

OITDA規格  
**TP**  
Technical Paper

TP（技術資料）

光増幅器－光ファイバヒューズに  
関する一般情報

(General information for optical fiber fuse )

公表 2010 年 3 月

取纏委員会  
光増幅器標準化委員会

**OITDA**

発行：財団法人 光産業技術振興協会  
Optoelectronic Industry and Technology Development Association (JAPAN)

**OITDA 規格 TP (技術資料)****光増幅器－光ファイバヒューズに関する一般情報  
(英語題名 : General information for optical fiber fuse)**

これは、光産業技術振興協会の標準に関する TP (技術資料) である。TP (技術資料) は、規格になる前段階、標準化の技術的資料、規格を補足する などのために公表するものである。

**まえがき**

近年、WDM 光ファイバ伝送システムの多チャンネル化や分布ラマン増幅技術の導入、或いは CATV 用のクラッド励起型高出力光ファイバ増幅器の導入等により、光伝送出力の増大が進んでいる。このため光ファイバ内の高パワー光により誘起される光ファイバヒューズ現象による伝送用光ファイバや光部品の損傷が強く懸念されると共に、光ファイバヒューズ発生時の洩れ光による人体への危険性も指摘されている。このため IEC TC86 では、高パワー光による伝送用光ファイバや光部品の損傷、光ファイバヒューズを回避するための光コネクタの清掃方法、光増幅器の最大許容光パワー等に関する文書の発行あるいは検討が進められている。しかしながら、光ファイバヒューズに関して、発生メカニズム、検出方法、対処方法と共に光ファイバヒューズの特徴を総合的、包括的に記述した文書は無かった。

これらの背景を考慮し、本技術資料は、日本国内での規格化に向けに光ファイバヒューズに関する一般情報を技術資料としてまとめたものである。

## 目次

序文.....	3
1 適用範囲及び目的.....	3
2 引用規格.....	3
3 ファイバヒューズに関する一般情報.....	4
3.1 発生メカニズム.....	4
3.2 空孔形成メカニズム.....	7
3.3 光ファイバヒューズの一般特性.....	8
3.4 予防法及び停止法.....	10
4 まとめ.....	13
参考文献.....	14
解説.....	16

## TP（技術資料）

### 光増幅器－光ファイバヒューズに関する一般情報 (英語題名：General information for optical fiber fuse)

#### 序文

近年、WDM 光ファイバ伝送システムの多チャンネル化や分布ラマン増幅技術の導入、或いは CATV 用のクラッド励起型高出力光ファイバ増幅器の導入等により、光伝送出力の増大が進んでいる。このため、高パワー入射時に、例えば端面が汚れた光コネクタ端面等を起点として、光ファイバ内で青白い閃光が発生し、この閃光が光源に向かって比較的ゆっくりと進む。この現象は光ファイバヒューズと呼ばれている。光ファイバヒューズが発生すると伝送用光ファイバの破損や光通信用部品の損傷を誘起すると共に、それによって引き起こされる漏れ光による人体損傷や火災の危険性が強く懸念されている。このため IEC TC86 では、光ファイバや光受動部品の高パワー特性、光増幅器の最大許容光パワーに関する文書が発行されると共に、現在、高パワー入力に対する光受動部品の信頼性[1]、高パワー光によって引き起こされる光ファイバ破損を回避するための光コネクタの清掃方法[2]等に関する文書の発行あるいは検討が進められている。しかしながら、光ファイバヒューズに関して総合的、包括的に記述した文書は無かった。これらの背景を本技術資料は、光ファイバヒューズに関して一般情報をまとめたものである。

#### 1 適用範囲及び目的

この技術資料は、光ファイバヒューズの一般情報として、発生メカニズム、一般特性、予防方法及び停止方法に関して記述する。この文書の目的は光ファイバヒューズ問題に関する理解のための導入的な情報を与えることである。

#### 2 引用規格

次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの引用規格のうちで、西暦年を付記してあるものは、記載の年の版を適用し、その後の改正版（追補を含む）には適用しない。西暦年の付記がない引用規格は、その最新版（追補を含む）を適用する。

IEC/TR 62547: *Guideline document for the measurement of high power damage sensitivity of single mode fibre to bends and guidance for interpretation of results*

IEC 61300-2-14: *Fibre optic interconnecting devices and passive components - Basic test and measurement procedures - Part 2-14: Tests - Optical power handling and damage threshold characterization*

IEC/TR 61292-4: *Optical amplifiers - Part 4: Maximum permissible optical power for the damage-free and safe use of optical amplifiers, including Raman amplifiers*

### 3 ファイバヒューズに関する一般情報

#### 3.1 発生メカニズム

光ファイバヒューズ現象は 1987 年に Kashyap らにより発見された[3]。光ファイバヒューズ現象が光ファイバ内で発生すると、光ファイバ内で青白い閃光が発生し、この閃光が光源に向かって比較的ゆっくりと進む。また、閃光が伝搬した後の光ファイバは、コア部分に損傷(規則的若しくは不規則的に熔融/空洞化)を受け、光通信に使用不能となる(図 1 参照)。光ファイバヒューズを意図的に発生させる手段としては、光ファイバ端に光吸収性物質を塗布する方法、融着接続器により加熱する方法の他に、光ファイバの曲げや結び目の形成、バーナや加熱炉により加熱する方法等が報告されている。このため、光ファイバヒューズは、光ファイバの局部が損失等による加熱によって高い温度になることで誘起されると考えられている。

