、パワーが最大になるところで止める。

3 実験結果の整理および検討

3.1 LD,LED の発光特性実験

結果を、図11および図12に示す。

LEDは最初の部分を除いて線形性がみられたのに対し、LDの場合は非線形特性となった。いずれも、今回の実験では光パワーが飽和状態になることはなく、まだまだ上がり続けそうであるが、もしあのままパワーを上げるとどうなるのであろうか。今後機会があれば調べてみたい。が、光源自体が壊れてしまうのではないかと予想される。

3.2 光源出力面での光パワー角度分布の測定

結果を図13及び図14に示す。

LDからの光は指向性が高いのに対し、LEDからの光は散乱している傾向がある。この結果が、3.3の結果の原因となっている。

3.3 光ファイバ出力端子面での光パワー角度分布の測定

結果を、図13及び図14に示す。

光ファイバを通さない場合の実験と同様、LDからの光は指向性が高いのに対し、LEDからの光は散乱している傾向がある。

しかし、光ファイバを通さない場合と比べて、より限られた範囲の角度の光しか存在しなくなったことがわかる。これは、光ファイバ内に入射したものの、全反射できる角度ではなかったために光ファイバを通過できなかった成分があるものと考えられる。

3.4 LD,LEDの光出力スペクトルの測定

結果を、図4及び図5に示す。

LDの光は、波長 $0.67\mu\text{m}$ 程度の光のみが存在するのに対し、LEDの光は同程度の波長だがもう少し広い範囲に分布している傾向がわかる。

ピーク点での光の強さは、LDの方がLEDに対して数倍高い。

3.5 光ファイバ間の接続損失測定

3.5.1 結合効率の理論値

光ファイバが軸ズレして接続しているときの結合効率 η は図3の配置において、コア内での光パワーは一樣に分布しているとして、ステップインデックス型光ファイバの場合、

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} = \frac{S'}{S} = \frac{16n_1^2}{(1+n_1)^4} \left(1 - \frac{2x}{\pi a}\right) \quad (1)$$

グレーテッドインデックス型光ファイバの場合、

$$\eta = \frac{16n_1^2}{(1+n_1)^4} \left(1 - \frac{8x}{3\pi a}\right) \quad (2)$$

と表される。ただし、光は左から右へ伝搬するとして、 P_i は左側のファイバ内の光パワー、 P_o は、右側ファイバに伝搬した光パワー、 S はコアの断面積、 S' は2つのコアがオーバーラップした部分の面積、 x は軸ズレ量、 a はコア半径である。

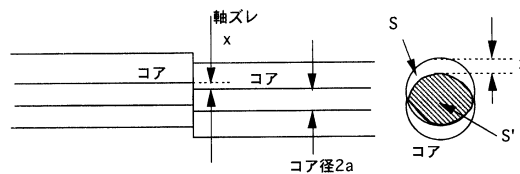


図3: 軸ズレ接続している状態

ここで、係数

$$\frac{16n_1^2}{(1+n_1)^4} \quad (3)$$

は、光ファイバの間に空気層がある場合の、空気層の反射によるフレネル損失を示す。接続部にマッチング液を浸けるとフレネル損失は無視できる。そのときの接続損失を dB で表示すると、ステップインデックス型光ファイバの場合、

$$L(\text{dB}) = -10 \log \left(1 - \frac{2x}{\pi a} \right) \quad (4)$$

グレーテッド インデックス型光ファイバの場合、

$$L(\text{dB}) = -10 \log \left(1 - \frac{8x}{3\pi a} \right) \quad (5)$$

と表される。

3.5.2 理論値と実際値の比較

さて、この理論値と実際値との比較を、図 10 に示す。

理論値と比較して実際値は、結合効率が落ちていないことがわかる。特に、LD よりも LED に関して、その傾向が顕著だといえる。

この理由としては、光ファイバ内での光は、その全てが光ファイバと平行には伝わっていないことが考えられる。この点が理論計算との違いで、実際には光ファイバと平行に進んでいる光もあるし、光ファイバ内を反射しながら進む光もある。その成分分布は 3.3 を参照。

LD よりも LED の方が、角度の大きい成分が多く含まれているので、軸ズレが発生しても結合効率がさほど落ちなかったと考えられる。

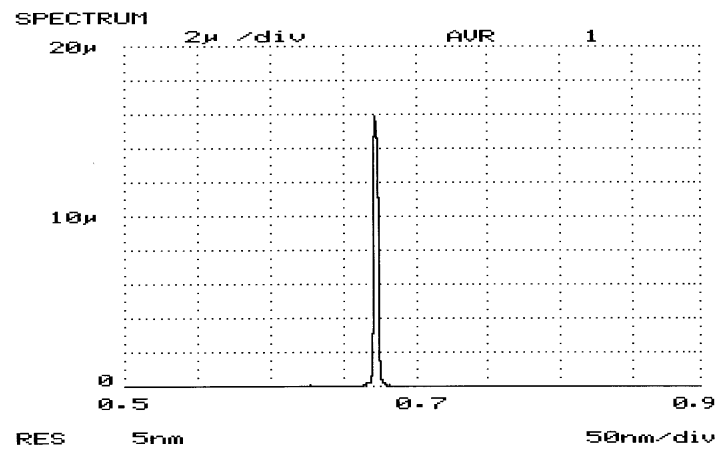


図 4: LD の光出力スペクトル

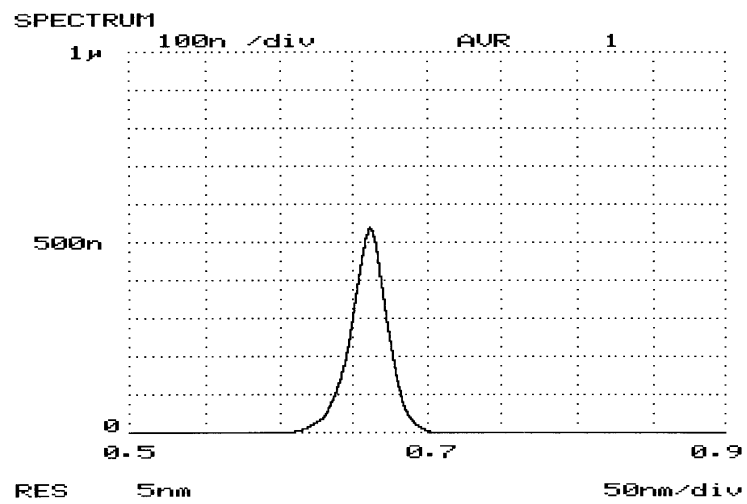


図 5: LED の光出力スペクトル