



TP（技術資料）

光増幅器励起用及びファイバレーザ励起用
半導体レーザモジュールの信頼性評価方法に関する
ガイド

(Laser modules used for optical amplifiers and fiber lasers - Reliability
assessment guide)

OITDA/TP 10/AD : 2012

第 1 版

公表 2012 年 7 月

取纏委員会
光能動部品標準化委員会

The OITDA logo consists of the letters "OITDA" in a bold, black, sans-serif font. The letter "O" is stylized with a horizontal line through its center.

発行：一般財団法人光産業技術振興協会
Optoelectronics Industry and Technology Development Association (JAPAN)

目 次

	ページ
序文	1
1 適用範囲	1
2 引用規格	1
3 用語及び定義	1
4 信頼性及び品質保証手順	2
4.1 一般事項	2
4.2 製品品質の実証	2
4.3 試験の実施者	2
5 試験方法	3
5.1 一般事項	3
5.2 構造上の類似性	5
5.3 パーンイン及びスクリーニング	4
6 活動	4
6.1 信頼性結果の解析	4
6.2 半導体レーザモジュール製造業者への技術訪問	5
6.3 設計／プロセスの変更	5
6.4 納入	5
6.5 供給者の文書化	5
附属書 A (規定) 寿命試験の手引き	6
参考文献	7
解説	8

まえがき

1990年代中頃に実用化された光増幅器励起用半導体レーザモジュールは、光通信用途の高い信頼性が必要であることから、光伝送用半導体レーザモジュールの信頼性評価方法により広く普及している。近年、ファイバレーザなど光通信用途以外に励起用半導体レーザモジュールが広く応用されており、その信頼性評価方法の標準化が望まれているが、光伝送用半導体レーザモジュールの信頼性評価方法では過剰品質を要求する場合がある。本文書は、製品として兼ね備える最低限必要な信頼性評価項目を抜粋してまとめたものである。

この技術資料（TP）の一部が、技術的性質をもつ特許権、出願公開後の特許出願又は実用新案権に抵触する可能性があることに注意を喚起する。一般財団法人光産業技術振興協会は、このような技術的性質をもつ特許権、出願公開後の特許出願及び実用新案権に関わる確認について、責任はもたない。

この技術資料は、一般財団法人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。

この技術資料に関して、ご意見・情報がありましたら、下記連絡先にお寄せください。

連絡先：一般財団法人光産業技術振興協会標準化室

e-mail : opt-st@oitda.or.jp

光増幅器励起用及びファイバレーザ励起用 半導体レーザモジュールの信頼性評価方法に関する ガイド

Laser modules used for optical amplifiers and fiber lasers - Reliability assessment guide

序文

この技術資料 (TP) は、1988 年に第 1 版として発行された **IEC 61751**, Laser modules used for telecommunication - Reliability assessment を参考とし、新たに技術的内容を変更して作成した。

光エレクトロニクス部品技術は引き続き発展途上にあるため、製品開発の段階で半導体レーザモジュールについて多くの故障メカニズムがあることが確認され、これらの故障メカニズムが検出されないと、製品を使用するうえで半導体レーザの寿命は非常に短いものになる。

1 適用範囲

この技術資料は、光源として使用する光ファイバ増幅器励起用及びファイバレーザ励起用の半導体レーザモジュール (光ファイバピグテールをもち、必要に応じてモニタ用フォトダイオード、電子冷却素子、温度センサ、光アイソレータなどの簡単な素子を含むもの。以下、半導体レーザモジュールという。) の信頼性評価方法について言及する。

この技術資料の目的は、半導体レーザモジュールの信頼性を評価する標準的な方法を推奨し、信頼性の低い半導体レーザモジュール及び構成部品がシステムで使用されるリスクを最小にし、製品開発を促進し信頼性を高めることである。また、時間経過による故障の分布が決定でき、特定の寿命判定基準を与えることで装置故障率を決定することができる。技術的根拠の詳細は、**JIS C 5948** の**附属書 A** 及び**附属書 B** による。

2 引用規格

次に掲げる規格は、この技術資料に引用されることによって、この技術資料の一部を構成する。これらの引用規格は、その最新版 (追補を含む。) を適用する。

JIS C 5948 光伝送用半導体レーザモジュールの信頼性評価方法

JIS Q 9001 品質マネジメントシステム—要求事項

3 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は、次による。

3.1

サブマウント

半導体レーザモジュールへ組み立てるために、半導体レーザ又はフォトダイオードを取り付ける基板。

注記 サブマウント上の構成部品も信頼性評価試験の対象となる。

3.2

半導体レーザモジュール製造業者

該当する個別規格の要求事項及び顧客の信頼性要求事項に適合するデバイスを提供する半導体レーザモジュールの製造業者。

3.3

性能認証構成部品

モジュールの故障メカニズムを特定して活性化エネルギーを決定するために選択されたモジュールの構成部品。モジュールの構造設計，電気光学設計，及び製造プロセス上で信頼性に最も影響を与えていると思われる部品。（半導体レーザ，モニタ用フォトダイオード，電子冷却素子など。）