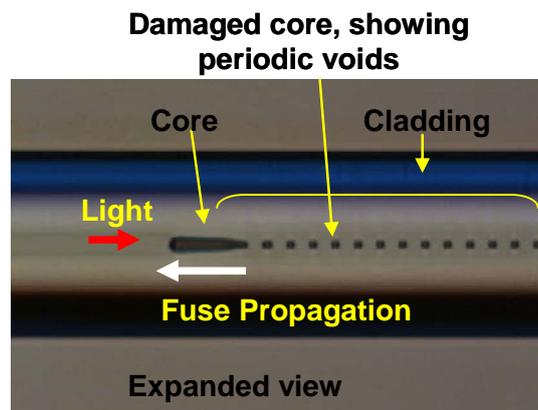


図 1 光ファイバヒューズによって形成された空孔の写真

光ファイバヒューズの発生メカニズムとして、いくつかのモデルが提案されている。以下に代表的なものを示す。

- 1)自己推進自己収束(self-propelled self-focusing) モデル[3]:加熱された物質で引き起こされる”なだれイオン化(avalanche ionization)”により光ファイバコア部の自由電子密度が局部的に増大することで光の自己収束が起こり、この収束光によって光ファイバコアが加熱され、光ファイバヒューズが誘起されるモデル。
- 2)熱衝撃孤立波(solitary thermal shock wave)モデル[4]:局所的な熱レンズにより、光ファイバコアの焦点位置のガラスが熔融・蒸発を誘起するモデル。
- 3)発熱化学反応(exothermic chemical reaction)モデル[5]: Ge 添加光ファイバの Ge に関連した欠陥による光吸収と発熱によりコアが熔融するモデル。
- 4) 放射性衝突反応 (radiative-collision reactions) モデル[6]: 石英ガラスの熱分解反応で生成した SiO 分子と酸素原子とが互いに衝突して Si に結合していた酸素原子の交換が起こる際に、光吸収が発生して光ファイバコアが熔融するモデル。
- 5)SiO 吸収加熱モデル[7]: 石英ガラス加熱時の熱化学反応により生成される SiO の光吸収によりコアが加熱、熔融されて光ファイバヒューズが誘起されるモデル。

これらのモデルのうち、1)は自由空間を広がって伝搬するレーザ光に適用される自己収束現象を当初から狭いコア内に閉じ込められて伝搬している光ファイバ中の光に適用する点に無理がある、2)は熱レンズの発生機構が不明、3)は Ge を含まない光ファイバでの説明が出来ない、4)は欧米の研究者にはなじみの薄い放射性衝突反応を仮定しているため、1)~4)は汎用性の観点に欠けている。それに対して 5)は、現象の本質を的確に、しかも実験事実との整合性まで含めて汎用的に説明できるモデルである。図 2 に Si 吸収加熱モデルを示す。図中の  $\alpha(1/m)$

は単位長さ当たりの SiO による吸収係数(波長 1064nm)を示す。SiO 吸収加熱モデルによる光ファイバヒューズの発生過程は以下に示す①～⑤の順で説明できる。

- ① 光ファイバが 2000 度以上の高温に加熱されると光ファイバの構成分子である SiO<sub>2</sub> から SiO の生成が顕著に起こる。
- ② 高温において SiO は大きな光吸収を有しており,生成された SiO による光吸収によって,光ファイバの加熱が一層加速される。
- ③ 光ファイバのコア中で, SiO に起因する発熱が起こると,熱伝導によって,この熱は光ファイバの外側や長手方向の温度が低い部分に拡散する。
- ④ 発熱量が,発熱部の熱が周囲に拡散する熱量を超えると,光ファイバのコアは熱源である SiO が熱分解し,プラズマ状態になり,その温度は 1 万度以上に達する。
- ⑤ 上記過程によって発生したプラズマ状態が,光源からの光パワーによって連鎖的に継続し,光ファイバ中を光源側に伝搬する。

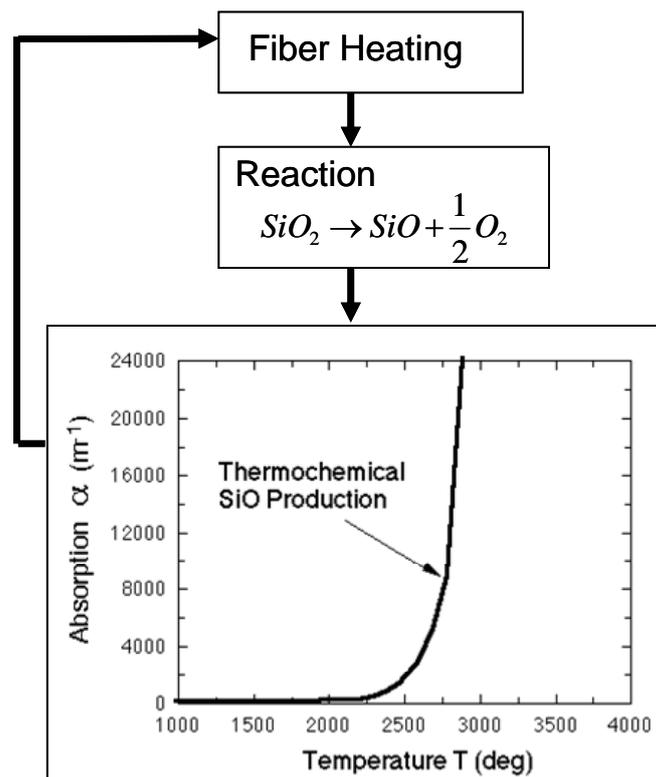


図 2 SiO 吸収加熱モデル

図 3 に, SiO 吸収加熱モデルを用いてシミュレーションした結果を示す。z は光ファイバ長手方向座標 (レーザー光の進行方向) を示し, +方向にレーザー光は進行する。また,  $r/r_f$  は光ファイバの径方向の距離  $r$  を光ファイバ半径  $r_f$  ( $=62.5 \mu m$ ) で規格化した値であり,  $r/r_f = 0$  は光ファイバのコア中心を示す。図は  $z=0$  において光ファイバコアの微小長 (長さ:  $500 \mu m$ ) が 2500 度に加熱された状態を初期状態(時刻:  $t=0$ )として, 2 W のレーザー光 (波長: 1064 nm) が入射した場合の 1ms ( $t=1ms$ ) 後, 22ms ( $t=22ms$ ) 後および 43ms ( $t=43ms$ ) 後の光ファイバ内の温度分布を示す。計算結果が示すように, 1 秒後に 2500 度に加熱されたコアの微小長部分 ( $z=0$ ) に 5 万

度を越える熱ピークが発生し、この熱ピークが  $0.4 \text{ m/秒}$  程度の速度で  $-z$  方向に進む結果が得られる。この計算によって得られた熱ピークの伝搬速度は実験的に観測されている光ファイバビューズの伝搬速度[8,9]と非常に一致が得られている。なお、この熱ピークの伝搬挙動は、散逸ソリトン(dissipative soliton)としてとらえることができる[10]。

