

高分子光導波路の試験方法

JPCA-PE02-05-01S-2008

本 J P C A 規格には、産業財産権の対象となるものが含まれている可能性があることに注意が必要である。
J P C A 規格の発行者は、このような産業財産権の一部又は全部を特定する責任を負うものではない。

光電子回路実装標準化推進委員会

(順不同・敬称略)

| | | | |
|--------|---|------|---------------------------------------|
| 委員 | 長 | 中野義昭 | 東京大学 |
| 幹事 | | 高原秀行 | NTTアドバンステクノロジー(株) |
| 書記 | | 柴田明一 | (株)日本電子回路工業会 |
| 委員 | | 有島功一 | NTTエレクトロニクス(株) |
| 〃 | | 池上嘉一 | 古河電気工業(株) |
| 〃 | | 茨木修 | (株)エレクトロニクス実装学会 |
| 〃 | | 海津勝美 | 三和電気工業(株) |
| 〃 | | 熊井晃一 | 凸版印刷(株) |
| 〃 | | 柳町成行 | 日本電気(株) |
| 〃 | | 佐藤俊哉 | 日本電信電話(株) |
| 〃 | | 塩田剛史 | 三井化学(株) |
| 〃 | | 辻伸二 | (株)日立製作所 |
| 〃 | | 中川進 | ヒロセ電機(株) |
| 〃 | | 東浦健一 | アイカ工業(株) |
| 〃 | | 布施憲一 | InterFusion |
| 〃 | | 舟田雅夫 | 富士ゼロックス(株) |
| 〃 | | 若園芳嗣 | イビデン(株) |
| リジョン委員 | | 梅垣淳一 | (株)電子情報技術産業協会 実装技術標準化専門委員会 日本電気(株) |
| オブザーバ | | 平野隆之 | (財)光産業技術振興協会 |
| 事務局 | | 栗原正英 | (株)日本電子回路工業会 |
| 〃 | | 小泉徹 | (株)日本電子回路工業会 |
| 〃 | | 小幡高史 | (株)日本電子回路工業会 |
| 〃 | | 山本貴啓 | (株)日本電子回路工業会 |

光配線板WG／高分子導波路リジッド光配線板SWG

〃／高分子導波路フレキシブル光配線板SWG

(順不同・敬称略)

| | | |
|--------------|-------|--------------------------|
| 光配線板WGリター | 塩田剛史 | 三井化学(株) |
| リジットSWGリター | 熊井晃一 | 凸版印刷(株) (規格改正task G リター) |
| フレキシブルSWGリター | 坪英一 | 富士ゼロックス(株) |
| 委員 | 宇野圭輔 | オムロン(株) |
| 〃 | 岡田純二 | 富士ゼロックス(株) |
| 〃 | 木村直樹 | (株)フジクラ |
| 〃 | 小林潤也 | 日本電信電話(株) |
| 〃 | 武信省太郎 | 旭硝子(株) (規格改正task G リター) |
| 〃 | 田尻浩三 | (株)日本触媒 |
| 〃 | 長木浩司 | 住友ベークライト(株) |
| 〃 | 津島宏 | 日本ペイント(株) |
| 〃 | 中芝徹 | 松下電工(株) |
| 〃 | 七井秀寿 | セントラル硝子(株) |
| 〃 | 南村清之 | (株)カネカ |
| 〃 | 橋口裕一 | JSR(株) |
| 〃 | 平野光樹 | 日立電線(株) |
| 〃 | 松岡康信 | (株)日立製作所 |

制定・改正：改正：平成20年6月

作成者：社団法人日本電子回路工業会（会長 安東 脩二）

この規格についてのご意見又はご質問は、(株)日本電子回路工業会（〒167-0042 東京都杉並区西荻北3-12-2 回路会館2階）Tel 03-5310-2020, Fax 03-5310-2021, e-mail : std@jpca.orgへ連絡して下さい。

JPCA規格

高分子光導波路の試験方法

Test Method for Polymeric Optical Waveguide

JPCA-PE02-05-01S

1. 適用範囲 (Scope) 本規格は、高分子光導波路の試験方法に関するものである。ただし、プレーナ導波路、プラスチック光ファイバは除く。

2. 引用規格 (Normative references)

- ・ 一般事項 : IPC-0040 Optoelectronics Assembly and Packaging Technology
- ・ 光ファイバに関する規格 : IEC 60793 Optical Fibers
 - JIS C 6822 マルチモード光ファイバ構造パラメータ試験方法
 - JIS C 6825 シングルモード光ファイバ構造パラメータ試験方法
 - JIS C 6832 石英系マルチモード光ファイバ素線
 - JIS C 6833 多成分系マルチモード光ファイバ素線
 - JIS C 6834 プラスチッククラッドマルチモード光ファイバ素線
 - JIS C 6837 全プラスチックマルチモード光ファイバ素線
- ・ プリント配線板試験方法 : JIS C 6481 プリント配線板用銅張積層板試験方法
 - JIS C 5012 プリント配線板試験方法
 - JIS C 5016 フレキシブルプリント配線板試験方法
 - JIS B 7507 ノギス
 - JIS B 7502 外側マイクロメータ
 - MIL-STD-883 Test Method, Microcircuits
 - JEDEC STANDARD JESD22-A102-C Accelerated Moisture Resistance –Unbiased Autoclave
- ・ 光配線板 : JPCA-PE02S 光配線板通則
 - JPCA-PE02-05-02S 光導波路を用いた光配線板の寸法測定方法
- ・ 石英ファイバフレキシブル光配線板 : JPCA-PE02-01-05S 石英ファイバフレキシブル光配線板の試験方法
- ・ 光導波路 : ISO 11807 Integrated Optics - Vocabulary -
 - ISO 14881 Integrated Optics - Interface -

3. 用語 (Terms and Definitions) 以下に規定する用語以外は、JIS C 6822, JIS C 6825, IPC-0040, JIS C 6832, JIS C 5012, JIS C 6481, JPCA-PE02S, JPCA-PE02-05-02S, ISO 11807, ISO 14881 を参考とする。

- (1) 高分子光導波路 高分子樹脂で作られた光を伝送する媒体の総称。
- (2) 耐伝搬光試験 コアを伝送する信号光によって、コアに特性劣化を引き起こす不可逆変化を生じさせるかどうかを評価する試験のことをいう。
- (3) 耐紫外線試験 光導波路全体あるいは一部に照射された紫外線によって、コアあるいはクラッドに特性劣化を引き起こす不可逆変化を生じさせるかどうかを評価する試験のことをいう。

4. 測定方法 (Measurement Methods)

4.1 測定環境条件 温度 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 、湿度 60%RH 以下に制御された室内で測定を行う。サンプルを測定環境条件下に放置後、2 時間以上 24 時間以内に行う。

挿入損失測定において水分の影響を受ける波長を使用する場合は、測定前処理として 100°C あるいは絶対最大定格温度で 2 時間以上放置する。ここでいう絶対最大定格温度とはその材料が安定的に特性を保持できる最大の温度のことをいう。吸水による挿入損失の影響を測定する場合は、Annex B に示す測定方法を用いることを推奨する。

4.2 外観検査 外観検査は、目視により外観、仕上がり等を調べる。拡大鏡使用の場合は、倍率 3 から 10 倍のものを用い、顕微鏡を用いる場合は、倍率 100 から 400 倍のものを用い、試料の異常の有無を調べる。

