

OITDA規格  
Standard

光産業技術振興協会規格

DRAFT Standard of Optoelectronics Industry and Technology Development Association

利得過渡パラメータに関する測定方法—  
利得制御単一チャネル用光増幅器

(Test methods for gain transient parameters—Single channel optical  
amplifiers in gain control)

OITDA AM 01 : 2016

第 1 版

制定 2016 年 3 月

審議部会  
光増幅器標準化部会  
Optical Amplifier Standardization Meeting

**OITDA**

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, 定義及び略語	1
3.1 一般的事項	1
3.2 用語及び定義	4
3.3 略号	5
4 装置	6
4.1 測定系	6
4.2 測定機器の特性	6
5 供試品	7
6 手順	7
6.1 測定方法	7
6.2 測定条件	7
7 データ分析	8
8 測定結果	8
8.1 測定条件	8
8.2 測定データ	8
参考文献	9
解説	10

## まえがき

近年、Wavelength Division Multiplexing (WDM) 光ファイバ伝送システムの多チャンネル化、分布ラマン増幅技術の導入などによって、光伝送容量の増大が進んでいる。このため光増幅器の用途は多岐に亘っており、バックボーン/メトロネットワークのみならずアクセスネットワークにおける Cable Television (CATV) 用のクラッド励起形高出力光ファイバ増幅器の導入も実運用されている。アクセスネットワークに使用される光増幅器は容量差の関係から単一チャンネルの出力一定制御光増幅器が用いられることが多く、その過渡パラメータに関する測定方法が IEC にて規格化/制定されている。一方で、同一用途で単一チャンネルの利得制御光増幅器が用いられることもあるが、その過渡パラメータに関する測定方法については規格がない。

これらの背景を考慮し、利得制御単一チャンネル用光増幅器の利得過渡パラメータに関する測定方法の規格文書の制定に至る。

この規格に関して、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

# 利得過渡パラメータに関する測定方法— 利得制御単一チャネル用光増幅器

## Test methods for gain transient parameters—Single channel optical amplifiers in gain control

### 序文

この規格は、利得制御単一チャネル用光増幅器の利得過渡パラメータに関する試験及び測定方法を規定する。

### 1 適用範囲

この規格は、利得を制御する光増幅器 (OA) を含む光サブシステムに適用する。この規格は、**JIS C 6121** に示される、希土類のドープメントを含むアクティブ光ファイバを用いた、現在商用利用可能な光ファイバ増幅器 (OFA) のほか、単一チャネル利得制御で用いる別の光増幅器、例えば半導体光増幅器 (SOA) にも適用する。

この規格は、光増幅器の利得過渡特性の一般的な背景情報及びその測定方法を提供すると共に、次の過渡パラメータについて、正確、かつ、信頼性のある標準的な測定方法を規定する。

- a) 入力光パワーの増加又は減少による過渡利得オーバシュート及びネット過渡利得オーバシュート
- b) 入力光パワーの増加又は減少による過渡利得アンダシュート及びネット過渡利得アンダシュート
- c) 入力光パワーの増加又は減少による利得オフセット
- d) 入力光パワーの増加又は減少による過渡利得応答時定数 (整定時間)

これらのパラメータは、利得制御で動作する OA の過渡特性を詳細に説明するために用いられる。光増幅器が OFA 又は別の OA であってもこの規格で定義する測定方法が適用できる。