4 信頼性及び品質保証手順

4.1 一般事項

この技術資料は、主に通信用途以外の光増幅器励起用半導体レーザモジュール及びファイバレーザ励起用半導体レーザモジュールの信頼性及び品質保証手順を示している。高信頼性を要求される通信用途の光増幅器励起用半導体レーザモジュールの信頼性及び品質保証手順は、**JIS C 5948**を適用する。

4.2 製品品質の実証

この技術資料は、半導体レーザモジュールの信頼性及び品質保証手順の一部であり、市場性能のフィードバック情報を、半導体レーザモジュール製造業者及び購入使用者が行う信頼性評価に関する活動の指針となるものである。半導体レーザモジュール製造業者は、製造工程の技術認証又は性能認証を、次の手段によって示すことを奨励する。

- a) **JIS Q 9001** に準拠して文書化され、監査の済んだ製造プロセス。購入する構成部品の認証を含む。
- b) 性能認証プログラム（例えば、構成部品及びモジュールの加速寿命試験、バーンイン、スクリーニングなど。）
- c) 信頼性性能を持続させるための定期的な試験。
- d) 信頼性に関する事項を開発及び生産にフィードバックする手順。包括的な品質保証プログラムには多くの実施項目があり、必要に応じて取り入れる。

4.3 試験の実施者

表 1に記載する試験は、半導体レーザモジュール製造業者及び構成部品供給者（該当する場合）が実施する。

追加試験については、半導体レーザモジュール製造業者と購入使用者とで個別に規定する。

表 1—信頼性評価試験

試験 No.	試験項目	目的	条件	試料数
1	寿命試験	所定の温度における使用期間の推定 故障率の算出	光出力：規定の一定出力 温度：35℃～85℃ ^{a)} 1 000 h 以上 ^{b)} A.1 参照	25
2	温度サイクル試験	各 부품の熱膨張差による長期的な安定性の評価 光学部品の光軸の安定性の評価 光ファイバ破断の評価	温度：-40℃/+70℃又は-40℃/+85℃ サイクル数：50回	10
3	気密試験	封止の気密性を評価	ヘリウムガスによる微小リーク試験	10
4	衝撃試験	輸送中又は使用中に受ける衝撃に対する耐性を評価 ハンドリングなどで生じる衝撃に対する耐性の評価	加速度：5 000 m/s ² ，作用時間：1.0 ms 6 方向，5 回/各方向	10
5	振動試験	輸送中又は使用中に受ける振動に対する耐性を評価	振幅 1.5 mm 又は加速度 200 m/s ² 周波数：20 Hz to 2 000 Hz to 20 Hz，往復 4 min， 3 方向，各 4 回	10
6	高温保存試験	長時間高温で保存した場合の耐性を評価	最高保存温度 時間：1 000 h	10
7	静電破壊感度	輸送，組立，使用時に発生する可能性のある静電気に対する耐性を評価	人体モデル 容量：100 pF 抵抗：1.5 kΩ 電圧：±500 V，5 回	6
8	残留ガス分析	気密性の評価	プリベーク温度：約 100℃ プリベーク時間：16 h～24 h	10
9	はんだ付け試験	端子のはんだ付け性及びはんだ付け時に受ける高温に対する耐性を評価	温度：350±10℃ 時間：2 s～3 s	10
10	低温保存試験	長時間低温で保存した場合の耐性を評価	最低保存温度 時間：1 000 h	10
11	熱衝撃試験	気密性の評価。光ファイバ破断の評価	温度：0℃及び 100℃	10
12	温湿度試験	高温高湿雰囲気中で使用及び保存した場合の耐性を評価	85℃/85%RH 時間：1 000 h	10
13	ピグテール強度	光ファイバの固定強度及び破断に対する耐性を評価	個別規格の曲げ半径 引張力：10 N 以上	10
<p>注^{a)} 1 温度の場合は，表 A.3 の寿命予測のための活性化エネルギー推奨値を使用する。</p> <p>注^{b)} 寿命の正確な予測には，5 000 時間の持続時間が必要であり，寿命を正確に推定できるまで試験を続行することを奨励する。</p>				