4.3 寸法測定 高分子光導波路の寸法の測定方法は、JPCA-PE02-05-02S (光導波路を用いた光配線板の寸法測定方法) を参照する。

4.4 開口数 以下に示すいずれかの測定方法を選択する。

- a) 光導波路の出射光のファーフィールドパターンを測定し、開口数を測定する。測定方法は、JIS C 6822 (マルチモード光ファイバ構造パラメータ試験方法)、JIS C 6825 (シングルモード光ファイバ構造パラメータ試験方法) とする。光導波路と光ファイバの光結合が必要なため、測定系は 4.6.1 の挿入損失の測定方法も参考にする。
- b) 開口数は、コアとクラッドの屈折率から次式により算出する。下式で n_1 はコアの屈折率、 n_0 はクラッドの屈折率とする。屈折率の測定波長を明確にする。屈折率の測定方法はアッベ法、プリズムカプラ法等を用いる。

$$\text{開口数 (NA)} = \sin^{-1} \sqrt{n_1^2 - n_0^2}$$

4.5 引き剥がし強度 光導波路と支持基板間との密着性、光導波路層間の密着性を評価することを目的とする。試験方法は、JIS C 5012 の 8.6.2 (基盤目試験) 又は JIS C 5012 の 8.1 (導体の引きはがし試験) のどちらか一方を選択する。

4.6 挿入損失 挿入損失は、光伝搬損失とその他 (曲げ、ミラー、光結合等による) 過剰損失からなる。挿入損失は使用した入出力光ファイバの種類、コア形状、開口数、光源の種類、波長に依存するのでそれらを明示する。

4.6.1 挿入損失の測定方法

(1) 装置

- a) 光学測定系 光源 (レーザ、発光ダイオード、白色ランプ等)、入射側の光ファイバ、出射側の光ファイバ、光パワーメータ、さらに、光ファイバと光導波路を調芯するための微動調芯ステージを用意して、図 4.6.1-1 に示すように構成する。
- b) 光ファイバ 入射側及び出射側の光ファイバには、IEC 60793-1-1 で規格化されているシングルモード、あるいはマルチモード光ファイバを用いる。

シングルモード光導波路の場合、入射側と出射側はシングルモード光ファイバを推奨する。マルチモード光導波路の場合、入射側の光ファイバのコア径、開口数は光導波路のコア内径、開口数とそれぞれ同等あるいは小さいものを推奨する。また、出射側光ファイバのコア径、開口数は光導波路のコア外径、開口数とそれぞれ同等あるいは大きいものを推奨する。コア内径、コア外径の定義は JPCA-PE02-01-05S (石英ファイバフレキシブル光配線板の試

験方法)を参照。入射側光ファイバと被測定光導波路のモードの組み合わせの例を表4.6.1-1に示す。

表 4.6.1-1 入射側光ファイバと光導波路のモードの組み合わせ

| 組み合わせナンバ | 入射側:光ファイバ | 光導波路 | 出射側 |
|----------|-----------|---------|---------------------|
| 1 | マルチモード | マルチモード | 出射光を光パワーメータにより,直接受光 |
| 2 | マルチモード | マルチモード | マルチモード光ファイバ |
| 3 | シングルモード | マルチモード | 出射光を光パワーメータにより,直接受光 |
| 4 | シングルモード | マルチモード | マルチモード光ファイバ |
| 5 | シングルモード | シングルモード | 出射光を光パワーメータにより,直接受光 |
| 6 | シングルモード | シングルモード | シングルモード光ファイバ |
| 7 | シングルモード | シングルモード | マルチモード光ファイバ |

(2) **準備** 標準サンプル (Annex Aを参照) を用意することを推奨する。測定の際必要であれば、光導波路と光ファイバとの結合用にマッチングオイルを用意する。マッチングオイルを使用することにより挿入損失の測定値のバラツキを低減させることができる。

(3) **測定** 図4.6.1-1(a)に示すように、入射側の光ファイバと出射側の光ファイバを対向させ、出射光強度を測定する。このとき、光パワーメータの読み(出射光強度)が最大となるように位置と角度を変えられる微動調芯ステージを用いて調芯する。この時の最大出射光強度が図4.6.1-1(b)において光導波路への入射光強度(Pin)となる。Pinの大きさは、光パワーメータの受光感度に依存するが、 $-10\sim 3\text{dBm}$ ($0.1\sim 5\text{mW}$)程度が好ましい。

更に、光導波路をセットし、入射側の光ファイバと光導波路の光入出力ポートを調芯、位置合わせを行う。このとき、光導波路の出射側の光入出力ポートは伝搬光に感度のあるカメラ等で、出射パターンを観察することが好ましい。このように粗く入射側を調芯した後、出射側を光ファイバで調芯、位置合わせを行い、光パワーメータの読み(出射光強度)が最大になるまで入射側と出射側を調芯し、得られた出射光強度を Pout とする。

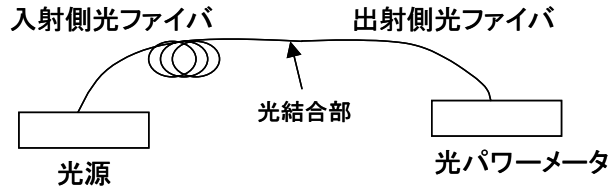
光パワーメータの受光部で直接受光とする場合、図4.6.1-1(c)に示すように、入射側の光ファイバと出射側の光パワーメータの受光部を対向させ、出射光強度を測定する。このとき、光パワーメータの読み(出射光強度)が最大となるように位置と角度を変えられる微動調芯ステージを用いて調芯する。この時の最大出射光強度が図4.6.1-1(d)において光導波路への入射光強度(Pin)となる。Pinの大きさは、光パワーメータの受光感度に依存するが、 $-10\sim 3\text{dBm}$ ($0.1\sim 5\text{mW}$)程度が好ましい。

更に、光導波路をセットし、入射側の光ファイバと光導波路の光入出力ポートを調芯、位置合わせを行う。このとき、光導波路の出射側の光入出力ポートは伝搬光に感度のあるカメラ等で、出射パターンを観察することが好ましい。このように粗く入射側を調芯した後、出射側を光パワーメータの受光部で調芯、位置合わせを行い、光パワーメータの読み(出射光強度)が最大になるまで入射側と出射側を調芯し、得られた出射光強度を Pout とする。

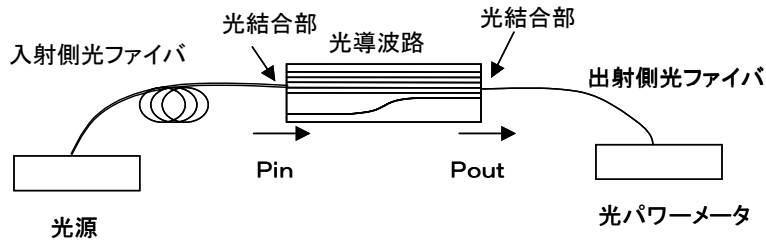
(4) 評価 式①, ②のどちらかにより, 挿入損失を算出する。

単位を dBm とした場合, 挿入損失(dB) = $P_{in}(dBm) - P_{out}(dBm)$ ①

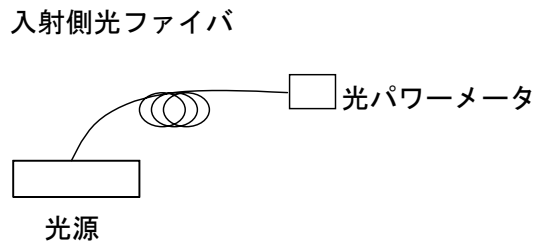
単位を mW とした場合, 挿入損失(dB) = $-10 \cdot \log\{P_{out}(mW) / P_{in}(mW)\}$ ②



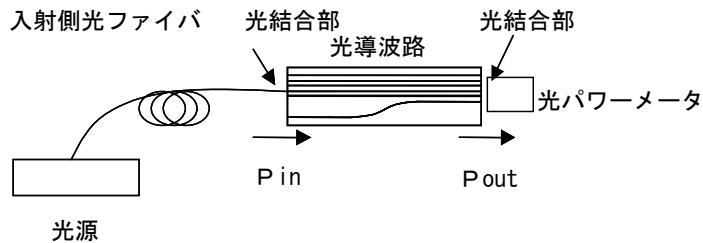
(a) 光導波路への入射光強度 (P_{in}) の測定 (出力側: 光ファイバ使用の場合)



