

# 光配線板の御紹介

Introduction of optical circuit board

住友ベークライト株式会社

Sumitomo Bakelite Co., Ltd.

# Outline

- **概論**
- **新規導波路材料について**
- **導波路作製の新規プロセスについて**
- **光学特性評価**
- **微小光路変換構造及びコネクタ化の検討**
- **JPCA光普及促進SWGからの発表内容( '07、'08年度 )**

# 次世代の光-電気複合配線システムを目指して

## ハイエンド分野



## 自動車分野



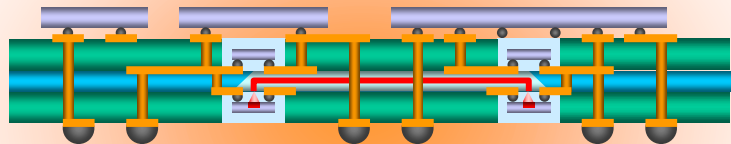
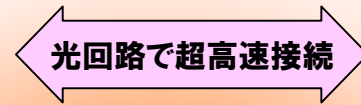
## エンターテイメント分野



## 携帯機器分野



電子材料プロセスとの高い適合性



光-電気ハイブリッド配線板

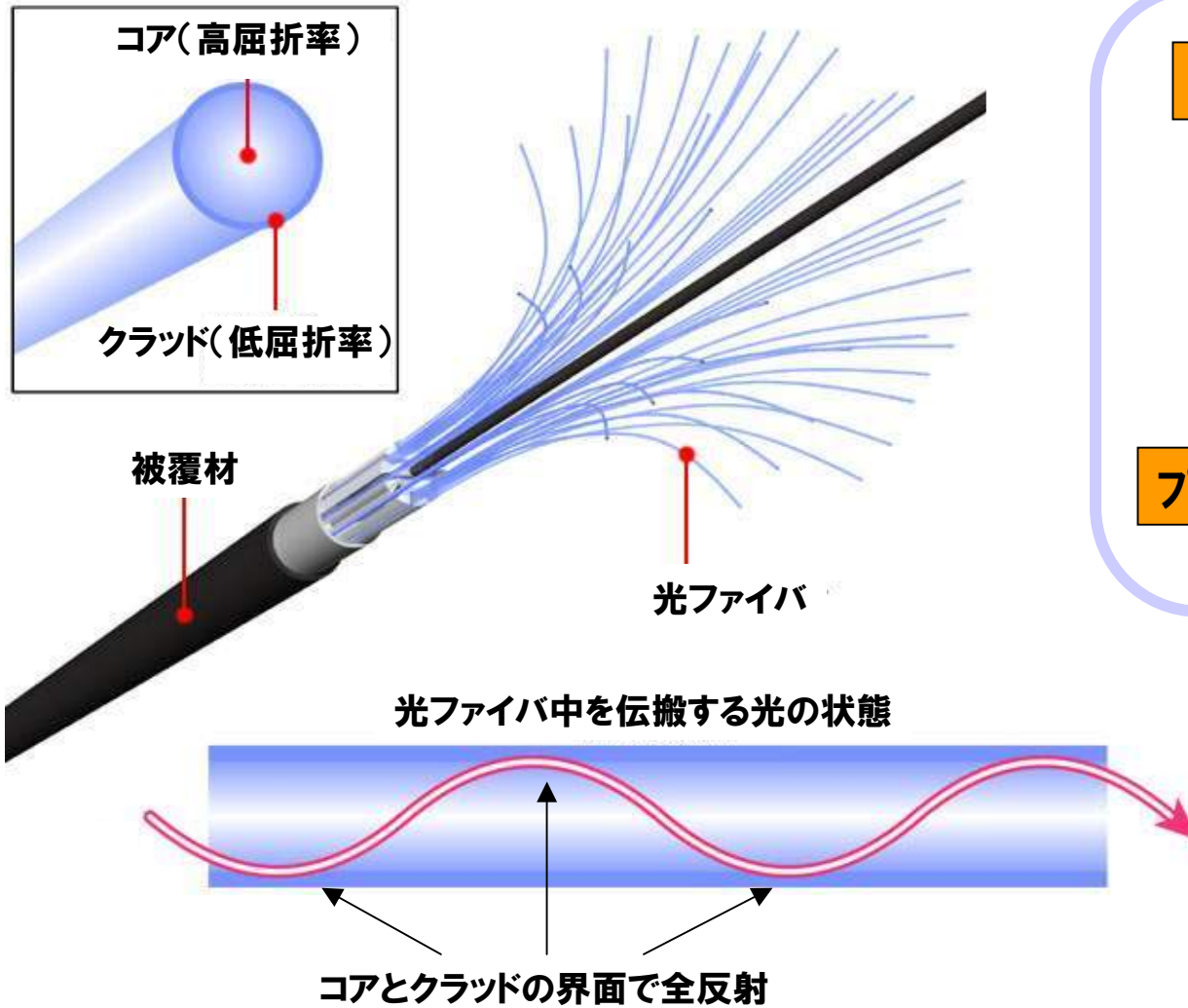
究極の情報伝達方法を提供

超高速、大容量、ノイズレス、  
発熱抑制、軽量、小容量化etc.

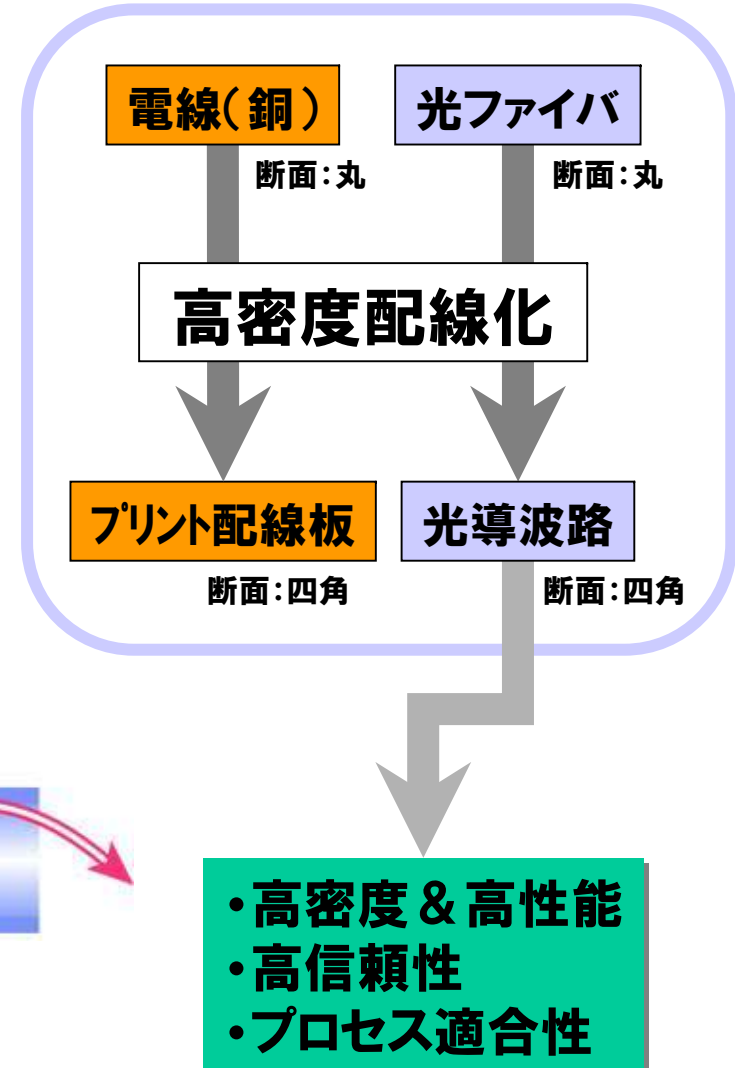
## 【Our Mission】

先端電子材料 & フレキシブル回路板メーカーとして、究極の情報伝達手段となる光電気複合配線技術を確立し、それを市場に提供する

# 光ファイバーと光導波路の関係



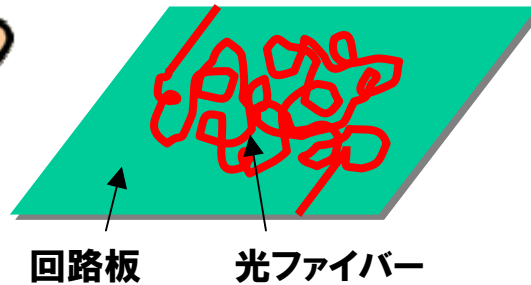
## 電気配線⇔光配線



# 光配線を基板上に形成：高分子光導波路技術



光ファイバ敷線では複雑な配線は難しい



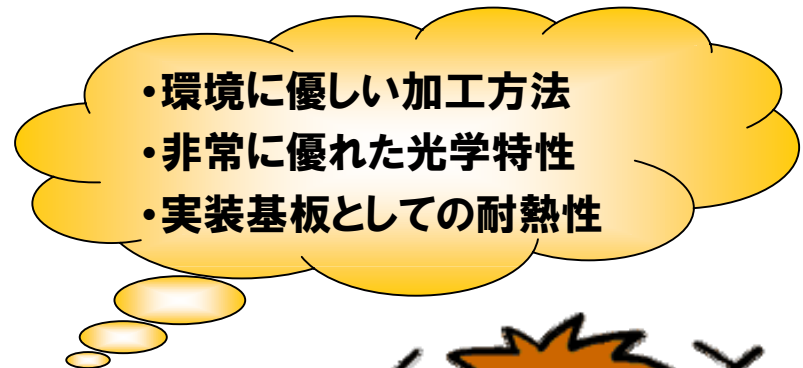
- 通常の実装板は0.1mm単位の構造体
- 二次元に貼り付けても凸凹になる
- 精度良く配置するのは至難の業