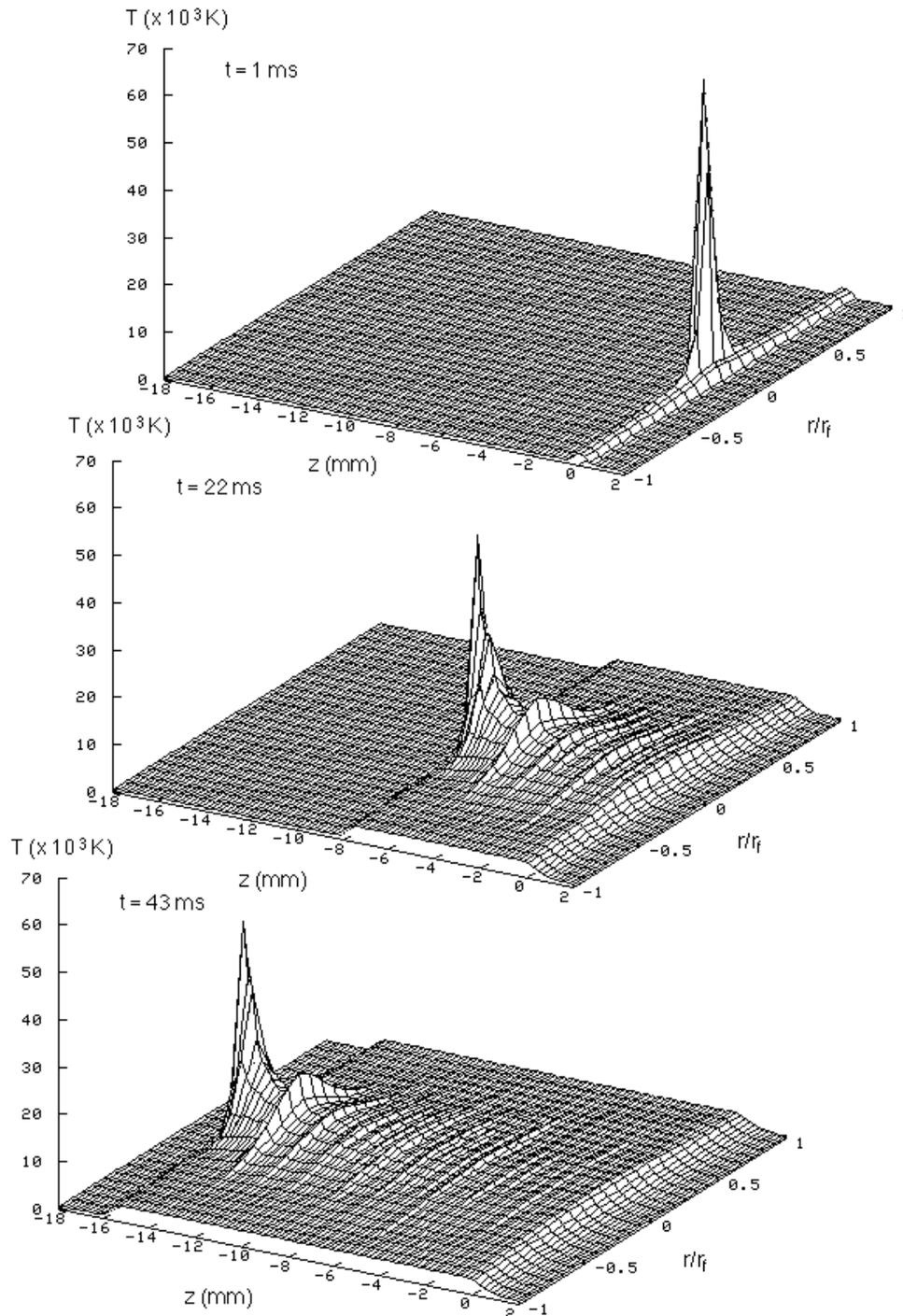


図 3 SiO<sub>2</sub> 吸収加熱モデルによるシミュレーション結果

光ファイバコアの微小長（長さ： $500 \mu\text{m}$ ，位置： $z=0$ ）が  $2500$  度に加熱された状態を初期状態（時刻： $t=0$ ）に  $2 \text{ W}$  のレーザー光（波長： $1064 \text{ nm}$ ）が入射した場合の、 $t=1 \text{ ms}$  後、 $22 \text{ ms}$  後および  $43 \text{ ms}$  後の光ファイバ内の温度分布

### 3.2 空孔形成メカニズム

空孔の形成メカニズムは、光ファイバヒューズによって加熱された熔融ガラスの状態を直接観測することで解明できるが、熔融ガラスからの強い光(黒体放射。温度にして数千度から一万余千度以上[11])のため直接観測は困難である。しかし、光ファイバヒューズにより形成された空孔を観測することで同形成メカニズムが推察されている。図4に周期空孔形成のメカニズムを反映していると考えられる、空孔列の組写真を示す[12]。これらは、単一モード光ファイバに7Wのレーザー光(波長1480nm)を供給して光ファイバヒューズを発生させた後、光源を瞬断して作った複数の試料に残された、空孔列の先頭部分の光学顕微鏡写真である。右側の空孔列の位置を揃え、左側の先頭部分の位置が伸びる順に並べてあり、空孔1個が生成する周期20 $\mu$ sの間に起こっている構造変化が凍結されたものと考えられる。この図より、空孔は

- ①先頭の細長い空孔の中程にくびれた部分が現れ(図4(1),(2)),
- ②それが光ファイバヒューズの進行方向とは逆の方向に移動し(図4(3),(4)),
- ③遂にはその細長い空孔の末尾を切り離すに至る(図4(5))。
- ④切り離された空孔はプラズマからの圧力を受けて潰され(図4(6),(1)),
- ⑤弾丸形状になって固化する(図4(2), (3))

ことで形成されると推察できる。なお、空孔の切り離しを支配する物理現象として、Rayleigh不均一性[12]や、プラズマ-ガラス界面に誘起された電荷の反発[16]が考えられている。