(b) 光導波路挿入時の光損失測定 (出力側: 光ファイバ使用の場合)



(c) 光導波路への入射光強度 (P_{in}) の測定 (出力側: 光パワーメータ使用の場合)



(d) 光導波路挿入時の光損失測定 (出力側: 光パワーメータ使用の場合)

図 4.6.1-1 挿入損失測定光学系及び測定手順

4.6.2 単位長さあたりの光伝搬損失の測定方法 単位長さあたりの光伝搬損失の測定方法には、カットバック方法と簡易方法の2種類がある。カットバック方法において、切断される光導波路パターンは直線部分とする。簡易方法においては、直線光導波路を用いる。

4.6.2.1 カットバック方法

- (1) 装置 4.6.1の挿入損失の測定方法に同じ
- (2) 準備 4.6.1の挿入損失の測定方法に同じ
- (3) 測定 4.6.1の挿入損失の測定方法と同様に、挿入損失を測定する。次に、光導波路を切断し、同様に挿入損失を測定する。このとき、測定ばらつきよりも大きい挿入損失の変化となるように光導波路切断長を選択する。例えば目安として0.2dB以上の挿入損失の変化になるように切断長を選択する。切断する方法は、ダイシングソー、カッター等色々考えられるが、統一した方法で切断し、場合によっては光導波路端面を研磨する。挿入損失の測定前に、JIS B 7507（ノギス）に規定されたノギス等を用い、光導波路長さを測定する。3回以上光導波路の長さを変えて、各長さでの挿入損失を測定する。
- (4) 評価 各光導波路長さで測定した挿入損失を、横軸を光導波路長さ、縦軸を挿入損失の形でプロットし、最小二乗法により、傾きを求める。このとき、傾きが光導波路の単位長さあたりの光伝搬損失(dB/cm)となる。

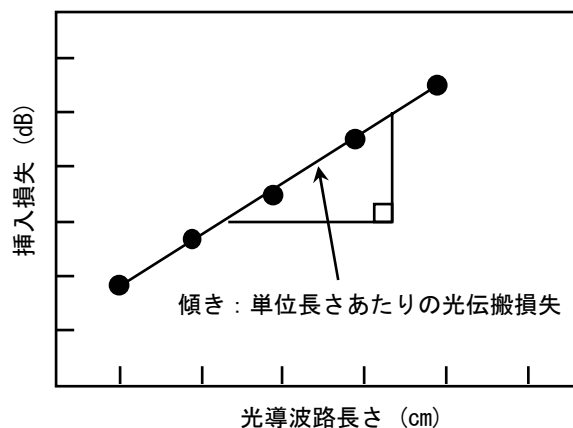


図4.6.2-1 単位長さあたりの光伝搬損失の測定結果の例（カットバック方法）

4.6.2.2 簡易方法

- (1) 装置 4.6.1の挿入損失の測定方法に同じ
- (2) 準備 4.6.1の挿入損失の測定方法に同じ
- (3) 測定 4.6.1の挿入損失の測定方法と同様に、挿入損失を測定する。挿入損失の測定前に、JIS B 7507（ノギス）に規定されたノギス等を用い、光導波路長さを測定する。測定した光導波路の長さを明示する。
- (4) 評価 測定した挿入損失を光導波路長さで割る。その結果を光伝搬損失とする。ただし、この場合、光伝搬損失は光結合損失等を含んだものであるため、光結合損失が小さい場合、あるいは、光結合損失が無視できるくらい長い光導波路の測定の際には有効である。

4.6.3 ミラー損失の測定方法 ミラー損失は、光導波路コア内を伝搬している光がミラー面にて反射するときの反射損失（透過成分、散乱成分）とする。反射光を捕捉する側に光ファイバを用いる場合、なるべく大きな径の光ファイバを

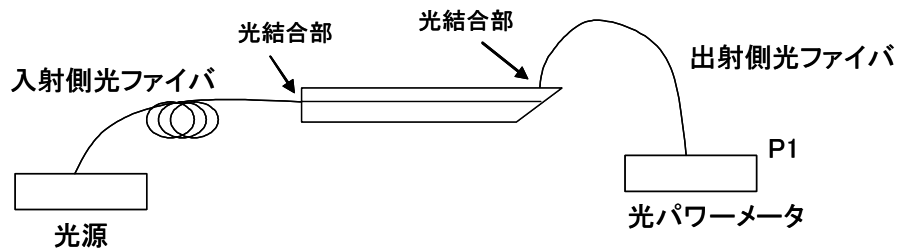
選択する。

(1) 装置 4.6.1の挿入損失の測定方法と同じ

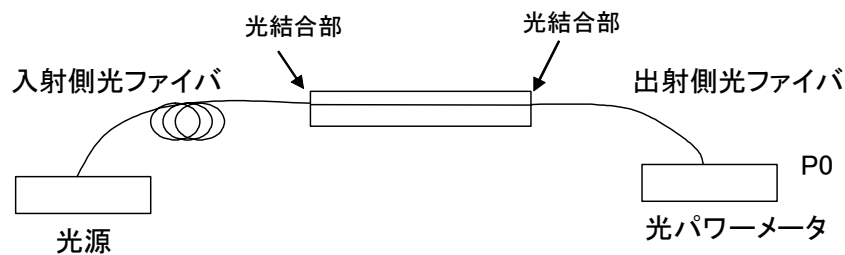
(2) 準備 35mm以上の長さのミラー損失用の標準サンプル (Annex A参照) を用意することを推奨する。一方の光入出力ポートがミラー面になっており、もう一方の光入出力ポートは、垂直端面に (図4.6.3-1(a)) になっている。測定の際必要であれば、光導波路と入射側光ファイバとの結合用にマッチングオイルを用意する。ただし、反射光を捕捉する側にはマッチングオイルを用いないことを推奨する。

(3) 測定 図4.6.3-1(a), 図4.6.3-1(c)に示したように、入射側の光ファイバを垂直端面側に合わせ、光を入力する。受光側の光ファイバ、あるいは光パワーメータの光検出部分を、ミラーからの反射光が捕捉できるようにセットする。このとき、検出された光強度をP1 (dBm)とする。次に、図4.6.3-1(b)のように、ミラー部のみをダイシングソー等の手法により切断する。このとき、カットした光導波路の長さ分の光伝搬損失は無視する。場所により、ダイシングソーでカットできない場合、同じ長さの直線かつ両光入出力ポートとも垂直端面である光導波路を用意しても良い。ただし、光導波路間の光伝搬損失のばらつきの影響を受けることに注意が必要である。どちらを選択したか明示する。次に、先ほどと同じ入射側の光入出力ポートに、入射側の光ファイバを合わせ、光を入力する。もう一方の加工された垂直端面に先ほど用いたものと同じ光ファイバあるいは光パワーメータの光検出部分を合わせ、光導波路からの出射光を検出する。検出された光強度をP0 (dBm)とする。

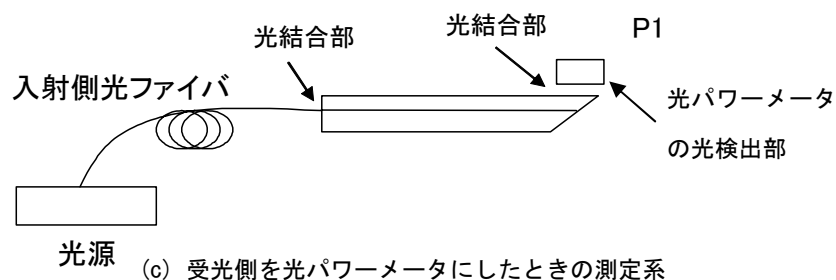
(4) 評価 ミラー損失 (dB) は、 $P0 \text{ (dBm)} - P1 \text{ (dBm)}$ で算出する。