加工しやすい高分子光導波路を形成

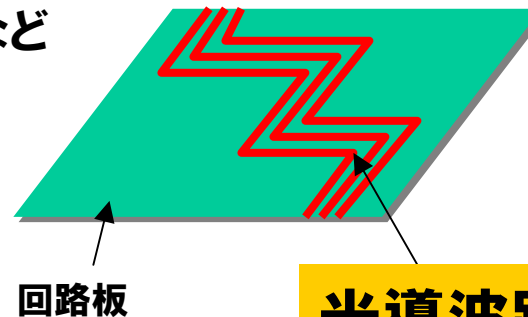
- 様々な既存技術で微小構造体を形成可能  
⇒リソグラフィ、エッチング、エンボスなど
- 各種機械的特性や加工性に優れる



- **光学特性や熱的特性の改良が重要**
- 三次元的な配線は若干難しい



- 環境に優しい加工方法
- 非常に優れた光学特性
- 実装基板としての耐熱性



光導波路



# 代表的な光導波路用ポリマー材料

材料系	モード	光損失 [dB/cm]			耐熱性 [°C]	
		850nm	1310nm	1550nm	材料	導波路
UVエポキシ樹脂	MM	0.08	0.50	3.0	230	200
ポリイミド	MM	0.30	-	-	-	200
アクリレート	SM/MM	0.18	0.20	0.60	150	85
重水素化PMMA	SM/MM	<0.02	0.10	1.50	150	80
UVアクリレート	SM/MM	0.10	0.20	0.24	150	-
ポリシラン	SM/MM	0.10	0.20	0.90	-	-
非晶質パーフルオロ樹脂(サイトップ)	SM/MM	0.30	0.09	0.17	-	-
フッ素化ポリイミド	SM	-	0.20	0.40	400	350
重水素化シリコーン	SM	-	0.12	0.40	420	250
ベンゾシクロブテン	SM	-	0.30	1.50	420	-
UVシロキサン(ゾルゲル)	SM	-	0.19	0.27	-	-
全フッ素化ポリイミド	SM	-	0.15	0.10	>300	-

\*) 光回路実装技術ロードマップ(2005年度版)から抜粋

- ☆ 受発光素子は850nmが主流に？ (価格、性能)
- ☆ 素子実装性 = リフロー半田耐熱性必須 (250°C以上)

プラス  
易加工性

低損失性能@850nmと耐熱性を両立できるポリマー材料は限られる

# 新たに開発した高透明性/高耐熱材料

## Amorphous Polyolefin

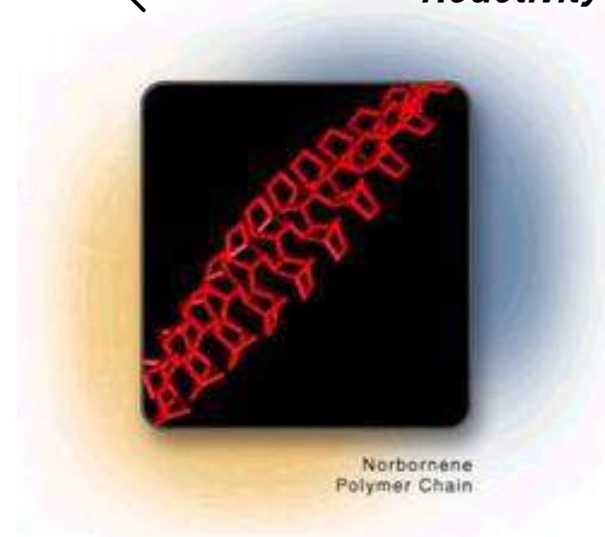
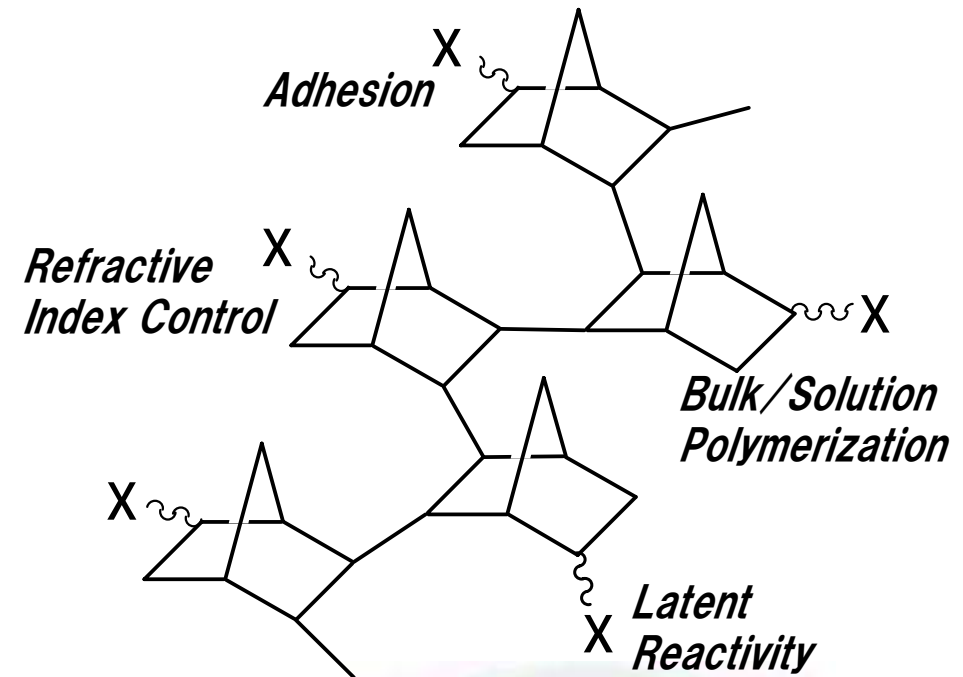
- **Wide Spectral Window**  
Transmittance (400–1100nm) >90%
- **Low Moisture Uptake**  
Water Uptake <0.1%
- **Low Dielectric Constant**  
Dielectric Constant 2.5 at 1GHz
- **Low Birefringence**  
Retardation <2nm
- **Chemical Resistance**

## Rigid Polycyclic Backbone

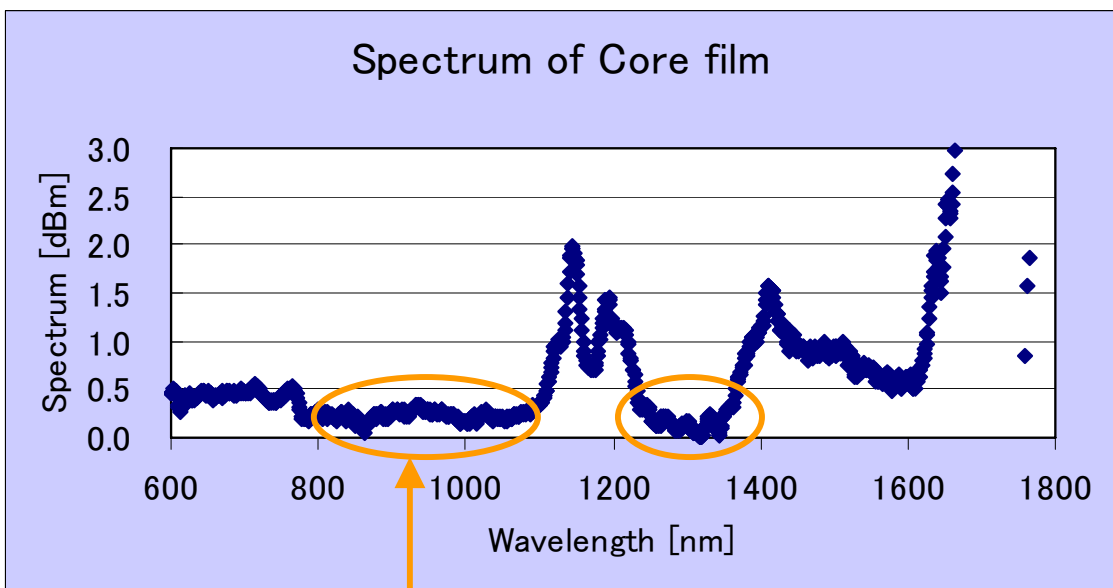
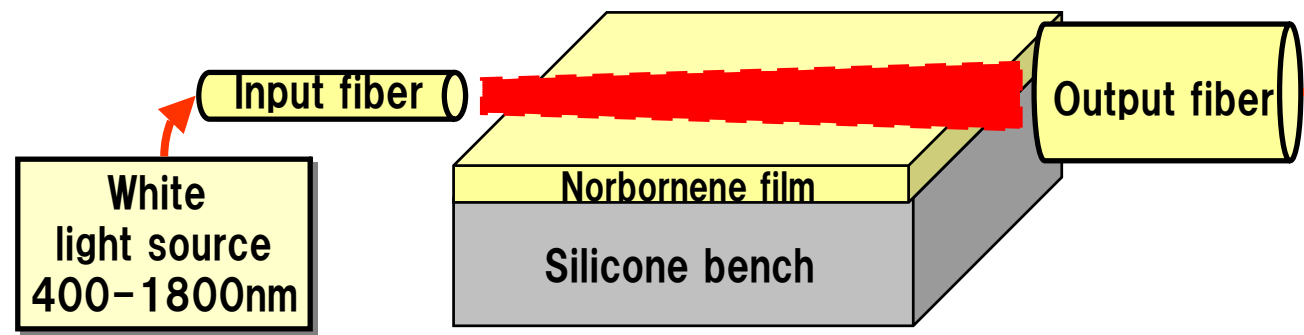
- **High  $T_g$**   
Glass Transition Temp 250–320 degree-C  
CTE 70–200 ppm/C

## Tailoring Polymer via Functional Group (X)

- Adhesion Control
- Refractive Index Control
- Reactivity Control -Cross Linking
- Hydrophilic/Hydrophobic Control



# スペクトルアナライザによる吸光度波長依存性



Wide windows (800-1100nm & 1250-1350nm)