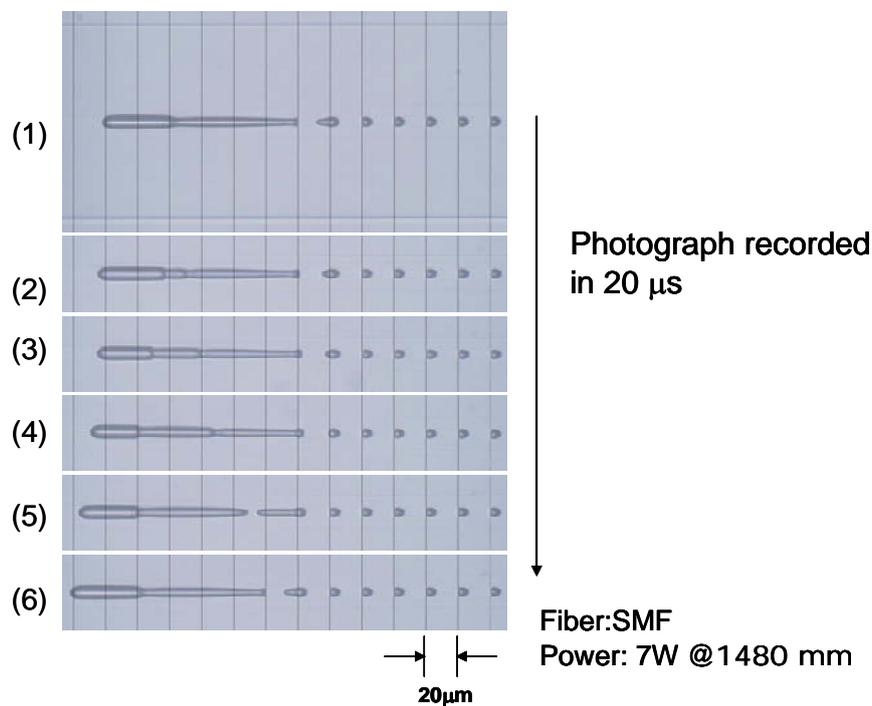


図4 周期的空孔生成のメカニズムを反映していると考えられる組写真  
(7.0 W 1480 nm のレーザー光を供給して発生させた損傷。  
この動画は文献[12]の電子版(Fig. 7)で閲覧可能)

### 3.3 光ファイバヒューズの一般特性

本項では、光ファイバヒューズの基本特性として、光ファイバ中に形成されるプラズマの伝搬特性、および空孔の周期性に関して説明する。

図 5 に、光ファイバヒューズの発生過程を高速カメラで撮影した映像(図 5(a)および(b))と、残されていた空孔の光学顕微鏡写真(図 5(c))を示す[14]。光ファイバヒューズは単一モード光ファイバにハイパワー光を入射し、同光ファイバの出射切断面に光吸収性粉末を押し当てることで発生させた例である。光ファイバに入射する光パワーは 9W、波長は 1480 nm である。周期的空孔列が発生し始めるのは切断面から離れた場所(本例では約 300  $\mu\text{m}$ )であり、そこに至るまでに予備的なプロセスがあることが分かる。また、光ファイバヒューズによるプラズマが空孔を形成しながら移動する速度は、図 5(b)に示すように高速カメラで観測した波形の間隔が一定であることから、数  $\mu\text{s}$  間隔で観測する限りにおいては、一定で有ることも合わせて分かる。

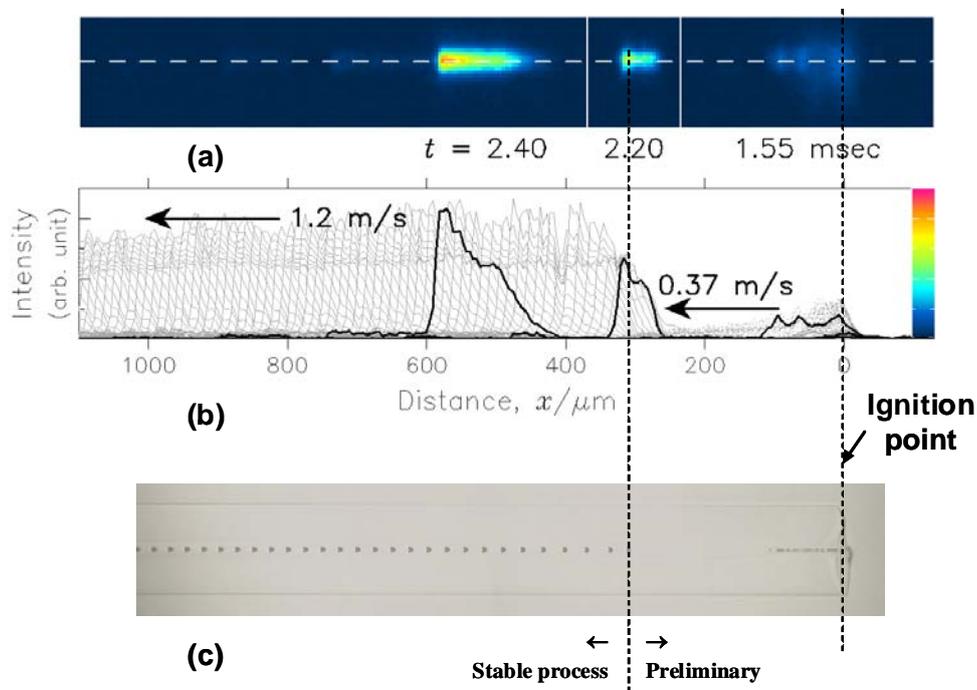


図 5 (a)高速カメラで撮影した光ファイバヒューズ発生プロセスにおける可視光放射写真(カラースケール), (b)同写真上の点線に沿った強度分布の時間変化(10  $\mu\text{s}$  間隔), (c)残された損傷の光学顕微鏡写真。  
(この動画は文献[14]の電子版(Fig. 3)で閲覧可能)

図 6 に、光ファイバに供給する光の波長が 1064nm と 1480nm の場合の光ファイバヒューズの供給する光強度に対する伝搬速度（図中の丸印は[8,9,15]からのデータ）を示す[7]。光ファイバは単一モード光ファイバである。光ファイバヒューズの伝搬速度は光強度の増加により増加し、0.2~1.2mm/s の速度を有する。また本図には、SiO 吸収加熱モデルを用いて計算された結果（実線）[7]を合わせて示している。実験結果と SiO 吸収加熱モデルを用いて予測された速度は非常に良い一致をしている。