5 試験方法

5.1 一般事項

表 1 に記載する試験は，半導体レーザモジュール内で，信頼性に影響を与えると判明している主な故障原因を加速するように設計されている。性能認証構成部品は，最終製品の故障要因となる事象を減少させることが可能であることを実証するものでなければならない。

技術的に困難なプロセスで製造された性能認証構成部品が安定に作動していることを実証するためには，最終製品で確認する必要がある。これらの試験は，信頼性の低い構成部品がシステムで使用されるリスク

を減らし、また、試験により半導体レーザの寿命分布を推定することが可能となるため、故障率を推定することができる。

試験の試料サイズ及び試験条件は、各製造業者の事業規模によって異なり、必要に応じて性能認証文書及び個別規格に記載するか、または、半導体レーザモジュール製造業者と購入使用者で協議により決定する。

試験に使用する半導体レーザモジュールは、標準的な生産工程で製造されたモジュールを用い、規定（個別規定において適用可能な場合）されたバーンイン及びスクリーニングを行い、全て合格しなければならない。

注記 通常、これらの試験は、半導体レーザモジュール製造業者が認定試験プログラムの一部として実施する。これらの試験は、モジュール製造後に定期的に行う試験であり、信頼性評価試験で評価した品質及び信頼性が維持又は改善されていることを確認するためのものである。

5.2 構造上の類似性

構造が類似している半導体レーザモジュールを製造する場合、各形式の試験結果を組み合わせ用いてもよい。その場合、設計及びプロセス差がほとんどなく、品質評価にも差が見られない場合でも、信頼性に重大な影響を与えることがあることを考慮する必要がある。また、各形式の試験結果が直接的に関連していることを実証する証拠を提出する。

5.3 バーンイン及びスクリーニング

バーンイン及びスクリーニング試験方法は、半導体レーザモジュール製造業者が各自の技術内容に見合うように設計しなければならない。

6 活動

6.1 信頼性結果の解析

半導体レーザ製造業者は、信頼性に関する次の項目を解析し、かつ、検証することを奨励する。

- a) 半導体レーザモジュールの寿命試験データ
- b) 半導体レーザ、フォトダイオードなど構成部品の寿命データ
- c) 環境試験結果
- d) 性能認証構成部品のデータ及び試験結果（箇条 5 参照）

結果の解析は、モジュールの各形式ごとに半導体レーザモジュール信頼性パラメータに反映し、公表するのがよい。それらの必要最低限の信頼性パラメータを**表 2**に示す。

表 2—半導体レーザモジュール信頼性パラメータの形式例

パラメータ	測定値
メジアン寿命 25℃	年
分散 σ	
摩耗故障率	FIT
摩耗故障の活性化エネルギー	eV
偶発故障率 λ_a 25℃	FIT
信頼性水準：	%
偶発故障の活性化エネルギー	eV
注記 1 この表は、故障に至るまでの時間の対数正規分布を想定している。分散パラメータ σ は、 $\log_e(t_{50}/t_{16})$ に相当する。ここで、 t_{50} はメジアン寿命、 t_{16} は 16%故障の時間である。	
注記 2 データが複数の磨耗メカニズムを示している場合、各事例のメジアン寿命及び分散を記述する。	

6.2 半導体レーザモジュール製造業者への技術訪問

半導体レーザモジュールの設計は進展していくものであり、半導体レーザモジュール製造業者は信頼性に影響するような大幅な設計変更を行うことがある。このため、半導体レーザモジュールの購入使用者は製造業者と協議し、技術及び生産性が十分安定していることが確認できるまで技術訪問する。この技術訪問では、品質及び信頼性に関わる項目を議題としてとり上げる。半導体レーザモジュール製造業者が性能認証を受けている場合、製造業者が次の事項を実証できれば、上記技術訪問の頻度を少なくしてもよい。

- a) 設計／プロセスの変更及び信頼性の問題が性能認証構成部品に限られている。
- b) 品質保証システムが十分に自社内で監査されている。

6.3 設計／プロセスの変更

半導体レーザモジュール製造業者は、購入使用者に、最終製品の形状、寸法又は機能に影響する、設計又はプロセスの変更を通知しなければならない。

6.4 納入

半導体レーザモジュールの設計は発展途上にあり、進展し続けているため、各納入ロットは記述されている技術及び生産工程に従って製造し、半導体レーザモジュール製造業者及び購入使用者で納入する前に検証することを奨励する。