Material loss



Spectrum analyzer

Wavelength range  
600-1750nm  
Wavelength accuracy  
0.02+/-0.1nm

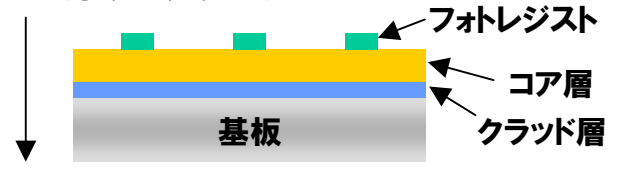
導波路用バルク材料としての実力  
材料損失値@850nm  
**0.01dB/cm以下**



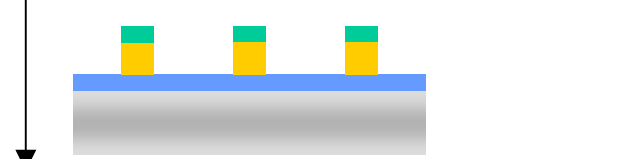
# 高分子光導波路の代表的な加工方法

## リアクティブイオンエッチング法

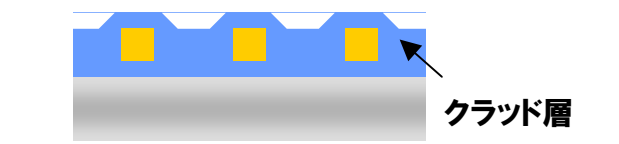
- 下部クラッド層、コア層の形成
- フトリソグラフィー



- リアクティブイオンエッチング (RIE)



- フトレジスト除去
- 上部クラッドの形成



### 長所

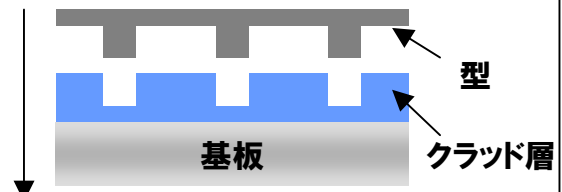
- 材料選択性大

### 短所

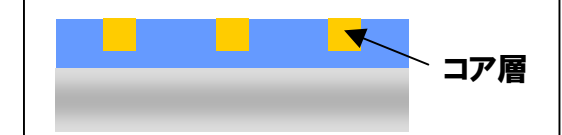
- 煩雑な工程
- 側面荒れによる光損失値の増大

## 複製法

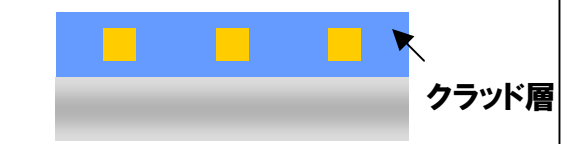
- クラッド層の塗布
- コア形状の複製



- コア材の注入



- 上部クラッド層の形成



### 長所

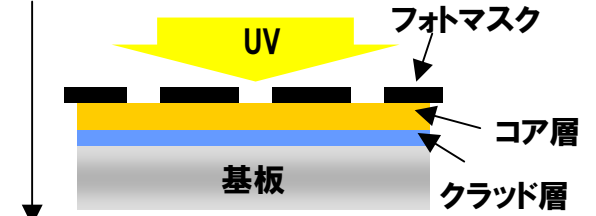
- 低コスト

### 短所

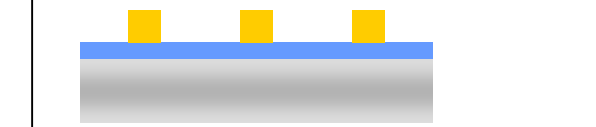
- コアピッチの縮小化困難
- 作製サイズの大面積化困難

## 直接露光法

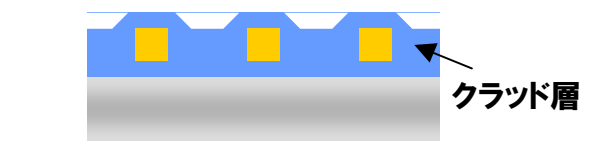
- 下部クラッド層、コア層の塗布
- UV 照射



- コア層の現像



- 上部クラッド層の形成



### 長所

- 汎用設備で製造可

### 短所

- 導波路表面に凹凸
- 薬液使用による環境負荷

# 独自の易加工性 / 超低損失導波路加工プロセス

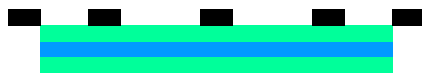
## 新規フォトアドレス法

- 三層感光性ドライフィルム



- 紫外線パターン照射

UV light

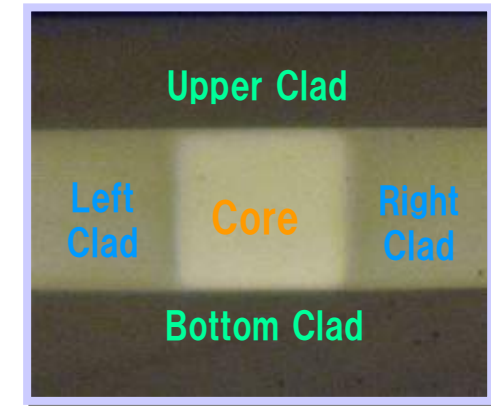
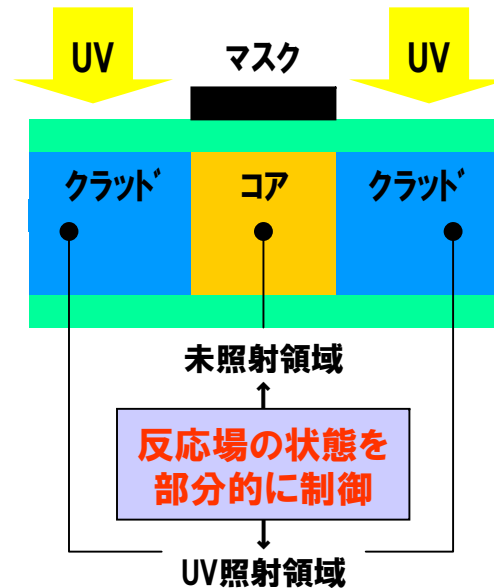


40°C × 数分

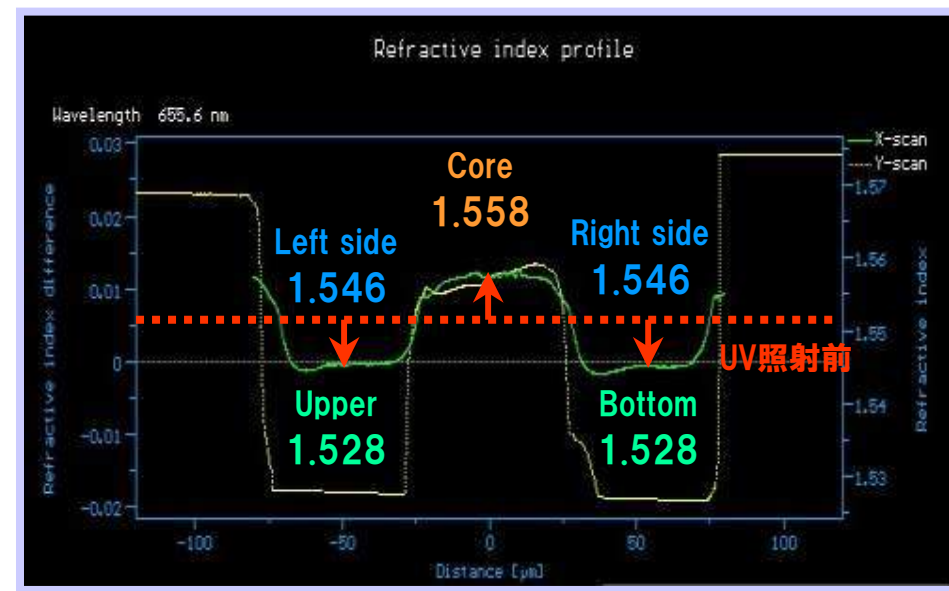
- コア領域の自己形成



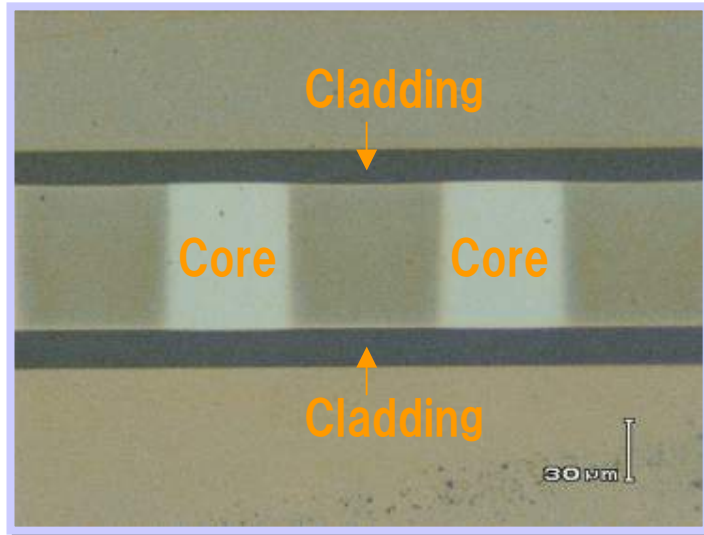
- 後処理 150°C × 30分



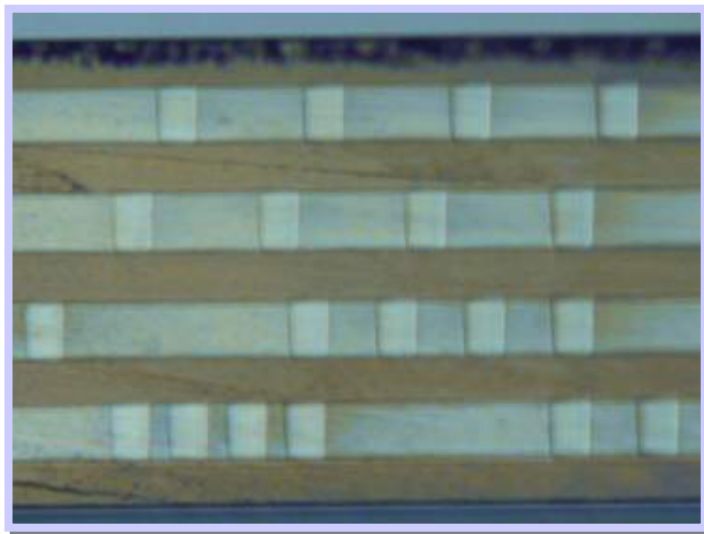
フォトアドレス法で加工した  
導波路の断面写真



# 新規プロセスで加工した光導波路の断面構造



Cross section of 50x50 μm core



Multiple layered waveguide

## == Special features ==

- Less physically treated surface
  - >> No etching, embossing, molding
- No side wall roughness
  - >> Minimal optical loss factor
- Higher density design possible
  - >> Diverse waveguide designs
- Size free
  - >> Up to photo mask size
- Very flat layers
  - >> Multiple stacking possible
- Heat resistant polymer matrix ( $T_g > 250^\circ\text{C}$ )
  - >> Lead-free solder process compatible
- Low dielectric constant ( $k < 2.5$  at 1GHz)
  - >> Function as an insulator