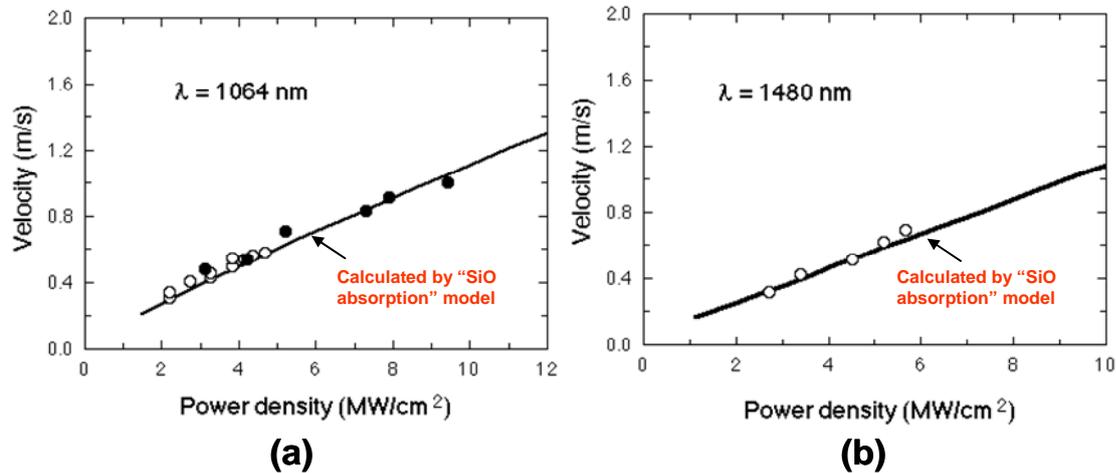


図 6 光ファイバヒューズの供給する光強度に対する伝搬速度

さらに、図 7 に光ファイバヒューズに供給するレーザ光(波長 1480 nm)強度を変えて作成したさまざまな空孔列の写真を示す[12]。ある特定の条件では周期性を失うが、その他の場合には光強度の増加とともに空孔間隔が長くなるのが分かる。なお、この条件において供給するレーザ光強度が 1.2W 以下になると光ファイバヒューズは伝搬を維持できず消滅してしまう。なお、光ファイバヒューズの伝搬を維持できる最低の光強度は光ヒューズ伝搬光閾値と呼ばれる。

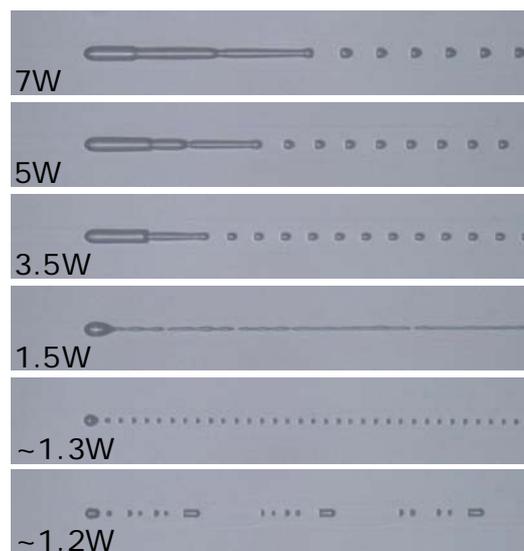


図 7 単一モード光ファイバに形成された空孔列のレーザ光強度依存性を示す  
光学顕微鏡写真  
(上からレーザ光強度が 7W, 5W, 3.5W, 1.5W, ~1.3W, ~1.2W 時の写真を示す)

### 3.4 予防法及び停止法

光ファイバヒューズが発生すると光ファイバは損傷を受けるため、光ファイバヒューズを引き起こさないようにするための予防法と、万が一、発生した場合にもその被害を拡大せず瞬時に遮断する停止法が必要である。

予防法に関しては、光ファイバヒューズの主要発生要因の一つである光ファイバコネクタ端面の汚れ対策が重要である。本対策を記述した IEC 文書：高パワー光によって引き起こされる光ファイバ破損を回避するための光コネクタの清掃方法[2]が発行される予定である。また、近年、光ファイバヒューズが発生あるいは伝搬するための光強度以内に光ファイバ中の光強度を抑えるための光部品として光ヒューズ、光リミッタが開発され[16]、同光部品のシステムへの適用が注視されている。

一方、停止法としては、

- ① 光ファイバコアのモードフィールド径を拡大する等により、光ファイバヒューズの伝搬する光閾値を増加することで光ファイバヒューズを阻止するパッシブ法
- ② 光ファイバヒューズが発生しているときに観測される特有の戻り光を検知し、光ファイバヒューズを引き起こす光源の出力を停止あるいは低減するアクティブ法