(a) ミラー損失の測定系



(b) ミラー部を切断した後の挿入損失の測定系



(c) 受光側を光パワーメータにしたときの測定系

図4.6.3-1 ミラー損失測定系及び測定手順

4.6.4 曲げ損失の測定方法

(1) 装置 4.6.1の挿入損失の測定方法に同じ。

(2) 準備 標準サンプルを用意することを推奨する。曲げ半径を規定する円筒状治具あるいは平行平板を用意する。基材がある等、厚み方向で非対称構成の場合、内巻きで評価したか、外巻きで評価したか等、曲げたときの内側、外側の面を明示する。また、図4.6.4-1の巻き方の場合、らせん状に巻かれサンプルの光入出力部分がオフセットする。そのため、できる限りサンプルの幅は小さく（例えば、1mm等）することを推奨する。

4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で光導波路を光ファイバに光結合する。このとき、必要に応じて接着剤等を用いて光結合部を固定する。固定方法の例として以下の方法を挙げる。4.6.1の挿入損失の測定方法と同様に、二つの光ファイバを光導波路の両端と調芯する。調芯後、光ファイバを光導波路から少し離し、光ファイバと導波路の間に接着剤等を塗布する。必要であれば再度調芯を行い、接着剤を硬化、固定する。また、このとき、光ファイバを用いず、光源、光検出器を直接、光導波路の端面に対向させて光結合しても構わない。

光導波路を光ファイバもしくは光源、光検出器等と光結合した後、光導波路に曲げを加える前の出射光強度を測定し、これをP0とする。

(3) 測定 以下に示すどちらかの測定方法を実際使用される環境により選択する。曲げ損失の測定は、個別規格の規定がない限り、曲げ半径1mm, 1.5mm, 2mm, 5mm, 10mm, 20mm, あるいは、ギャップ2mm, 3mm, 4mm, 10mm, 20mm, 40mmで行う。測定1では、光導波路の内法が曲げ半径となる。光導波路の用途に応じ、曲げ方を選択することが望ましい。測定2では二つの平行平板のギャップ（図4.6.4-3の中のb）により規定され、曲げ半径ではなく、平行平板のギャップを明示する。

a) 測定1 図4.6.4-1, 図4.6.4-2に示すように、光導波路の中央付近を円筒状治具に押し当て、角度360度で曲げ、1分間保持する。このとき曲げ半径は、光導波路の内法半径すなわち円筒状治具の半径となる。

入射側の光ファイバを垂直端面側に合わせ、4.6.1の挿入損失の測定方法と同様に、挿入損失を測定する。検出された光強度をP1(dBm)とする。

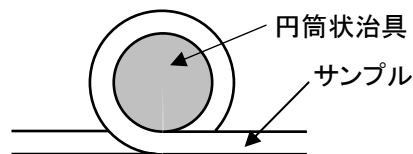


図4.6.4-1 測定1における曲げ方1

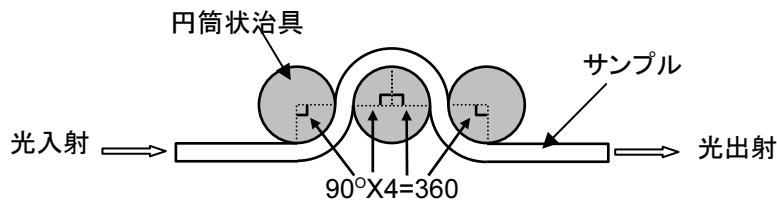


図4.6.4-2 測定1における曲げ方2

b) 測定2 図4.6.4-3, 図4.6.4-4に示すように、光導波路の中央付近が曲げの中央（平行平板の中心）になるように、平行平板に固定する。規定の平行平板のギャップに設定し、1分間保持する。個別規格の規定がない限り、曲げ角度は、180度もしくは360度のどちらかを選択する。

入射側の光ファイバを垂直端面側に合わせ、4.6.1の挿入損失の測定方法と同様に、挿入損失を測定する。検出された光強度をP1 (dBm) とする。

ただし、 $a > b$ の関係になるようにサンプルをセットする。

(4) 評価 曲げ損失 (dB) は、 P_0 (dBm) - P_1 (dBm) で算出する。

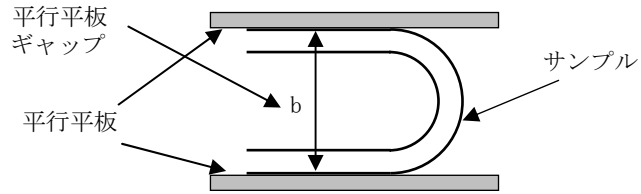


図4.6.4-3 測定2における曲げ方1 (180度曲げ)

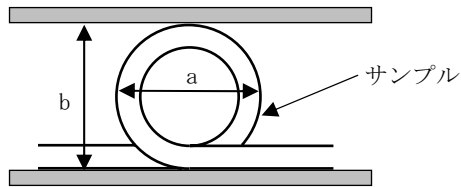


図4.6.4-4 測定2における曲げ方2 (360度曲げ)

5. 高分子光導波路の種類と試験項目 表 5-1 に示す。○は試験実施することを推奨する項目、△は必要に応じて実施することを推奨する項目、－は実施の必要がない項目である。なお、プレッシャークッカ試験は、高温高湿放置試験とは劣化モードが異なり、高温高湿放置試験の加速試験という位置付けではないため、試験における確認すべき劣化モードを受渡当事者間で確認することを推奨する。また、環境特性試験においては、民生機器用を意識し、半導体 IC 等の試験条件やプリント配線板の試験条件を参考にいくつかの試験条件を設定した。光導波路として、フレキシブル光導波路単体、フレキシブル光導波路で電気配線と混載用として用いるもの、リジッド光導波路単体、リジッド光導波路で電気配線と混載用として用いるものに分類した。

表 5-1 高分子光導波路の種類と試験項目

| 試験項目 | | フレキシブル光導波路 | | リジッド光導波路 | | |
|---------------------|-------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---|
| | | 光導波路単体 で使用 | 光電気配線混 載用 | 光導波路単体 で使用 | 光電気配線混 載用 | |
| 機械特性試験 (繰返し曲げ試験) | 耐屈曲試験 | ○ | ○ | － | － | |
| | 耐折試験 | ○ | ○ | － | － | |
| 環境特性試験 | 高温放置試験 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | 低温放置試験 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | 高温高湿放置試験 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | 温湿度サイクル試験 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | 温度サイクル試験 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | プレッシャークッカ試験 | △ | △ | △ | △ | |
| その他の試験 | 耐熱性試験 | はんだリフロー耐熱 | △ | ○ | △ | ○ |
| | | はんだ耐熱 | △ | △ | △ | △ |
| | 耐伝搬光試験 | △ | △ | △ | △ | |
| | 耐紫外線試験 | △ | △ | △ | △ | |
| | 耐薬品性試験 | △ | ○ | △ | ○ | |
| 耐溶剤性試験 | △ | ○ | △ | ○ | | |

表中の○は、試験実施を推奨、△は必要に応じて試験実施を推奨、－は実施の必要の無い事を表す。

6. 試験方法 (Test Methods)

6.1 機械特性試験 (繰り返し曲げ試験) 光導波路を屈曲させ、かつ、可動して使用する場合、屈曲に対する疲労試験を行うことが必要となる。そのための試験方法を提示する。具体的には、JIS C 5016 8.6(耐屈曲性試験)、8.7(耐折性試験)を参考にする。