Large Core Size possible : - 100 μm

Small Core Size also possible : 5-20 μm

Each layer thickness adjustable : 5-100 μm

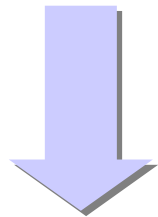
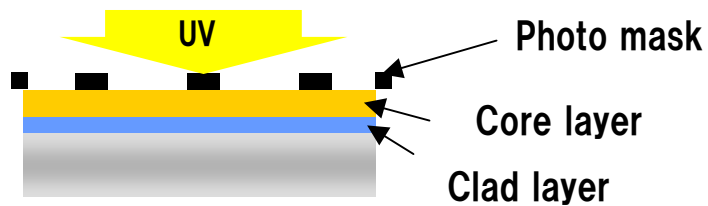
# 直接露光法との導波路加工プロセス比較

## 新規フォトアドレス法

### 1.Cast bottom clad & core layer

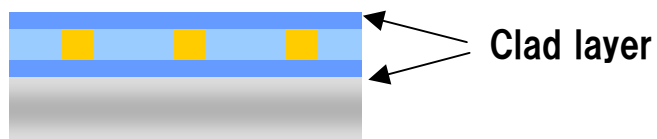


### 2.UV exposure through photo mask



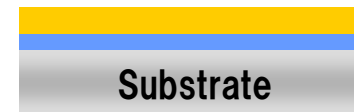
- No physical treatment
- No de-lamination
- No solvent waste