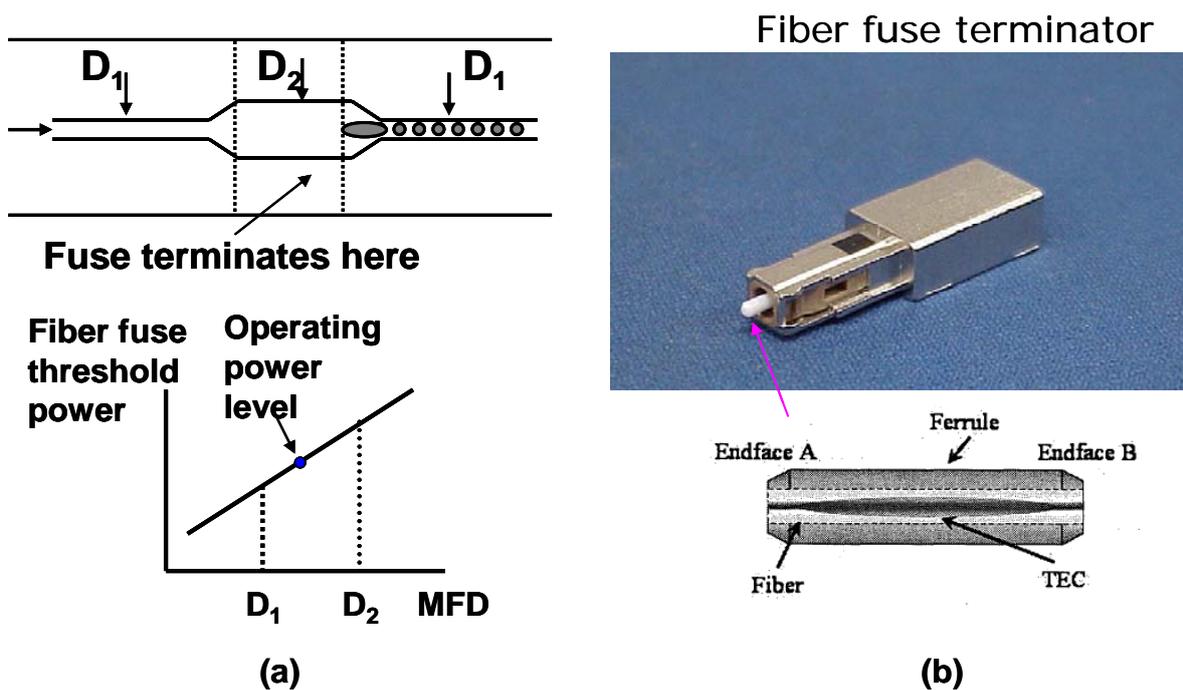


図 8 光ファイバヒューズ・パッシブ停止法の原理および TEC 構造を採用して開発された光ファイバヒューズ・停止部品の写真

が提案されている。パッシブ法の原理を図 8(a)に示す。光ヒューズ伝搬光閾値は光ファイバのモードフィールド径(MFD : Mode Field Diameter)に比例して増加する[17]。このため、光ファイバのコアに対してテーパ構造[18]、TEC(Thermally-diffused Expanded Core)構造[19]を採用することで光ヒューズ伝搬光閾値を増加することが可能であり、MFD を拡大した部分で光ファイバヒューズが停止できる。図 8(b)に、TEC 構造を採用して開発された光ファイバヒューズ・停止部品の写真を示す[19]。伝送用ファイバに接続する部分における光ファイバコアの MFD は通常の光ファイバと同じであるが、本部品内部のファイバコアの MFD は拡大されている。内部ファイバコアの MFD を  $20\sim 30\mu\text{m}$  に拡大することで、2W の強いレーザー光 (波長 1480nm) によって発生された光ファイバヒューズを TEC 部で停止できることが実現できている。また本写真では MU プラグ型のもを示しているが、他の SC, LC 等のプラグにも容易に適用可能である。また、光ヒューズ伝搬光閾値を高くする方法として、ホールアシスト構造も有効であることが報告されている[20-23]。図 9 はホールアシストファイバを用いることで、図中右から左に伝搬している光ファイバヒューズ(入射光の波長は 1550 nm)がホールアシストファイバ中で停止されていることを示す写真である[20]。ホールアシスト構造による光ファイバヒューズの停止は、ホールアシストファイバの空孔間隔が狭い場合、同空孔層による断熱効果により高温エリアが限定され、熱吸収源である SiO<sub>2</sub> の量が不足するため、光ファイバヒューズを伝搬するために必要な温度に達しないためであると推察されている[21]。ただし、空孔構造との関係など光ファイバヒューズの停止メカニズムについてのさらに詳細な検討が必要である。

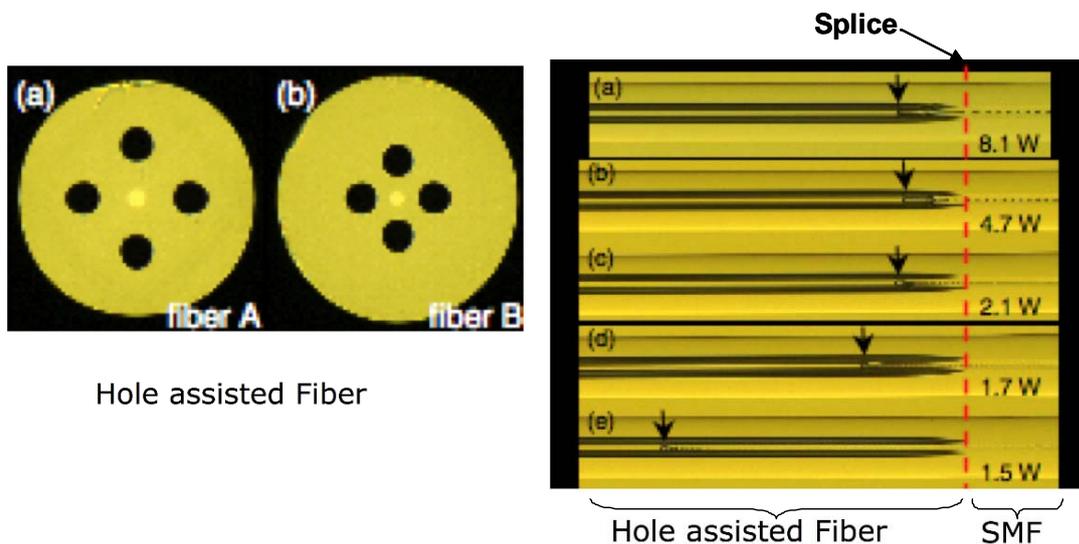


図 9 ホールアシストファイバを用いた光ファイバヒューズを停止した例

アクティブ法は、光ファイバヒューズの発生を検知して、光ファイバヒューズを引き起こしている光を停止する方法である。図 10 にアクティブ法の構成例を示す[24]。本構成では、空孔形成部から反射される反射光を光受光器で受光し、その受光器から出力される電気信号を DC フィルタを通過させて電気パワーセンサ(判別器)に入力して、光ファイバヒューズの発生を検知する。光ファイバヒューズの発生を検知した場合、同電気パワーセンサから光ファイバヒューズを引き起こす光源に出力停止信号送り、光源の出力を停止することで光ファイバヒューズを停止する。図 11 に光受光器から出力される電気スペクトル特性(図 11(a))と、光ファイバヒューズの発生を判断する電気パワーセンサからの電気出力特性(図 11(b))を示す。使用した光ファイバは単一モード光ファイバ、光ファイバへ入力光強度 : 2.75W である。光ファイバヒューズの伝搬速度は 0.45m/s である。光受光器から出力される電気スペクトルは光ファイバヒューズが発生すると、電気スペクトル強度が広い範囲(1MHz)にわたって約 40~50dB 上昇する。また、光ファイバヒューズによって形成される空孔の間隔に対応する周期周波数スペクトル成分 ( $f_c$  間隔、本例では 31KHz 間隔) とドップラシフトに対応する周波数スペクトルが周波数  $f_D$

(本例では 876.6KHz) が現れる。なお、光ファイバヒューズを発生させる光の波長を  $\lambda$  とすると、 $f_D$  と  $f_c$  は以下のように表せる。

$$f_c = v/p$$

$$f_D = 2nv/\lambda$$

ここで、 $p$  (本例では 14.5 $\mu$ m) は光ファイバヒューズによって形成される空孔間隔、 $n$  は光ファイバの屈折率、 $v$  はヒューズ形成速度である。

本アクティブ法では、光ファイバヒューズによる電気スペクトル強度の増加を電気パワーセンサ(判別器)で感知し、光ファイバヒューズを引き起こす光源に対して図 11(b)に示す電圧信号を出力して停止させる。アクティブ法の応答速度は電気パワーセンサ (判別器)の電気出力特性に示すように、数 msec 以下であるため、光ファイバヒューズによる障害の被害を最小限にとどめることが可能である。