6.1.1 耐屈曲試験

(1) 装置 JIS C 5016 8.6 (耐屈曲性試験)に準じた装置とする。挿入損失の測定は4.6.1の挿入損失の測定方法の装置と同じ。

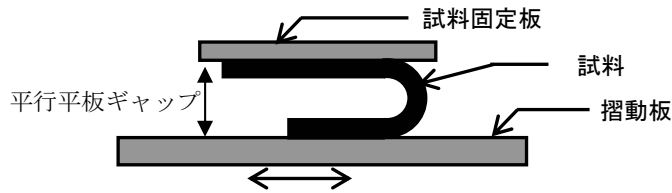


図6.1.1-1 耐屈曲試験方法

- (2) 準備 標準サンプルを用意することを推奨する。試験前に まず図4.6.4-1, 図4.6.4-2, 図4.6.4-3, 図4.6.4-4のいずれかの曲げた状態あるいは平坦な状態で挿入損失の測定を行う。測定方法は4.6.1の挿入損失の測定方法の手順とする。-40℃から+100℃まで調節保持できる環境試験室又は恒温槽を用意する。光導波路に基材がある等、厚み方向で非対称の構成の場合、サンプルの構成を記載し、その内巻きで試験したか、外巻きで試験したか明示する。
- (3) 試験 サンプルを試験装置に取り付ける。個別規格に規定された速度で往復運動を繰り返す。個別規格がない場合、30回/分, 60回/分, 90回/分, 120回/分, 500回/分の中から選択する。試験継続回数は個別規格の規定が無い場合、100回, 500回, 1000回, 5000回, 1万回, 5万回, 10万回の中から選択する。試験温度は受渡当事者間の協議による。平行平板のギャップは個別規格の規定が無い場合、2mm, 3mm, 4mm, 10mm, 20mmの中から選択する。

(4) 最終測定

挿入損失の増加 試験終了後、測定環境下で2時間以上放置することを推奨する。試験前に測定した状態にサンプルを保持し、4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で試験後の挿入損失を測定し、その増加を算出する。

外観 試験後、光導波路の各層からの剥れ、膨れ、層間剥離等を観察する。また、必要に応じて試験前後のコア寸法変化、光配線ピッチ変化、引き剥がし強度の変化を測定する。また、サンプルが破断した場合は、破断した回数を明示する。

6.1.2 耐折試験 耐折試験は、サンプルに対して引張力をかけているために、6.1.1の耐屈曲試験よりもサンプルにかかる負荷（引張応力の分）が大きく、また、屈曲方向が片側のみでなく、図6.1.2-1に示してあるように両側に屈曲させるため、6.1.1の耐屈曲試験の加速試験ではない。また、サンプルの断面積に依存するため、試験サンプルの外形寸法を明示する。

(1) 装置 JIS C 5016 8.7（耐折性）に準じた装置とする。挿入損失の測定は4.6.1の装置と同じ。

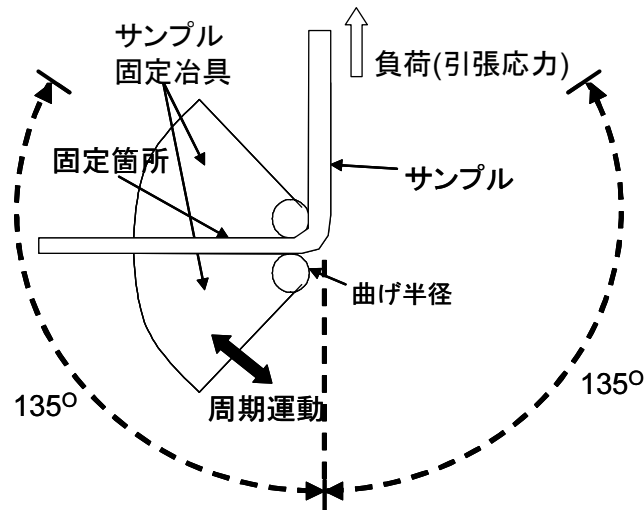


図6.1.2-1 耐折試験方法

(2) 準備 JIS C 5016 8.7（耐折性）で示されているサンプル幅（15mmあるいは25mm）を持ったサンプルを用意することを推奨する。試験前に、まず図4.6.4-1～4の曲げた状態あるいは平坦な状態で挿入損失の測定を行う。測定方法は4.6.1の手順とする。試験の曲げ半径は個別規格の規定が無い場合、1mm, 1.5mm, 2mm, 5mm, 10mmより選択する。-40℃から+100℃まで調節保持できる環境試験室又は恒温槽を用意する。

(3) 試験 光導波路を試験装置に取り付ける。その場合、サンプルを傷つけないよう注意する。試験条件として、荷重、サンプルの幅と厚み、屈曲角度を明示する。個別規格が無い場合、荷重5N、回転速さ毎分90回、屈曲角度を135度±5度とする。屈曲回数は個別規格の規定が無い場合、100回、500回、1000回、5000回、1万回、5万回、10万回の中から選択する。試験温度は受渡当事者間の協議による。

(4) 最終測定

挿入損失の増加 試験終了後、測定環境下で2時間以上放置することを推奨する。試験前に測定した状態にサンプルを保持し、4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で試験後の挿入損失を測定し、その増加を算出する。

外観 試験後、光導波路の各層からの剥れ、膨れ、層間剥離等を観察する。また、必要に応じて試験前後のコア寸法変化、光配線ピッチ変化、引き剥がし強度の変化を測定する。

6.2 環境特性試験

6.2.1 高温放置試験

(1) 装置 規定された温度に調節保持できる装置とする。挿入損失の測定は4.6.1の挿入損失の測定方法の装置と同じ。

(2) 準備 標準サンプルを用意することを推奨する。高温放置試験前に、まず、4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で挿入損失を測定する。

(3) **試験** 光導波路のみを高温保持オープン内に放置させる。個別規格の規定がない場合、試験継続時間は500時間ないしは1000時間から選択とする。オープン内の雰囲気には不活性ガスを使わず、空気とする。放置温度は、70℃、85℃、125℃のいずれかより選択する。

(4) **最終測定**

挿入損失の増加 試験終了後、測定環境下で2時間以上放置することを推奨する。試験前に測定した状態にサンプルを保持し、4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で試験後の挿入損失を測定し、その増加を算出する。

外観 試験後、光導波路の各層からの剥れ、膨れ、層間剥離等を観察する。また、必要に応じて試験前後のコア寸法変化、光配線ピッチ変化、引き剥がし強度の変化を測定する。

6.2.2 低温放置試験

(1) **装置** 規定された温度に調節保持できる装置とする。挿入損失の測定は4.6.1の挿入損失の測定方法の装置に同じ。

(2) **準備** 標準サンプルを用意することを推奨する。低温放置試験前に まず、4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で挿入損失を測定する。

(3) **試験** 光導波路のみを低温保持オープン内に放置させる。個別規格の規定がない場合、試験継続時間は500時間ないしは1000時間から選択とする。オープン内の雰囲気には不活性ガスを使わず、空気とする。放置温度は、-40℃、-20℃、0℃のいずれかより選択する。

(4) **最終測定**

挿入損失の増加 試験終了後、測定環境下で2時間以上放置することを推奨する。試験前に測定した状態にサンプルを保持し、4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で試験後の挿入損失を測定し、その増加を算出する。

外観 試験後、光導波路の各層からの剥れ、膨れ、層間剥離等を観察する。また、必要に応じて試験前後のコア寸法変化、光配線ピッチ変化、引き剥がし強度の変化を測定する。

6.2.3 高温高湿放置試験

(1) **装置** 規定された雰囲気温度及び湿度調整ができる装置とする。挿入損失の測定は4.6.1の装置に同じ。

(2) **準備** 標準サンプルを用意することを推奨する。4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で挿入損失を測定する。

(3) **試験** 試験条件は以下の a), b), c) のいずれかを選択することが望ましい。個別規格の規定がない場合、試験継続時間は500時間ないしは1000時間のいずれかを選択することが望ましい。

a) **試験条件1**

温度：40℃ (±2℃)