### 3.Cast upper clad

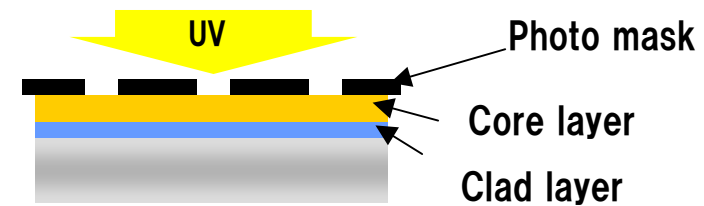


## フォトリソグラフィ法

### 1.Cast bottom clad & core layer



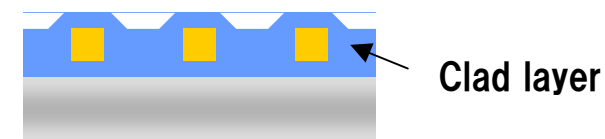
### 2.UV exposure through photo mask



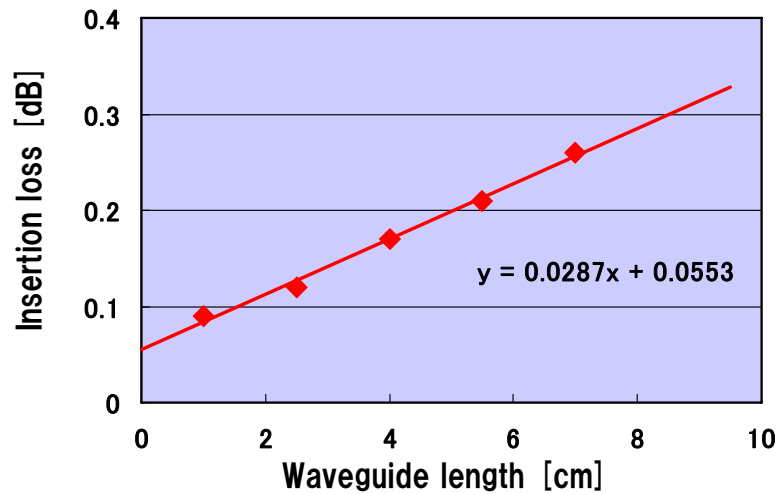
### 3.Develop core layer & post curing



### 4.Cast upper clad



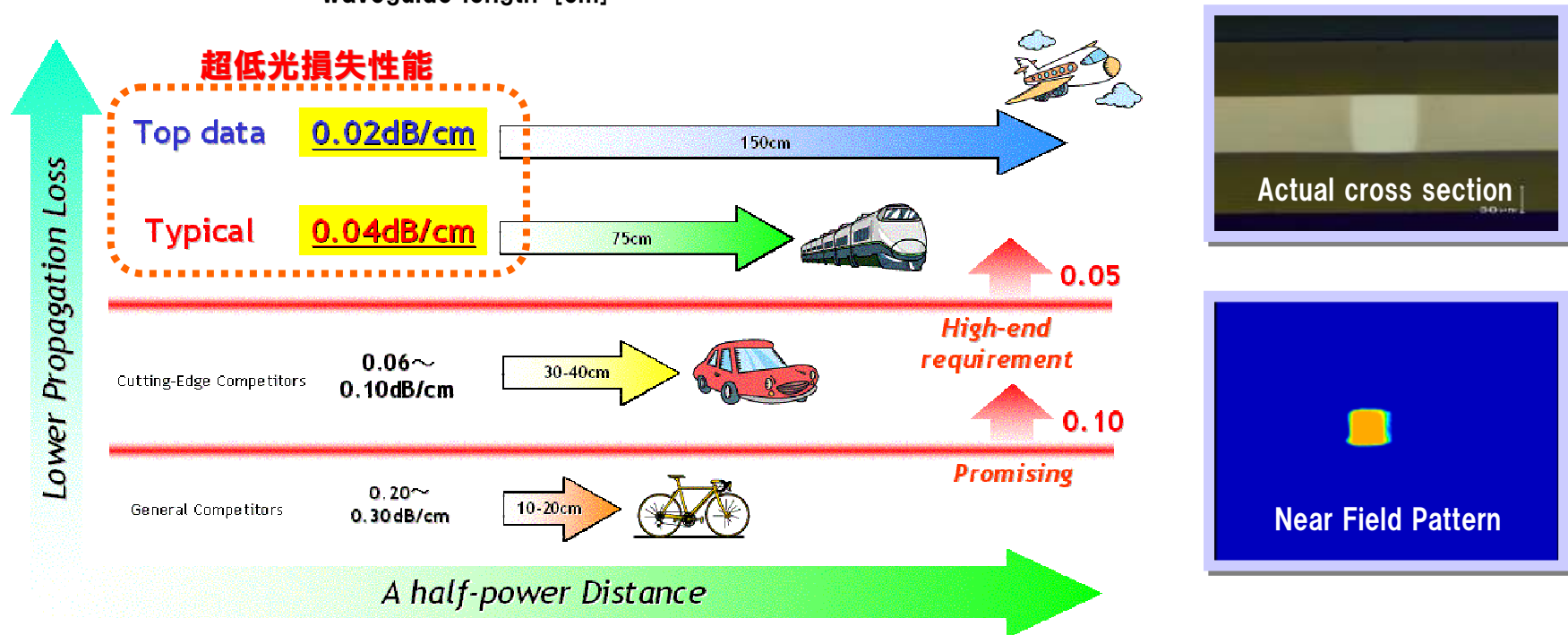
# 短波長 (850nm) における超低損失特性の達成



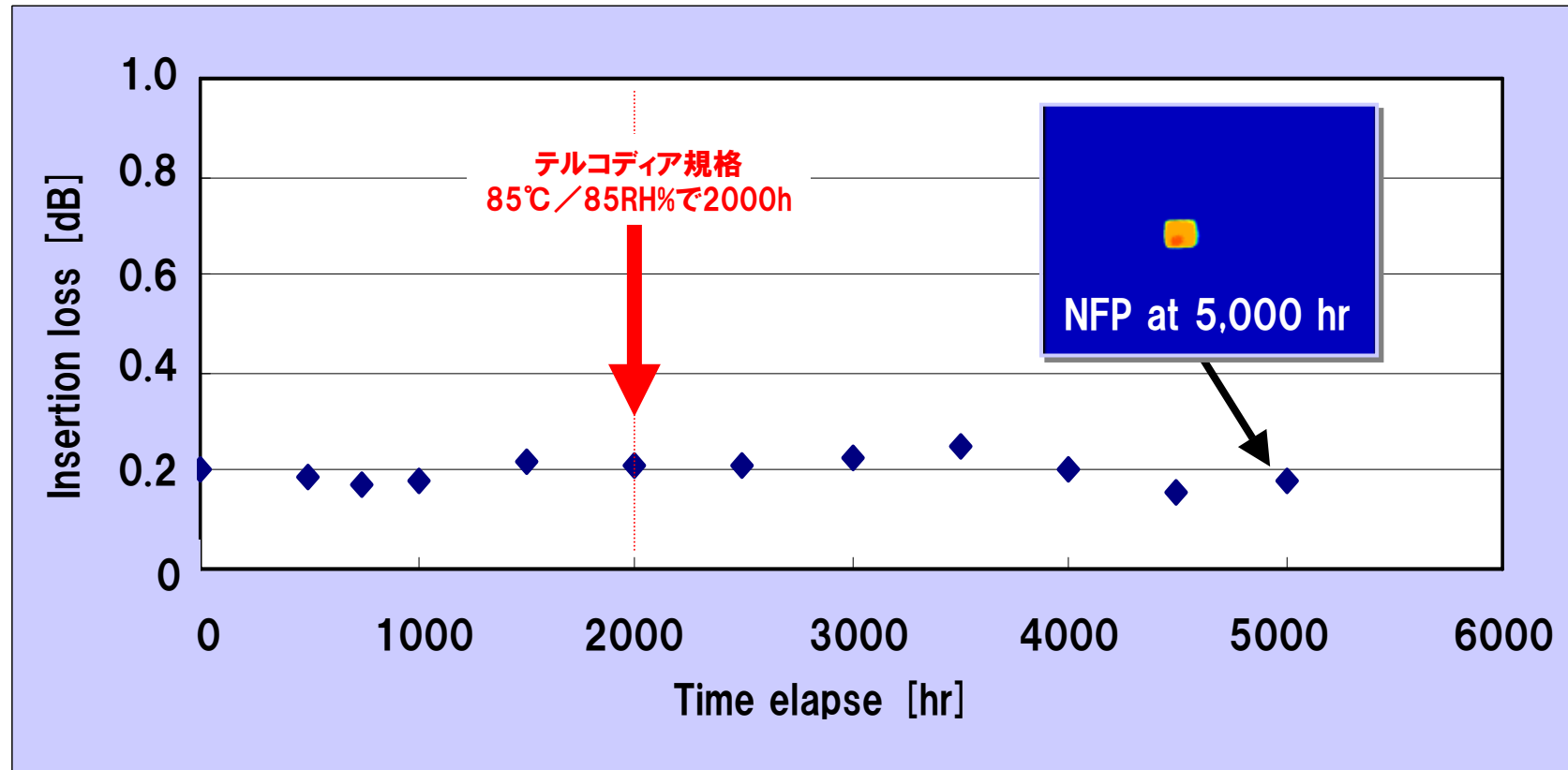
カットバック法

光伝搬損失  
**0.029dB/cm**  
 at 850nm

Average: less than 0.04dB/cm

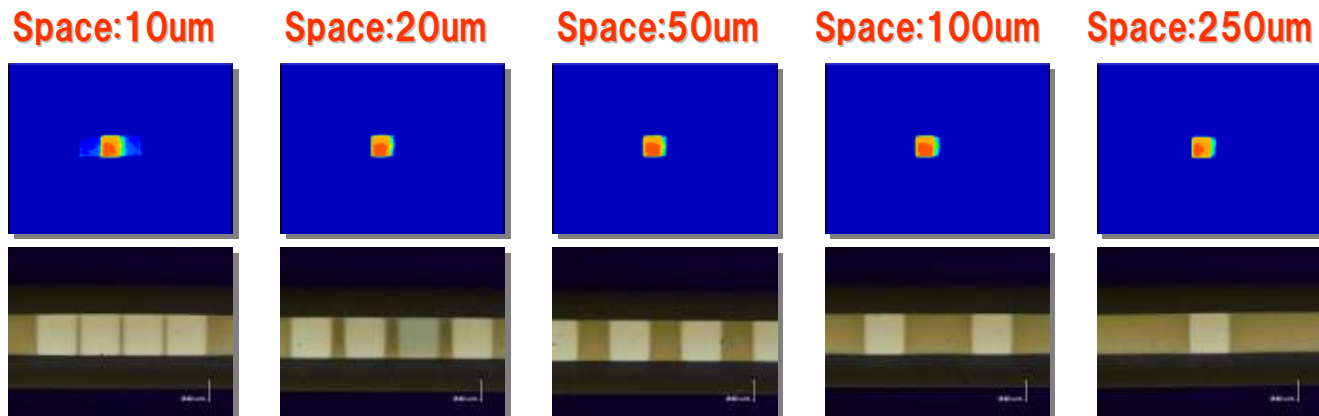
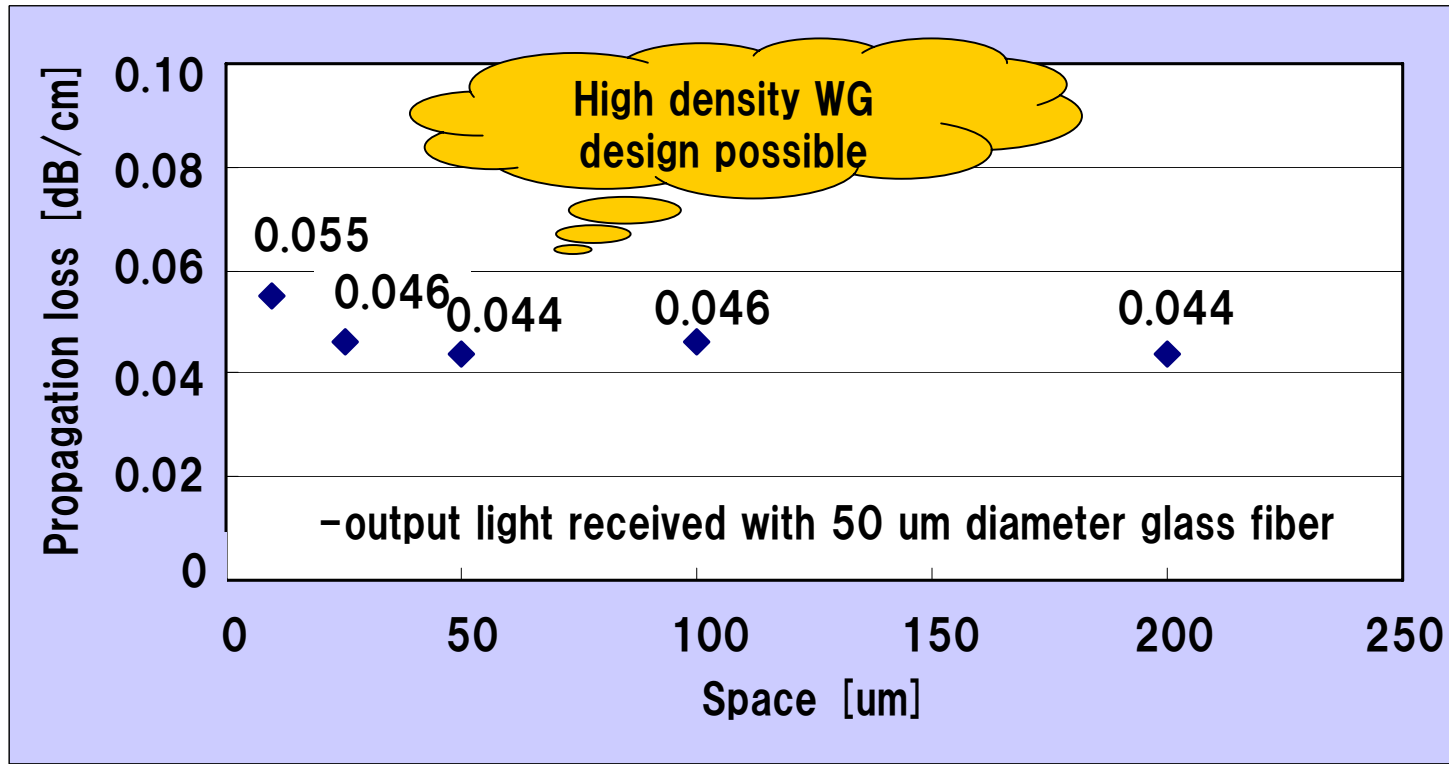


## 光損失の長期湿熱劣化(85°C × 85%RH)



85°C / 85%RHで、5000時間以上OK !