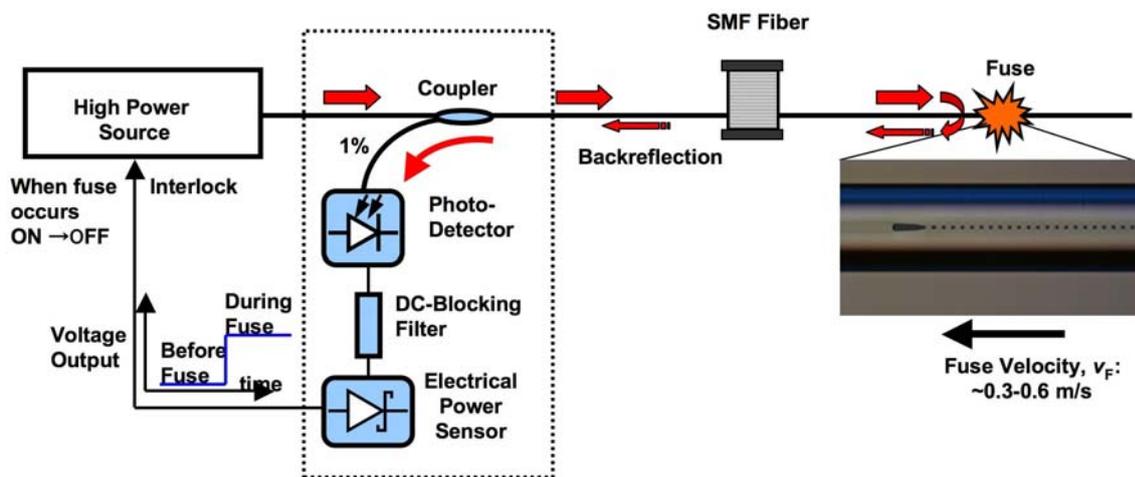


図 10 光ファイバヒューズ・アクティブ停止法の構成例

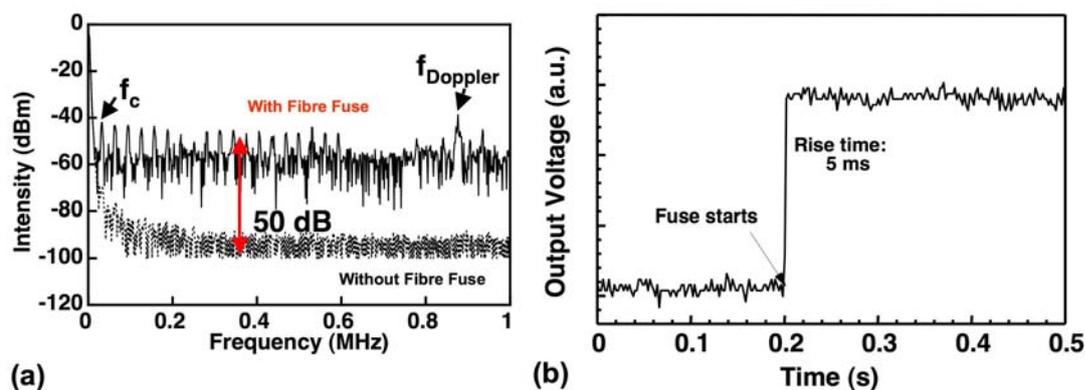


図 11 光ファイバヒューズ発生による電気信号の変化。

- (a) 光ファイバヒューズ・アクティブ停止装置の光検出器から出力される電気スペクトル,
- (b) 電気パワーセンサ (判別器)の出力電圧。

#### 4 まとめ

光ファイバヒューズに関する一般情報として、発生メカニズム、一般特性、予防方法及び停止方法をまとめた。光ファイバヒューズは光ファイバ通信システムの信頼性、安全性の観点から重要な現象となり、今後、同現象の予防方法、停止方法の確立するすると共にその標準化が望まれると考える。

## 参考文献

- [1] IEC/TR 62005-10: Fibre optic interconnecting devices and passive components - Reliability - Part 10: High Power Transmission Test of Passive Optical Components, (Ed.1, 86B/2894/CC)
- [2] IEC/TR 62627-01: Fibre optic interconnecting devices and passive components - Fibre optic connector cleaning methods, (Ed.1, 86B/2902/DTR)
- [3] R. Kashyap, et al., "Observation of catastrophic self-propelled self-focusing in optical fibers", *Electron. Lett.*, vol. 24, no. 1, pp. 47–49, 1988.
- [4] D. P. Hand, et al., "Solitary thermal shockwaves and optical damage in optical fibers: the fiber fuse", *Opt. Lett.*, vol. 13, no. 9, pp. 767–769, 1988.
- [5] T. J. Driscoll, et al., "Explaining the optical fuse", *Opt. Lett.*, vol. 16, pp. 1046–1048, July 1991.
- [6] S. I. Yakovlenko, "On reasons for strong absorption of light in an optical fibre at high temperature", *IEEE J. of Quantum Electronics*, vol. 34, no. 9, pp. 787-789, 2004.
- [7] Y. Shuto, et al., "Fiber fuse phenomenon in step-index single-mode optical fibers", *IEEE J. of Quantum Electronics*, vol. 40, no. 8, pp. 1113–1121, 2004.
- [8] D. P. Hand, et al., "Soliton-like thermal shock-waves in optical fibers: origin of periodic damage tracks", *Proceedings of the 14th European Conference on Optical Communication*, pp. 111–114., 1988.
- [9] R. M. Atkins, et al., "Track of a fiber fuse: a Rayleigh instability in optical waveguides", *Opt. Lett.*, vol. 28, no. 12, pp. 974–976, 2003.
- [10] N. Akhmediev, et al., "Heat dissipative solitons in optical fibers", *Physics Letters A*, vol. 372, no. 9, pp. 1531-1534, 2008.
- [11] E. M. Dianov, et al., "High-speed photography, spectra, and temperature of optical discharge in silica-based fibers", *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 18, no. 6, pp. 752-754, 2006.
- [12] S. Todoroki, "Origin of periodic void formation during fiber fuse", *Optics Express*, vol. 13, no. 17, pp. 6381-6389, 2005.  
(著者による和訳: <http://pubman.mpg.de/pubman/item/escidoc:33132>)
- [13] S. I. Yakovlenko, "Mechanism for the void formation in the bright spot of a fiber fuse", *Laser Physics*, vol. 16, no. 3, pp. 474-476, 2006.
- [14] S. Todoroki, "Transient propagation mode of fiber fuse leaving no voids", *Optics Express*, vol. 13, no. 23, pp. 9248-9256, 2005.  
(著者による和訳: <http://pubman.mpg.de/pubman/item/escidoc:33045>)
- [15] R. Kashyap, "Self-propelled self-focusing damage in optical fibres", *Lasers '87; Proc. the Tenth Int. Conf. Lasers and Applications*, McLean, VA, STS Press, pp. 859-866, 1988.
- [16] A. N. M. Masum, et al., "New Passive Optical Attenuators to Provide Network Protection, Power Level Control and Fixed Attenuation", *Proceedings of the 57th IWCS (International Wire & Cable Symposium)*, pp. 240-244, 2008