湿度：90% (+5%/−10%) RH

b) **試験条件2**

温度：60℃ (±3℃)

湿度：90% (+5%/−10%) RH

c) **試験条件3**

温度：85℃ (±2℃)

湿度：85% (±5%) RH

(4) 最終測定

挿入損失の増加 試験終了後、測定環境下で2時間以上放置することを推奨する。試験前に測定した状態にサンプルを保持し、4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で試験後の挿入損失を測定し、その増加を算出する。

外観 試験後、光導波路の各層からの剥れ、膨れ、層間剥離等を観察する。また、必要に応じて試験前後のコア寸法変化、光配線ピッチ変化、引き剥がし強度の変化を測定する。

6.2.4 温湿度サイクル試験

(1) **装置** 図6.2.4-1に示すサブサイクルの状態に調整できる装置とする。挿入損失の測定は4.6.1の挿入損失の測定方法の装置に同じ。

(2) **準備** 標準サンプルを用意することを推奨する。4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で挿入損失を測定する。

(3) **試験** 個別規格の規定がない場合、以下の温度及びサイクル数とする。具体的にはMIL-STD-883, Method 1004に基づく。

温度プロファイル：図6.2.4-1を参照

温度及び相対湿度：A：65°C，又は75°Cで85～95%RH

B：室温で80～100%RH

C：-10°C，又は-40°Cで湿度は制御せず

低温環境及び高温高湿環境での保持時間：3時間から16時間

サイクル数：図6.2.4-1に示すサブサイクルを2回，又は5回

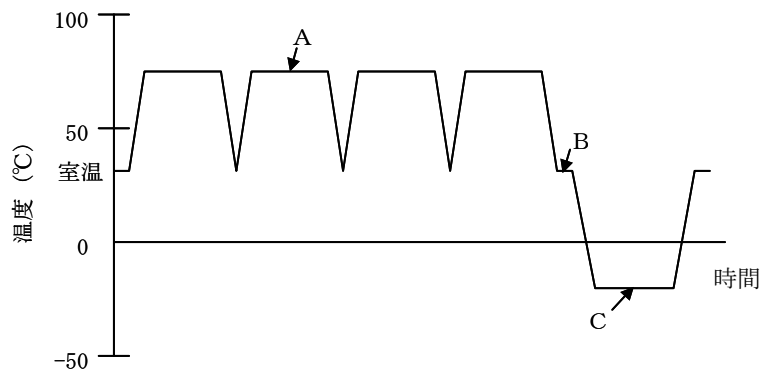


図6.2.4-1 温湿度サイクル試験における1回のサブサイクルの温度プロファイル

(4) 最終測定

挿入損失の増加 試験終了後、測定環境下で2時間以上放置することを推奨する。試験前に測定した状態にサンプルを保持し、4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で試験後の挿入損失を測定し、その増加を算出する。

外観 試験後、光導波路の各層からの剥れ、膨れ、層間剥離等を観察する。また、必要に応じて試験前後のコア寸法変化、光配線ピッチ変化、引き剥がし強度の変化を測定する。

6.2.5 温度サイクル試験

(1) **装置** 規定された温度に保持調整できる装置とする（気相）。挿入損失の測定は4.6.1の装置に同じ。

(2) **準備** 標準サンプルを用意することを推奨する。4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で挿入損失を測定する。

(3) **試験** 表2段階1から段階4までを1サイクルとし、表3及び表4の温度を参考値とし、個別規格に規定のサイクル数に

ついて行う。ただし、個別規格に規定がない場合は、5サイクルとする。段階2及び段階4の保持時間は個別規格の規定に従う。個別規格の規定が無い場合、10分～15分もしくは0分（スキップ）のいずれかを選択する。各段階の遷移時間は5分以内とする。

| 段階 | 条件 | 温度 | 時間（分） |
|---------------|----|------------|---------|
| 1 サイ クル | 1 | 表3から1条件を選ぶ | 30 |
| | 2 | 20±15℃ | 個別規格の規定 |
| | 3 | 表4から1条件を選ぶ | 30 |
| | 4 | 20±15℃ | 個別規格の規定 |

| |
|--------|
| -40±3℃ |
| -20±3℃ |
| -0±3℃ |

| |
|--------|
| 70±3℃ |
| 85±3℃ |
| 125±3℃ |

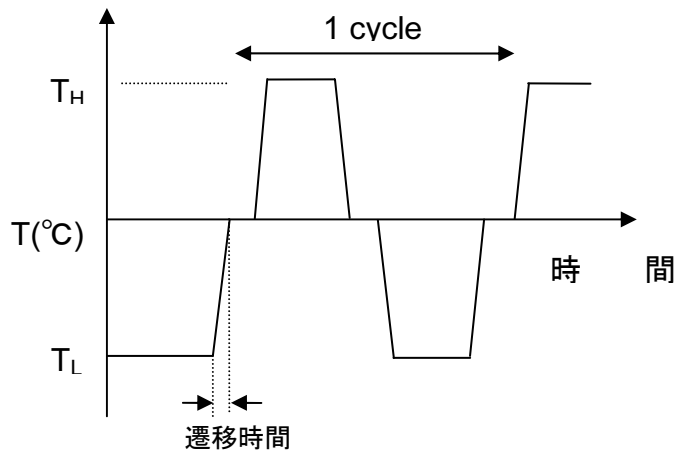


図6.2.5-1 温度サイクル試験における温度プロフィール

(4) 最終測定

挿入損失の増加 試験終了後、測定環境下で2時間以上放置することを推奨する。試験前に測定した状態にサンプルを保持し、4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で試験後の挿入損失を測定し、その増加を算出する。

外観 試験後、光導波路の各層からの剥れ、膨れ、層間剥離等を観察する。また、必要に応じて試験前後のコア寸法変化、光配線ピッチ変化、引き剥がし強度の変化を測定する。

6.2.6 プレッシャークック試験 (PCT)

- (1) **装置** 規定された雰囲気温度、湿度及び圧力調整ができる装置とする。挿入損失の測定は4.6.1の挿入損失の測定方法の装置と同じ。
- (2) **準備** 標準サンプルを用意することを推奨する。サンプル上、工夫していた点を記載する。
- (3) **試験** 試験条件を下記の通りとする。

温度：121±2℃

湿度：100%RH

圧力：205kPa

試験時間は、96時間を推奨するが、下記より適宜選択する

- A) 24 (-0, +2) 時間
- B) 48 (-0, +2) 時間
- C) 96 (-0, +5) 時間
- D) 168 (-0, +5) 時間
- E) 240 (-0, +8) 時間
- F) 336 (-0, +8) 時間

- (4) **最終測定** 最終測定は、試験槽より取り出し可能な状態となった後、測定環境下で、少なくとも2時間以上経過し、かつ48時間以内に実施する。

挿入損失の増加 試験終了後、測定環境下で2時間以上放置することを推奨する。試験前に測定した状態にサンプルを保持し、4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で試験後の挿入損失を測定し、その増加を算出する。

外観 試験後、光導波路の各層からの剥れ、膨れ、層間剥離等を観察する。また、必要に応じて試験前後のコア寸法変化、光配線ピッチ変化、引き剥がし強度の変化を測定する。

6.3 その他の試験

6.3.1 **耐熱性試験** ここでいう耐熱性とは、光導波路が光学的にはんだリフローに耐えうるかどうか、さらに、電気配線と混載している光導波路の場合は、外観上のはんだ耐熱も意味する。

- (1) **装置** はんだリフロー耐熱性は、図6.3.1に示す温度変化が保てる装置とし、はんだ耐熱性は、電気加熱式で規定された温度に調節保持できる装置とする。挿入損失の測定は4.6.1の挿入損失の測定方法の装置と同じ。
- (2) **準備** 標準サンプルを用意することを推奨する。耐熱試験前に、まず、4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で挿入損失を測定する。
- (3) **試験**