# 光配線の高密度化：伝搬損失のL/S依存性



# 導波路フィルムの耐屈曲性と光損失の変化

## IPC耐屈曲試験

屈曲部R	2.5mm
速度	500往復/min
光導波路長	30mm
屈曲回数	150万回

JIS C 5016 8.6 (耐屈曲性試験) 準拠

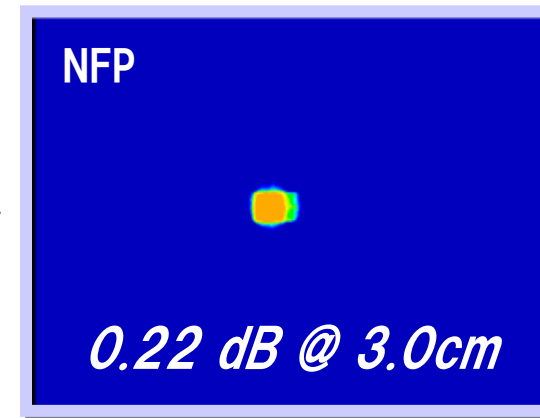
外観: 全く変化無し  
損失: ほぼ劣化無し

初期状態



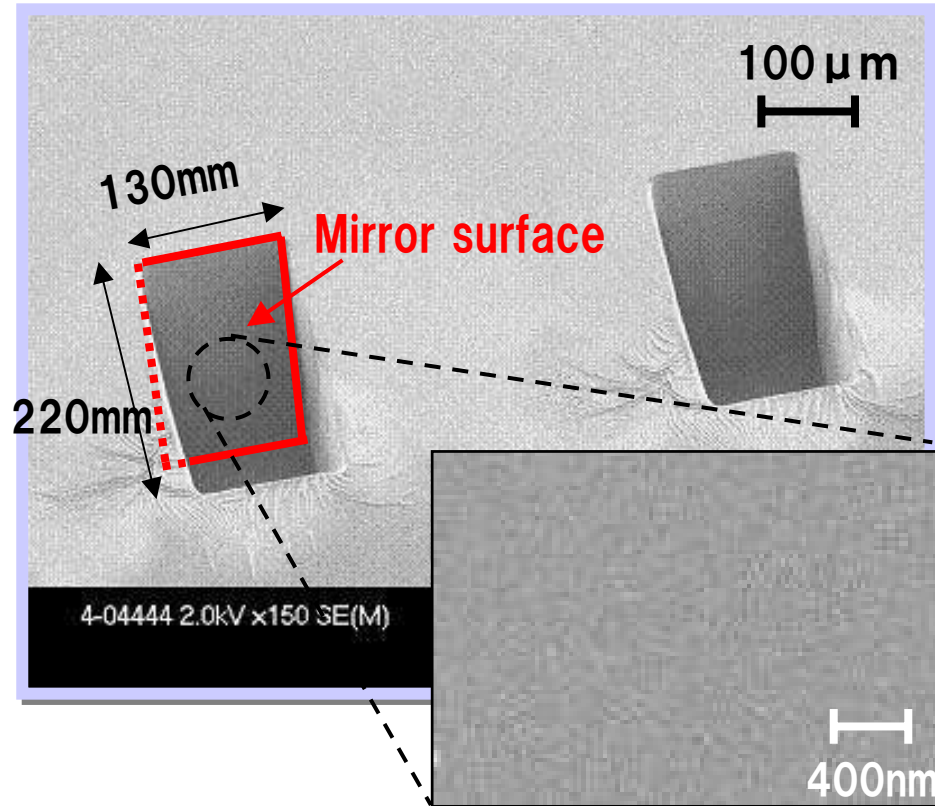
増加分  
0.07dB@3cm

150万回屈曲後

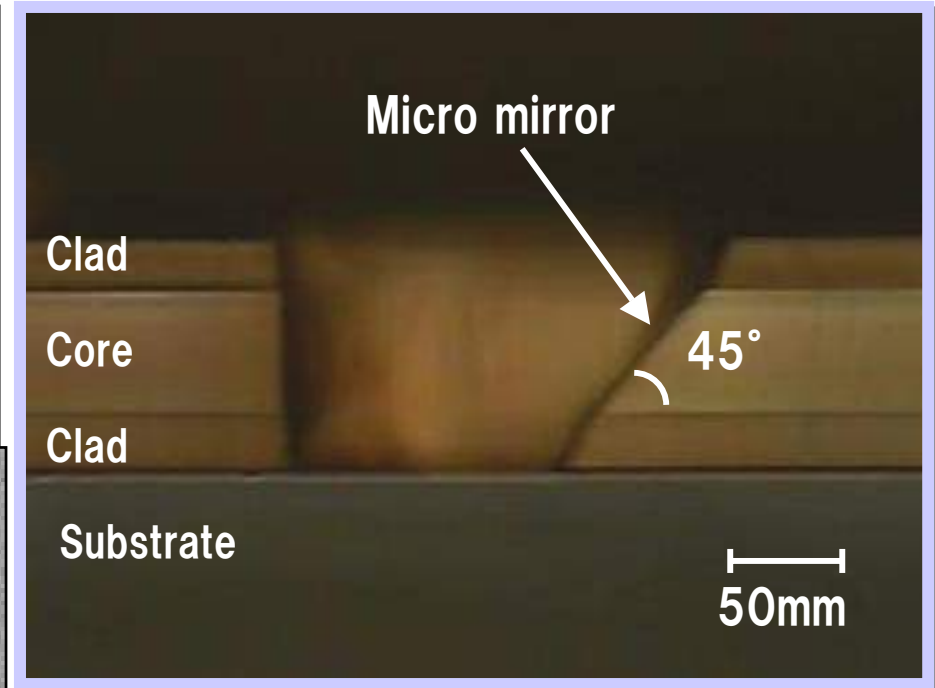




# 微小光路変換構造の検討



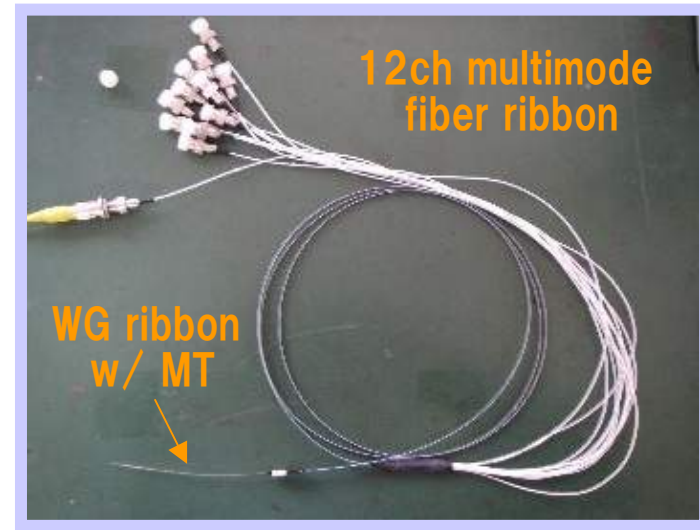
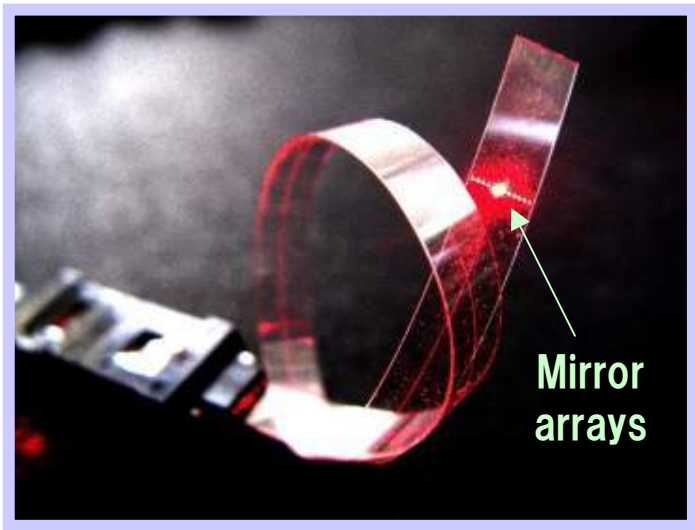
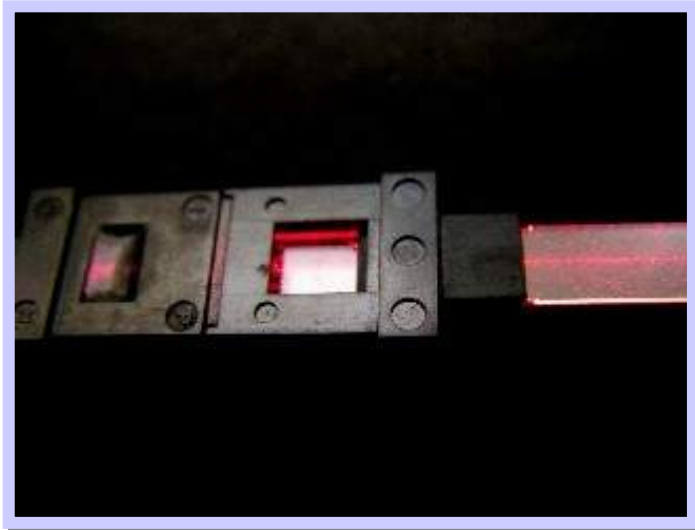
Bird's-eye view of tiny mirrors  
& its smooth surface (bottom)



Cross section of micro mirror  
Extremely smooth surface

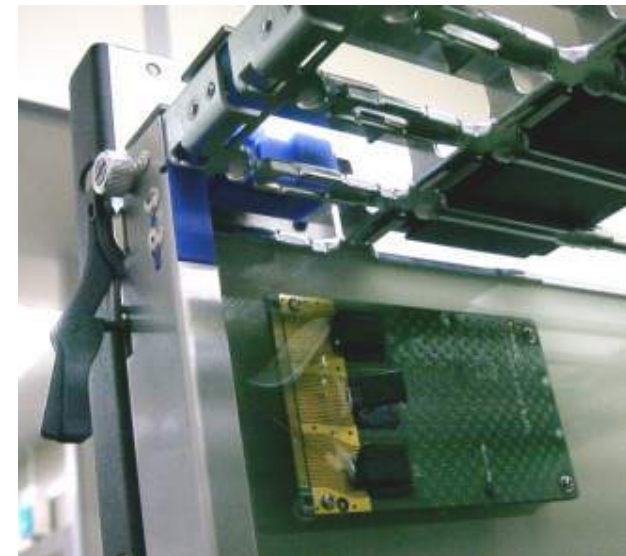
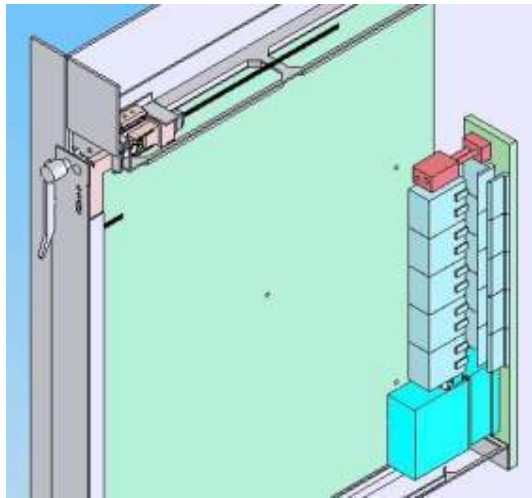
Loss at mirror : **0.5dB**