6.5 供給者の文書化

半導体レーザモジュール製造業者及び構成部品製造業者は、可能ならばこの規格に記述されている試験及び活動を自社の構成部品の認証、又は必要に応じて、性能認証手順及び購入仕様書に採り入れる。さらに、この文書は、信頼性、技術紹介、入札提出物、及び顧客に対する販売促進説明書で使用されるものである。

附属書 A (規定) 寿命試験の手引き

A.1 サブマウント付き半導体レーザ寿命試験

半導体レーザの寿命試験は一定の光出力又は一定の電流で実施される。使用される温度範囲は、 $T_s=35\text{ }^\circ\text{C}\sim 85\text{ }^\circ\text{C}$ であることが多い。したがって、標準動作状態に対する劣化率の加速は比較的小さい。半導体レーザの寿命を推定するには、しきい値または動作電流または光出力があらかじめ決めた故障基準を超える時点を予測する外挿的推定が必要である。動作電流がある程度増加するためには、あるいは、光出力がある程度減少するためには、5 000 時間を越える試験期間を要する。

温度での寿命試験を実施する場合、例えば、継続的な試験においては、表 A.1 の条件によるのがよい。

表 A.1—半導体レーザ寿命試験の推奨条件

温度	$T_s=70\text{ }^\circ\text{C}$
光出力	指定された最大値
バイアス	モニタ出力を一定に保持
試験時間	5 000 h 以上
T_s : サブマウント温度	

A.2 試験時の故障判定基準に関する指針

半導体レーザ、フォトダイオード、及び半導体レーザモジュールの試験中に適用する故障判定基準は、個別仕様書に規定されることが望ましい。この判定基準は、半導体レーザモジュール製造業者と購入使用者とで合意されるアプリケーションによって決まるものであり、規定された特性及び故障判定基準として定義されているその特性値の両方から決まる。同じように、測定方法及び測定条件もアプリケーション及びデバイス仕様書によって決まる。

半導体レーザモジュール中又はサブマウント上のデバイスについて実施できる大半の耐久又は環境試験は、完全な故障ではなく特性の変化をもたらす。したがって、仕様書で規定された故障が発生する時点を決定するために特性の変化、例えば、レーザしきい値電流又は光ファイバ出力パワーを外挿推定しなければならない。例外としては、個々のデバイスの高温寿命試験中に暗電流仕様限界の故障が直ちに得られるフォトダイオードがある。

寿命試験中に頻繁に測定し（必要とあれば、推定によって）寿命を決定できる特性を、表 A.2 に示す。測定技術が寿命試験データを損なう特性はこれを省略してもよい。

表 A.2 は推奨される、温度サイクリング及び高温保存試験後の半導体レーザモジュールの故障判定基準である。特定のシステム要求事項に適合するために必要であることを示すことができれば、表 A.2 に示すこれらの特性及び値は変更を認められる。その判定基準は、個別仕様書に規定しなければならない。

表 A.2—寿命試験の故障判定基準の推奨

デバイス	特性	故障判定基準	測定条件
半導体レーザ	しきい値電流	50%増加	25℃又は寿命試験温度
	動作電流	20%増加	25℃又は寿命試験温度
	順電圧	10%変化	25℃又は寿命試験温度
半導体レーザモジュール	しきい値電流	50%増加	25℃又は寿命試験温度
	動作電流	20%増加	25℃又は寿命試験温度
	光ファイバ出力	10%変化	寿命試験温度
	フォトダイオード暗電流	上限規格値	25℃
	電子冷却素子電流	10%変化	寿命試験中 ΔT 一定
	電子冷却素子電圧	10%変化	
ΔT : 冷却温度差			

A.3 寿命予測のための活性化エネルギー推奨値

寿命試験データから活性化エネルギーの値が得られない場合は、表 A.3 に示す値を想定することがよくある（これらのデフォルト値は購入使用者と合意していなければならない）。

表 A.3—寿命予測のための活性化エネルギー奨励値
(試験による値を利用できない場合、すなわちデフォルト値)

部品故障のメカニズム	活性化エネルギー (eV)	動作温度 70℃から 25℃への加速係数
半導体レーザの摩耗故障	0.4	7.7
フォトダイオード暗電流	0.7	36
ランダム故障 全部品	0.35	6

参考文献

IEC 61751 Laser modules used for telecommunication - Reliability assessment

OITDA/TP 10/AD : 2012

光増幅器励起用及びファイバレーザ励起用 半導体レーザモジュールの信頼性評価方法に関する ガイド 解説

この解説は、本体及び附属書に記載した事柄、並びにこれらに関連した事柄を説明するもので、技術資料（TP）の一部ではない。

1 制定の経緯

光能動部品の新たな標準化ニーズに関するアンケート調査において、“光増幅器励起用半導体レーザ及びファイバレーザ励起用半導体レーザの信頼性評価方法”に対する標準化要望が多かったため、2007年度よりJIS化の検討を開始した。