- a) **はんだリフロー耐熱性** 準備した標準サンプルをはんだリフローに1から3回通す。はんだリフロー炉の温度変化の一例として図6.3.1に温度プロファイルを示した。最高到達温度は、はんだの熔融温度+20°Cに設定することが望ましい。例えば、熔融温度260°CのAg-Sn-Cu系の鉛フリーはんだを使用する場合、試験の最高到達温度は280°Cに設定する。Au-Snを含むはんだについても同様である。例えば、熔融温度280°CのAu(80%)-Sn(20%)はんだを使う場合、試験の最高到達温度は300°Cにする。温度プロファイルは個別規格の規定に従い試験する。個別規格の規定がない場合、図6.3.1の温度プロファイルを用い、それぞれのはんだに最高到達温度で試験する。

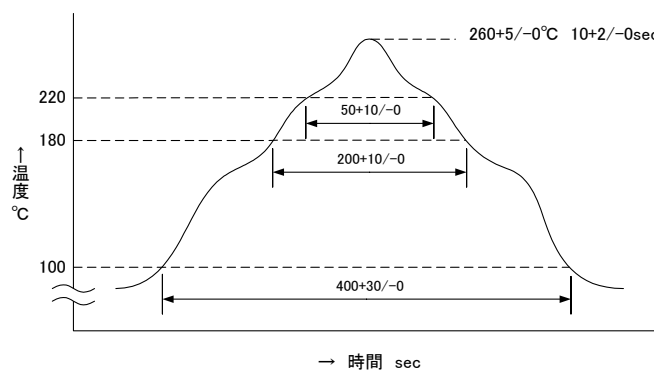


図6.3.1 リフロー炉の温度プロファイルの例 [JIS C 5012 (プリント配線板試験方法) 参照]

b) **はんだ耐熱性** 標準サンプルをはんだ浴に浸漬させる。はんだ浴の温度、時間は受渡当事者間の協議とする。

(4) 最終測定

a) はんだリフロー耐熱性試験

挿入損失の増加 試験終了後、測定環境下で2時間以上放置することを推奨する。試験前に測定した状態にサンプルを保持し、4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で試験後の挿入損失を測定し、その増加を算出する。

外観 試験後、光導波路の各層からの剥れ、膨れ、層間剥離等を観察する。また、必要に応じて試験前後のコア寸法変化、光配線ピッチ変化、引き剥がし強度の変化を測定する。

b) はんだ耐熱性試験

外観 試験後、光導波路の各層からの剥れ、膨れ、層間剥離等を観察する。また、必要に応じて試験前後のコア寸法変化、光配線ピッチ変化、引き剥がし強度の変化を測定する。

6.3.2 耐伝搬光試験

- (1) **装置** 規定する強度を発生出来るレーザ光源とする。挿入損失の測定は4.6.1の挿入損失の測定方法の装置に同じ。
- (2) **準備** 標準サンプルを用意することを推奨する。耐伝搬光試験前に、まず、4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で挿入損失を測定する。また、挿入損失測定において、入射側及び出射側に光ファイバを用いず、光源及び光検出器を直接光結合しても構わない。このとき、当該試験前後の入出射光学系は同一構成とする。
- (3) **試験** 信号伝送させる光の波長のレーザ光を4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で光導波路に挿入する。また、試験中の光源の特性変動が見られない場合、光ファイバを用いず、信号伝送させる光の波長の光源を直接挿入しても構わない。照射時間は100時間（根拠があればOK なければ、強度他と同様に）当事者間の協議とする）とする。レーザ光の波長、照射強度については受渡当事者間の協議による。

(4) 最終測定

挿入損失の増加 試験前に測定した状態にサンプルを保持し、4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で試験後の挿入損失を測定し、その増加を算出する。光ファイバを用いない場合、試験前後における光検出強度の差を測定し、試験による光損失の増加をdB単位で算出する。

6.3.3 耐紫外線試験

- (1) **装置** 規定する強度を発生出来る紫外線照射装置とする。挿入損失の測定は4.6.1の挿入損失の測定方法の装置に同じ。
- (2) **準備** 標準サンプルを用意することを推奨する。耐紫外線試験前に、まず4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で挿入損失を測定する。また、挿入損失測定において、入射側及び出射側に光ファイバを用いず、光源及び光検出器を直接光結合しても構わない。このとき、当該試験前後の入出射光学系は同一構成とする。
- (3) **試験** 標準サンプルに紫外線を照射させる。用途によって光導波路が被曝する紫外線の波長、強度及び面積は異なるため、個別規格に規定された照射装置、強度及び面積で照射する。個別規格の規定がない場合、照射装置には高圧水銀タイプの紫外線スポット照射装置を用いることを推奨する。また、紫外線硬化樹脂を硬化させるとき、紫外線照射装置の出射口に拡散板及び波長選択フィルタを設ける場合は、同じ拡散板及び波長選択フィルタを設ける。個別規格の規定がない場合、試験における照射強度、時間は、それぞれ 30mW/cm^2 、10 分間あるいは、これと同等の積算照射光量 (18J/cm^2) とする。照射強度は、照射波長付近に感度を持った市販されている紫外線照射計等を用いて測定する。また、照射面積は $10\text{mm}\Phi$ あるいは 10mm 角とする。これは、アルミ箔等に $10\text{mm}\Phi$ あるい

は10mm角に穴をあけたマスクを用いて行うと簡単に実施できる。

(4) 最終測定

挿入損失の増加 試験前に測定した状態にサンプルを保持し、4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で試験後の挿入損失を測定し、その増加を算出する。光ファイバを用いない場合、試験前後における光検出強度の差を測定し、試験による光損失の増加をdB単位で算出する。

6.3.4 耐薬品性試験

(1) 装置 JIS C 6481の5.13に同じ。

(2) 準備 標準サンプルを用意することを推奨する。

(3) 試験 JIS C 6481の5.13と同様に、水酸化ナトリウム耐性を試験する。その他の薬品については、受渡当事者間の協議による。

(4) 最終測定

挿入損失の増加 試験終了後、測定環境下で2時間以上放置することを推奨する。試験前に測定した状態にサンプルを保持し、4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で試験後の挿入損失を測定し、その増加を算出する。

外観 試験後、光導波路の各層からの剥れ、膨れ、層間剥離等を観察する。また、必要に応じて試験前後のコア寸法変化、光配線ピッチ変化、引き剥がし強度の変化を測定する。

6.3.5 耐溶剤性試験

(1) 装置 JIS C 5012の10.2に同じ。

(2) 準備 標準サンプルを用意することを推奨する。

(3) 試験 JIS C 5012の10.2と同様にサンプルを、個別規格に規定の溶剤の沸騰液中に1分間浸漬して取り出し、異常の有無を目視で確認する。

(4) 最終測定

挿入損失の増加 試験終了後、測定環境下で2時間以上放置することを推奨する。試験前に測定した状態にサンプルを保持し、4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で試験後の挿入損失を測定し、その増加を算出する。