# リボン状導波路とMT型コネクタによるファイバ接続

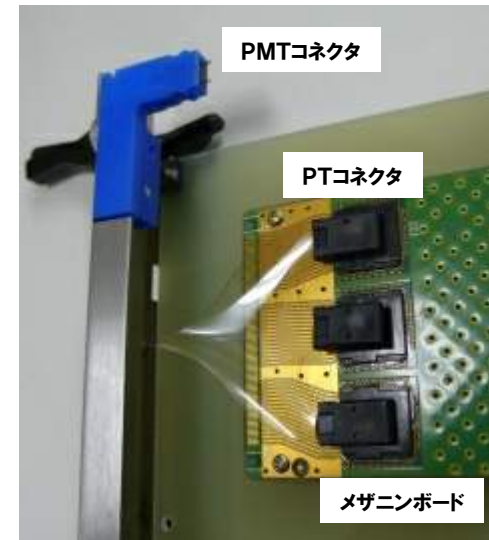
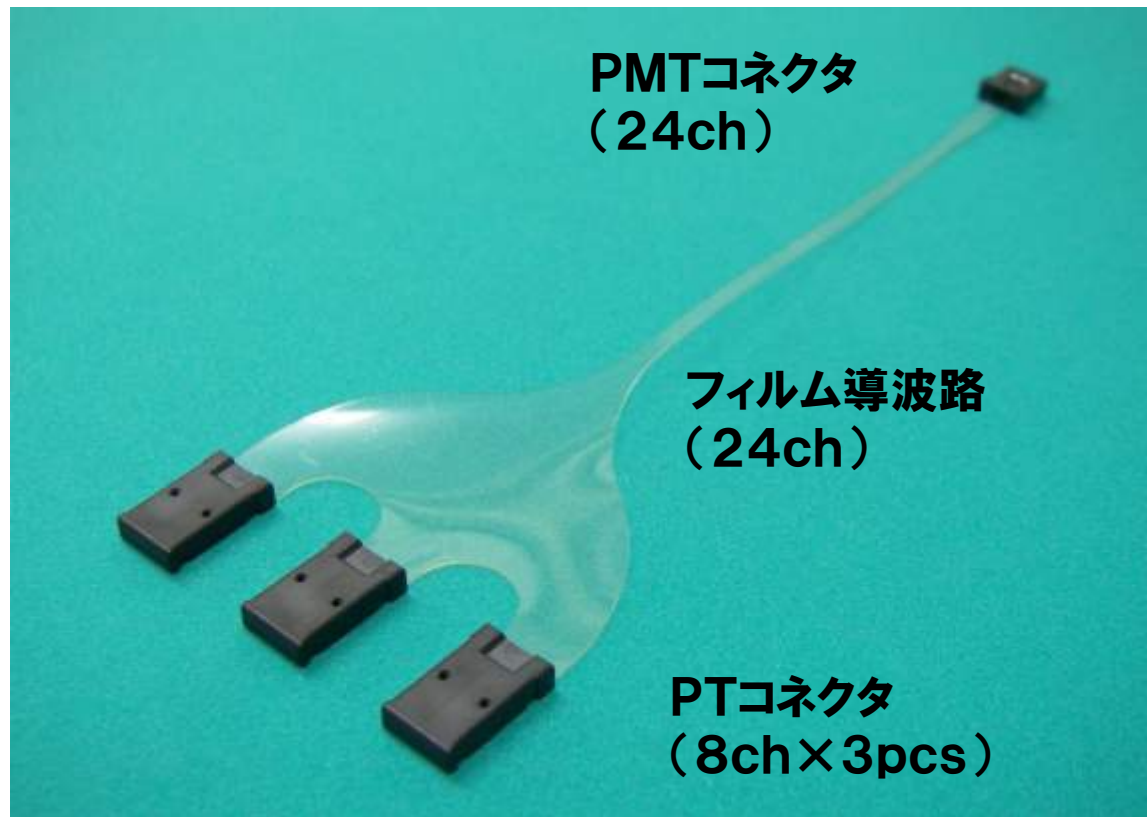
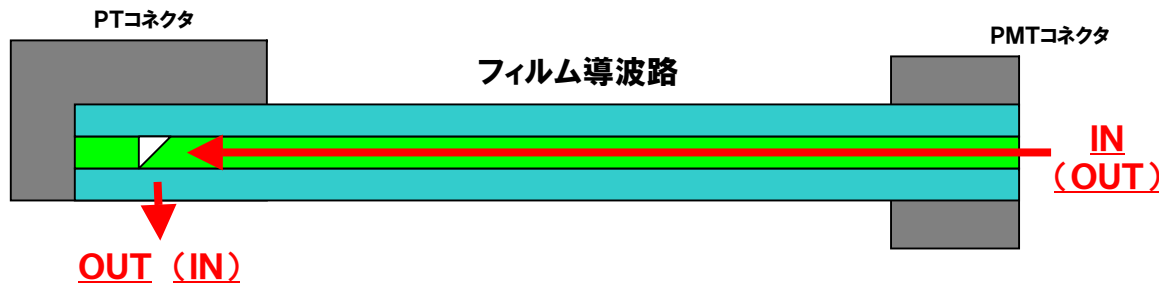


## ポリマーフィルム型(PF/PMT)光配線の検討

- 最大配線長20cmを総挿入損3dB以下で光結合
  - ⇒ 導波路損1dB以下 + ミラー損1dB以下 + 結合損1dB以下
- レイアウトの自由度や配線パターンの面取り効率を考慮
  - ⇒ 急峻な折り曲げ(2mmφ以下)に対応した柔軟配線
- 高密度光配線をフォトリソで簡便に作製
  - ⇒ 多芯一括結合: 4ch×送受×3箇所 合計24芯



# フィルム導波路型PT-PMTコネクタの概要



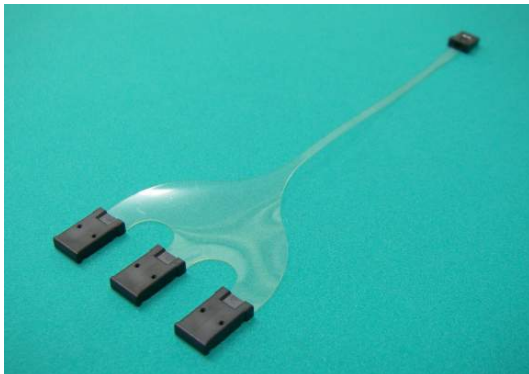
インターフェースカード  
(光インターコネクション部)



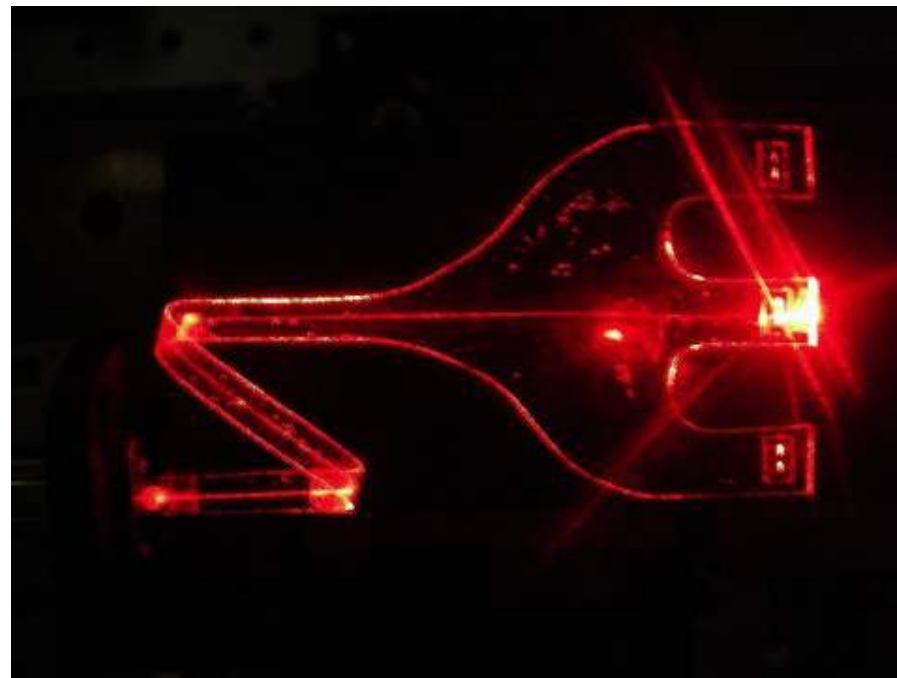
ATCAサーバモジュール全景

インターフェースカードとメザニンボードを、超低光損失・高屈曲ポリマー導波路で接続しました。

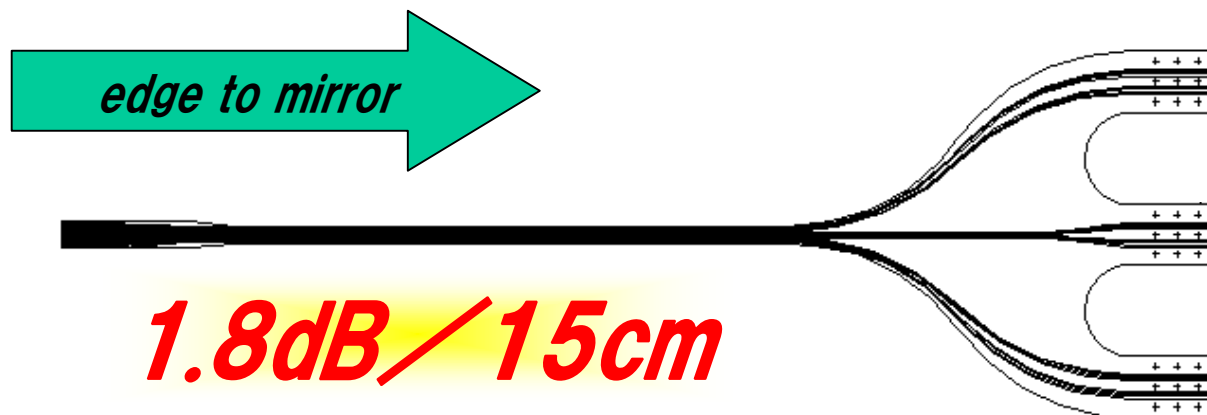
# 導波路の光学特性



フィルム導波路外観



可視光導入の様子(過剰光導入による導波路可視化)