- [17] K. Seo, et al., "Evaluation of High-power Endurance in Optical Fiber Links", Furukawa Review, vol. 24, pp. 17-22, 2003.
- 瀬尾他, "光伝送路における耐ハイパワー特性の評価", 古河電工時報, Vol. 112, pp. 15-20, 2003.
- [18] D. P. Hand, et al., "Single-mode tapers as 'fibre fuse' damage circuit-breakers", Electron. Lett., vol. 25, no. 1, pp. 33-34, 1989.
- [19] S. Yanagi, et al., "Fiber fuse terminator", The 5th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, vol. 1, p. 386, 2003.
- [20] K. Takenaga, et al., "Fiber fuse phenomenon in hole-assisted fibers", Proceedings of the 34th European Conference on Optical Communication, vol. 5, pp. 27-28, 2008.
- [21] H. Takara, et al., "Evaluation of fiber fuse characteristics of hole-assisted fiber for high power optical transmission systems", Proceedings of the 35th European Conference on Optical Communication, p. 312, 2009.
- [22] E. M. Dianov et al. "Fiber fuse effect in microstructured fibers," Photn. Technol. Lett. vol.16, pp.180-181, 2004
- [23] N. Hanzawa et al., "Suppression of fiber fuse propagation in photonic crystal fiber (PCF) and hole assisted fiber (HAF)," Technical Digest of Microoptics Conference, M7, MOC2009, 2009
- [24] K. S. Abedin, et al., "Backreflected radiation due to a propagating fiber fuse", Optics Express, vol. 17, no. 8, pp. 6525-6531, 2009.

## 解説

近年、WDM 光ファイバ伝送システムの多チャンネル化や分布ラマン増幅技術の導入、或いは CATV 用のクラッド励起型高出力 EDFA の導入等により、光伝送出力の増大が進んでいる。このため、高パワー入射時に、例えば端面が汚れた光コネクタ端面等を起点として、光ファイバヒューズ現象が発生することが知られている。光ファイバヒューズが発生すると伝送用光ファイバの破損や光通信用部品の損傷を誘起すると共に、それによって引き起こされる漏れ光による、人体損傷や火災の危険性が強く懸念されている。このため IEC TC86 では、光ファイバや光受動部品の高パワー特性、高パワー入力に対する光受動部品の信頼性、高パワー光によって引き起こされる光ファイバ破損を回避するための光コネクタの清掃方法、光増幅器の最大許容光パワーに関する文書等の発行あるいは検討が進められている。しかしながら、光ファイバヒューズに関して、発生メカニズム、検出方法、対処方法と共に光ファイバヒューズの特徴を総合的、包括的に記述した文書は無かった。

これらの背景を考慮し、本技術資料は、日本国内での規格化に向け技術資料としてまとめたものである。また、本技術資料の内容をベースに、IEC/TR 61292-4:Optical amplifiers - Part 4: Maximum permissible optical power for the damage-free and safe use of optical amplifiers, including Raman amplifiers の付属資料を作成し、同 IEC 文書改定案の提案を予定している。

[取纏め・審議委員会] (敬称略)

TP 作成・検討メンバ

氏名	所属
首藤 義人	Ofra プロジェクト
渋谷 隆	日本電気株式会社
杉本 亮	株式会社フジクラ
高良 秀彦	日本電信電話株式会社
轟 眞市	物質・材料研究機構
長瀬 亮	千葉工業大学
森 淳	日本電信電話株式会社
柳 秀一	東日本電信電話株式会社
山田 誠	大阪府立大学

Kazi Sarwar Abedin

情報通信研究機構

TP 承認 光増幅器標準化委員会 (2009 年度)

氏名	所属
(委員長) 山田 誠	大阪府立大学
(委員) 飯田 力弘	横河電機株式会社 (2009 年 9 月まで)

	小島 学	横河電機株式会社 (2009年10月から)
	奥野 秀樹	日本電気株式会社
	松川 貴	経済産業省商務情報政策局情報通信機器課
	森 淳	日本電信電話株式会社
	佐藤 文利	財団法人日本規格協会 (2009年10月まで)
	吉田 浩之	財団法人日本規格協会 (2009年11月から)
	澤田 久	三菱電線工業株式会社
	杉本 亮	株式会社フジクラ
	鈴木 裕一	富士通株式会社
	熊井 猛雄	パナソニックモバイルコミュニケーションズ株式会社
	三浦 寿太郎	古河電気工業株式会社
	増田 宏	株式会社日立製作所
	水本 哲弥	東京工業大学
	森田 逸郎	株式会社 KDDI 研究所
	八重樫 浩樹	沖電気工業株式会社
	増田 岳夫	財団法人光産業技術振興協会
	津崎 哲文	住友電気工業株式会社
(オブザーバ)	金枝上 敦史	経済産業省産業技術環境局情報電子標準化推進室
	渋谷 隆	日本電気株式会社
	淡路 祥成	情報通信研究機構
	<b>Kazi Sarwar Abedin</b>	
		情報通信研究機構
(事務局)	稲田 孝	財団法人光産業技術振興協会

禁無断転載

この OITDA 規格の TP (技術資料) は、光産業技術振興協会の 光増幅器標準化委員会 で審議・取纏めたものである。  
この資料についてのご意見又はご質問は、下記にご連絡ください。

OITDA 規格 TP (技術資料) :  
光増幅器－光ファイバヒューズに関する一般情報  
(英語題名 General information for optical fiber  
fuse )

TP 番号 : OITDA-TP08/AM-2010

第 1 版

公表日 : 2010 年 3 月 1 日

発行者 : 財団法人 光産業技術振興協会

住所 : 〒112-0014 東京都文京区関口

1-20-10 住友江戸川橋駅

前ビル 7F

電話 : 03-5225-6431 FAX : 03-5225-6435

e-mail: opt-st@oitda.or.jp (標準化室)