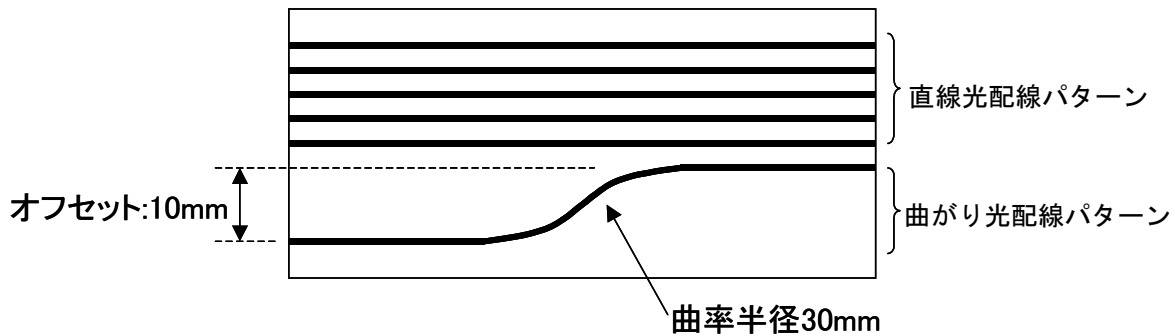
外観 試験後、光導波路の各層からの剥れ、膨れ、層間剥離等を観察する。また、必要に応じて試験前後のコア寸法変化、光配線ピッチ変化、引き剥がし強度の変化を測定する。

Annex A (付加情報)

試験用標準サンプル

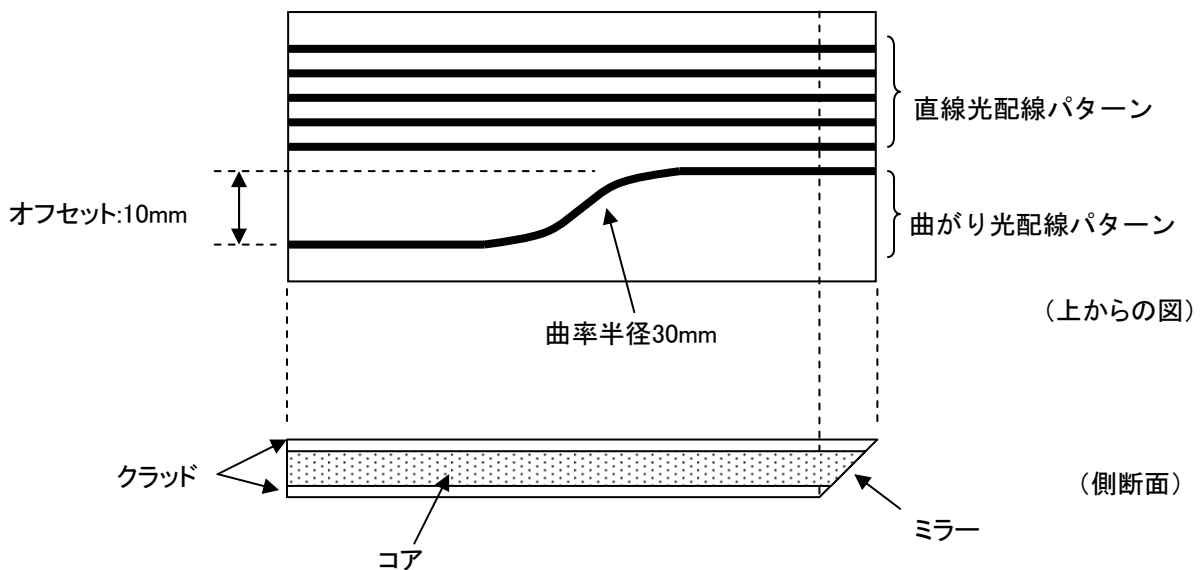
試験用標準サンプル 測定及び試験する光導波路の光配線パターンは、指定の無い限り以下の通りとする。

A.1 試験用標準サンプルの形状 図A.1に示すようなパターンを使用することを推奨する。直線光導波路を5本、曲がり光導波路を少なくとも1本とし、曲がり光導波路の曲率半径は30mmとする。曲がり光導波路における入射側と出射側の位置の差（オフセット）は10mmとする。また、入射側の直線光導波路部の長さは0.5mm以上とする。曲がり光導波路を測定する目的は、測定においてクラッド伝搬光の影響を無くすためである。よって、曲がり光導波路における曲率半径と光導波路損失の増加の関係は、4.6.4の曲げ損失測定か、適切な曲率半径をもったパターンを別途作製し、曲がり光導波路と直線光導波路による挿入損失の差を測定する。光導波路外形寸法、コア形状、光配線ピッチは受渡当事者間の協議とする。



図A.1-1 標準パターン

A.2 ミラー損失測定用の標準サンプル ミラー損失測定用の標準サンプルは、片側の光入出力ポートを垂直端面、もう片側の光入出力ポートを45度カット面とする。光の入力は、垂直端面側から行い、45度カット面（ミラー面）からの出力光を捕捉する。



図A.2-1 ミラー損失測定用光導波路の一例

Annex B（付加情報）

吸水による挿入損失増加測定

B.1 吸水率測定 JIS C 6481 5.14 に同じ。測定において、被測定試料は光導波路のみとし、基板等は取り除くことを推奨する。困難な場合は、同じ大きさの基板を用意し、試験前後で両者の重量の測定を行う。光導波路の有無における重量差の変化分が吸水による光導波路の重量変化となる。

B.2 吸水による挿入損失増加測定

- (1) **装置** 規定された雰囲気に維持調整できる装置とする。挿入損失の測定は4.6.1の挿入損失の測定方法の装置に同じ。
- (2) **準備** 標準サンプルを用意することを推奨する。また、測定前に100℃あるいは絶対最大定格温度で2時間以上放置させる。
- (3) **測定** 以下のどちらかの測定方法を選択する。

測定a) 光ファイバ同士を4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で調芯し、接着剤で固定する。同じ接着剤を用いて、4.6.1の挿入損失の測定方法の手順で光導波路の両端に光ファイバを調芯し、接着固定する。次に、両者を高温高湿槽内に入れる。高温高湿槽内の雰囲気を $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C} / 10\% \pm 3\% \text{RH}$ とし、2時間放置する。両者の挿入損失を測定する。光ファイバ同士接続、光ファイバと光導波路の接続、それぞれの挿入損失値を L_{F0} 、 L_{W0} とする。次に、 $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C} / 90\% \pm 3\% \text{RH}$ とし、24時間以上放置する。その後、高温高湿槽に入れたまま、同様に両者の挿入損失を測定する。それぞれの挿入損失値を L_{F1} 、 L_{W1} とする。

測定b) 光導波路部温度のみをヒータやペルチェ素子を用いて $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ にし、4.6.1の手順で光導波路の挿入損失を測定する。このとき、接着材等の影響を取り除くため、光ファイバ等は光導波路に接着しない。この後、同一雰囲気、光導波路部温度を $80 \pm 1^{\circ}\text{C}$ に上昇させ、同様に挿入損失を測定する。このとき、測定前に $80 \pm 1^{\circ}\text{C}$ の状態、2時間以上放置することを推奨する。 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C} / 50\% \pm 3\% \text{RH}$ の雰囲気下で、光導波路部温度を 25°C から 80°C まで変化させたとき、光導波路内では相対湿度が約45%変化した状態に相当する。

(4) 最終測定

測定a) $(L_{W1} - L_{W0}) - 2 \times (L_{F1} - L_{F0})$ を算出する。

測定b) 挿入損失の増加を算出する。

本書に関して、ご意見、ご要望等がありましたら、本用紙にご記入の上、工業会事務局（Fax 03-5310-2021, e-mail : std@jpca.org）までご送付下さい。次回改訂の際に参考とさせていただきます。

| | | | |
|-----|-------------------|----|--|
| 会社名 | | 氏名 | |
| | | 役職 | |
| 住所 | 〒 ☎ | | |
| | | | |

————— 禁 無 断 転 載 —————

J P C A規格
高分子光導波路の試験方法

平成16年5月25日 第1版第1刷発行

平成17年5月26日 第2版第1刷発行

平成20年6月10日 第3版第1刷発行

編集兼
長 嶋 紀 孝
発行人

発行所

社団法人 日本電子回路工業会

〒167-0042 東京都杉並区西荻北3-12-2

回路会館2階

Tel 03-5310-2020

Fax 03-5310-2021

<http://www.jpca.org/>

JPCA