1990年代中頃に実用化された光増幅器励起用半導体レーザモジュールは、光伝送用半導体レーザモジュールの信頼性評価方法により広く普及している。一方、市販されているファイバレーザ励起用半導体レーザモジュールの形態には様々なものがあり、その応用範囲も加工、マーキング、計測、波長変換などの用途に多岐にわたるため、それぞれの信頼性要求事項が異なっている。

JIS化の検討においては、通信業界でデファクト規格となっている**Telcordia GR-468-Core**と区別が必要であるという議論の結果、この技術資料（TP）は**JIS C 5948**“光伝送用半導体レーザモジュールの信頼性評価方法”を参考にして、ファイバレーザ励起用半導体レーザモジュールの信頼性を主体にし、必要最低限の試験項目に絞ることとした。

2 原案作成委員会

この TP (技術資料) は、次に示す原案作成委員会において 2007 年度から検討を開始し 2011 年度末までに原案を取纏め、審議した。

光能動部品標準化委員会 構成表 (2007 年度～2011 年度)

	氏名	所属
(委員長)	吉田 淳一	千歳科学技術大学
(委員)	浅香 航太	日本電信電話株式会社 (2008 年 3 月まで)
	伊藤 敏夫	日本電信電話株式会社 (2008 年 4 月から)
	岩瀬 正幸	古河電気工業株式会社
	小宮 山学	富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社
	杉本 賢一	浜松ホトニクス株式会社 (2011 年 3 月まで)
	山下 和男	浜松ホトニクス株式会社 (2011 年 4 月から)
	荒川 富行	OKI セミコンダクタ株式会社 (2009 年 3 月まで)
	中村 幸治	沖電気工業株式会社 (2009 年 4 月から)
	平本 清久	日本オブネクスト株式会社
	福田 光男	豊橋技術科学大学
	小笹 健仁	経済産業省商務情報政策局 (2008 年 4 月から 2009 年 3 月まで)
	松川 貴	経済産業省商務情報政策局 (2009 年 4 月から 2010 年 4 月まで)
	星野 聡	経済産業省商務情報政策局 (2010 年 4 月から 2011 年 3 月まで)
	菊地 克弥	経済産業省商務情報政策局 (2011 年 4 月から)
	御神村 泰樹	住友電気工業株式会社 (2011 年 3 月まで)
	船田 知之	住友電気工業株式会社 (2011 年 4 月から)
	城野 順吉	アンリツ株式会社 (2009 年 3 月まで)
	三瀬 一明	アンリツデバイス株式会社 (2009 年 4 月から)
	本田 和生	ソニー株式会社 (2009 年 3 月まで)
	吉田 正人	株式会社東芝 (2008 年 3 月まで)
	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 2011 年 6 月まで)
	重松 康夫	財団法人日本規格協会 (2011 年 7 月から)
(オブザーバ)	増田 岳夫	一般財団法人光産業技術振興協会
	磯野 秀樹	富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社
	堀 昭夫	経済産業省産業技術環境局 (2007 年 6 月まで)
	金枝上 敦史	経済産業省産業技術環境局 (2007 年 7 月から 2010 年 6 月まで)
(事務局)	初山 茂康	経済産業省産業技術環境局 (2010 年 6 月から)
	岡部 豊	財団法人光産業技術振興協会 (2008 年 3 月まで)
	藤井 浩三	財団法人光産業技術振興協会 (2008 年 4 月から 2010 年 3 月まで)
	石森 義雄	財団法人光産業技術振興協会 (2010 年 4 月から 7 月まで)
	佐藤 登志久	財団法人光産業技術振興協会 (2010 年 8 月から 2011 年 3 月まで)
	白井 俊雄	一般財団法人光産業技術振興協会 (2011 年 4 月から) (解説執筆者 三瀬 一明)

禁無断転載

この OITDA 規格の TP (技術資料) は, 一般財団法人光産業技術振興協会
ファイバオプティクス標準化委員会建物内光配線システム専門委員会
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。

TP (技術資料) :

光増幅器励起用及びファイバレーザ励起用半導体レーザモジュール
の信頼性評価方法に関するガイド

(Laser modules used for optical amplifiers and fiber lasers -
Reliability assessment guide)

TP 番号 : OITDA/TP 10/AD : 2012 第 1 版

第 1 版 公表日 : 2012 年 7 月 10 日

発行者 : 一般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)