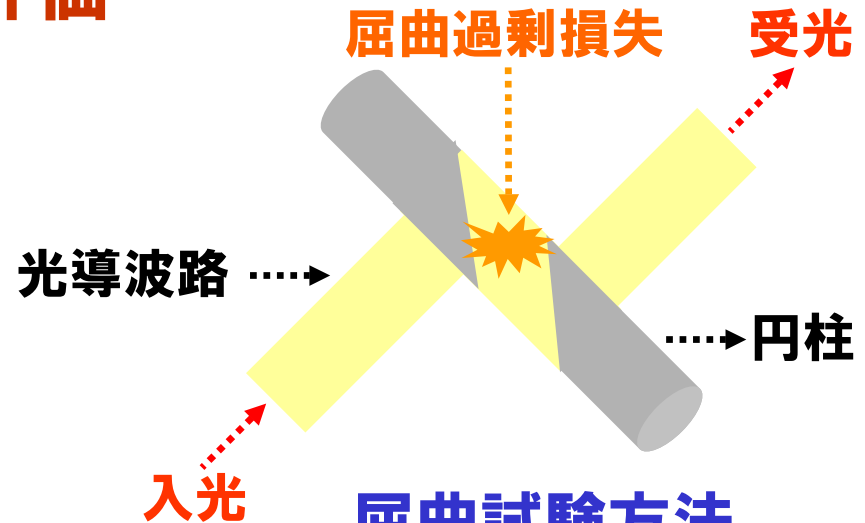
総挿入損で3dB / 20cm以下の超低損失導波路アレイを作成出来ました。

# 高屈曲用導波路の光学特性評価

## 折り曲げ過剰損失

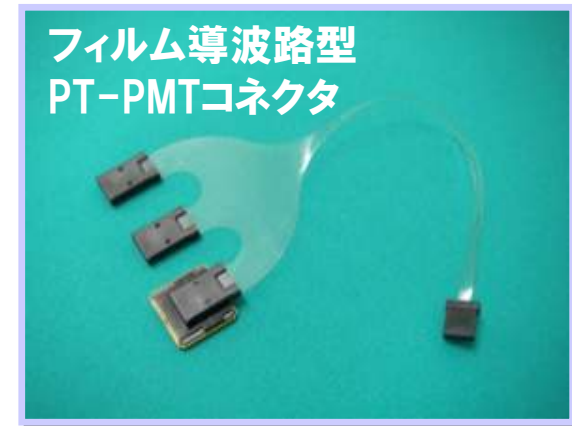
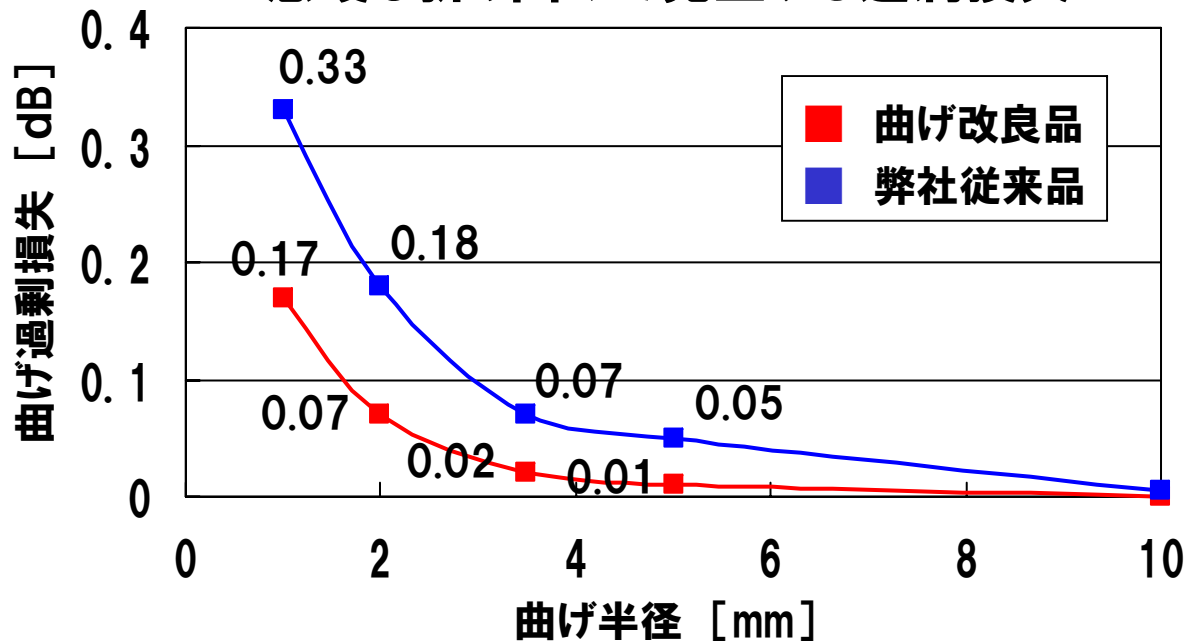
0.17dB @ 半径1mm

0.07dB @ 半径2mm



## 屈曲試験方法

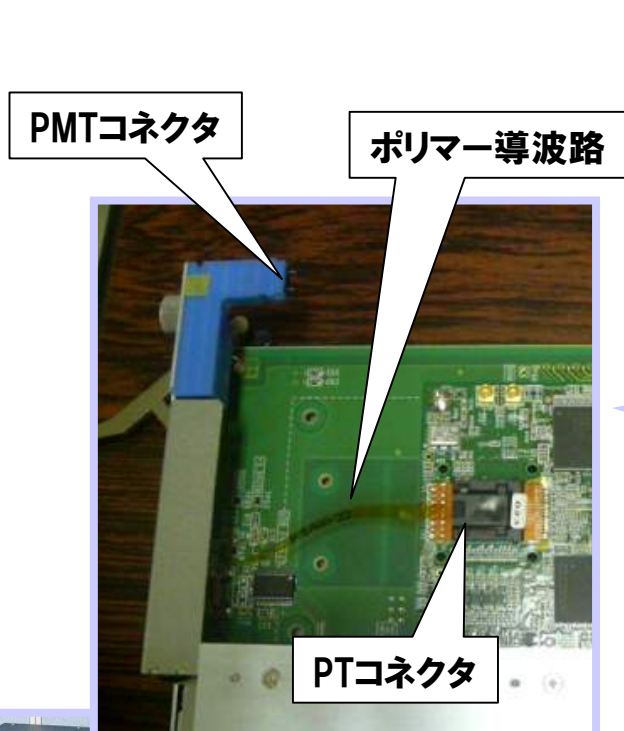
急峻な折り曲げで発生する過剰損失



コアサイズ: 50um  
 最大配線長: 約15cm  
 4ch×送受×3個=24芯

# ポリマー導波路 & PT/PMTコネクタ

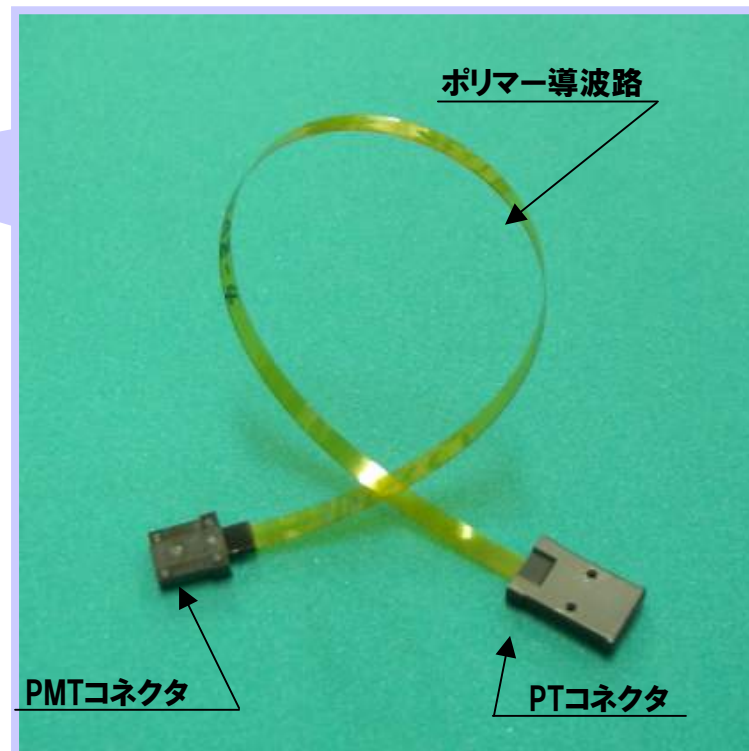
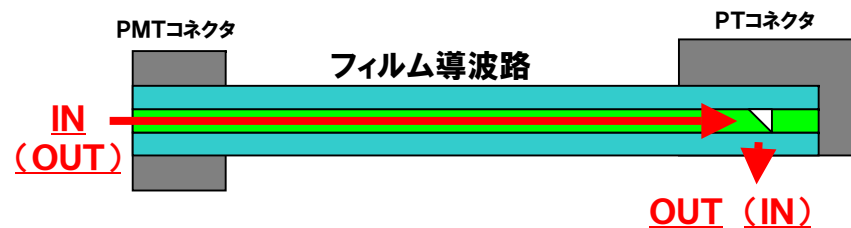
(JPCAショウ2008/JPCA標準化委員会ブースでの展示より)



カードへの取付状態



筐体全景  
(カード挿入前)



PMT/PT付きポリマー導波路モジュール

## 開発したポリマー光導波路の基本特性

項目		住友ベークライト	比較技術
導波路加工	材料系	ノルボルネン樹脂	エポキシやアクリル樹脂が一般的
	形成方法	UV露光(i線)	リソグラフィ、ナノインプリント等
	コア形成機構	屈折率自己変調	現像もしくは賦型による形成が殆ど
基本特性	光伝搬損失 [@850nm]	<b>0.03dB/cm</b>	0.1dB/cm前後が一般的
	耐熱性	<b>250°C以上</b>	200°C前後のものが殆ど
複合化適性	大面積化	◎	加工法によってはサイズに限界有り
	リフロー耐熱性 (鉛フリー)	◎	通常のエポキシやアクリルでは制約多
	基板加工性	○	加工法によっては工夫が必要か
	積層平坦性 (光回路多層化)	◎	リソグラフィでは平坦性の確保は難
	屈曲性	◎	屈曲と耐熱を両立するものは少ない



*Thank you for your visiting to our site...*

**連絡先**

住友ベークライト株式会社 <http://www.sumibe.co.jp>

オプト製品開発プロジェクトチーム 長木浩司

E-mail : [choki@sumibe.co.jp](mailto:choki@sumibe.co.jp)

(@前後のスペースを抜いてメールしてください。スパム対策のため。)