### 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。この引用規格は、その最新版 (追補を含む。) を適用する。

**JIS C 6121** 光増幅器—通則

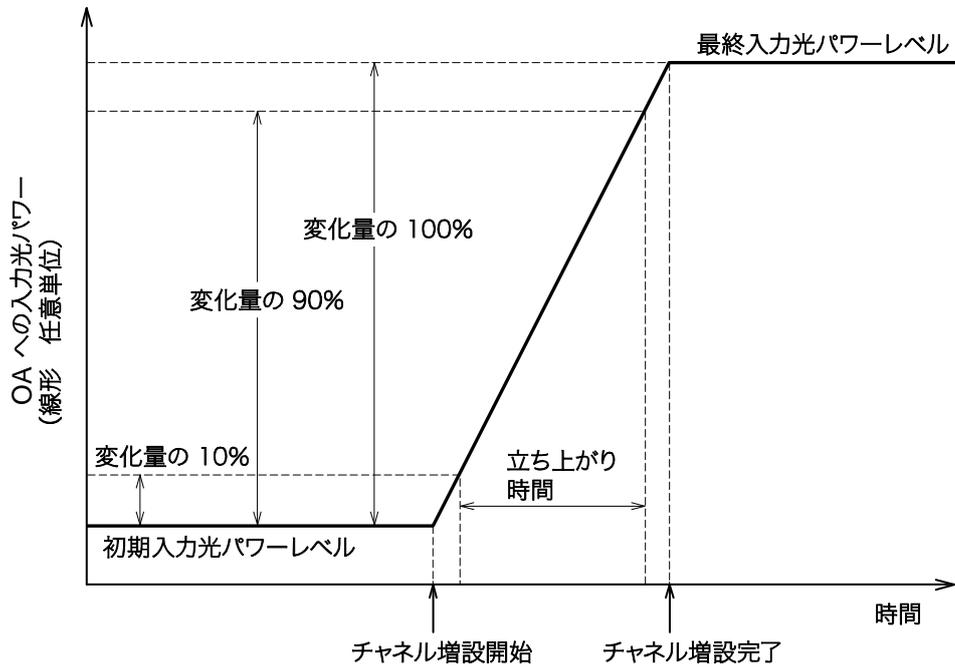
### 3 用語、定義及び略語

#### 3.1 一般的事項

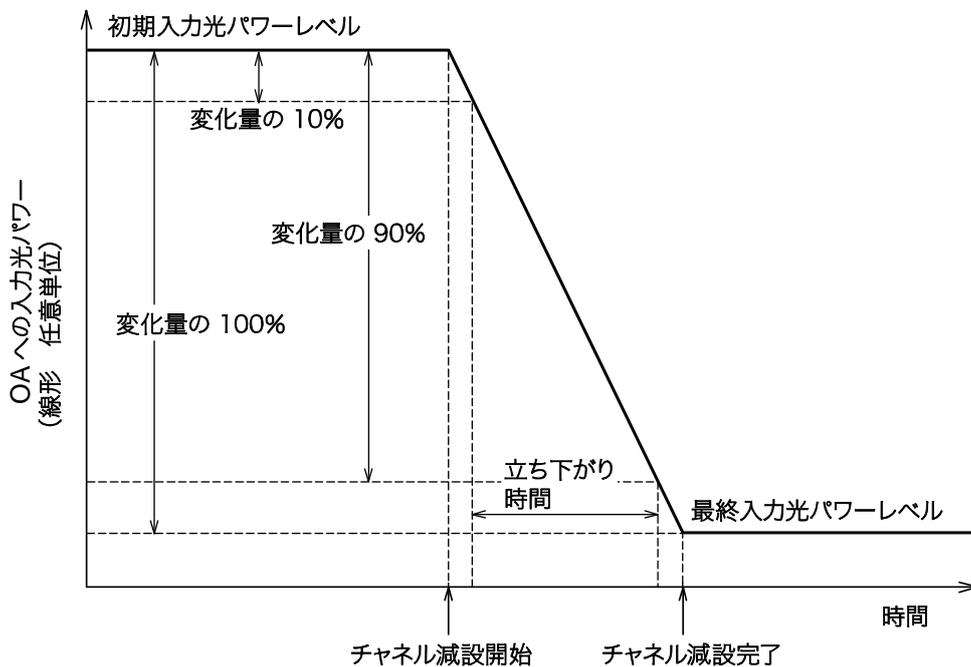
飽和状態で動作する OA への入力光パワーが急激に変化した場合、光増幅器の利得は、一般に、設定した利得に戻るまで過渡応答を示す。この応答は、OA 内のアクティブ光ファイバの光学特性、及び利得制御の性能の両方に支配される。

この箇条では、過渡応答を表すパラメータを定義する。立ち上がり時間及び立ち下がり時間の定義を、

図 1 に示す。



a) 入力光パワー増加における立ち上がり時間の定義



b) 入力光パワー減少における立ち下がり時間の定義

注記 1 OA への入力光パワーの単位は、mW を用いることが望ましい。

注記 2 変化量とは、初期入力光パワーレベルと最終入力光パワーレベルとの差を示す。

図 1—立ち上がり時間及び立ち下がり時間の定義

入力光パワーが増加又は減少する場合の、利得制御の OA の過渡利得の挙動について、その特徴を記述

するときに一般的に用いるパラメータを**図 2**に示す。**図 2 a)**は特に、入力光パワーが減少した場合の、チャンネルの利得の時間依存性を示している。同様に、入力光パワーが増加した場合の、チャンネルの過渡利得の挙動を**図 2 b)**に示す。主な過渡パラメータは、過渡利得応答時定数（整定時間）、利得オフセット、ネット過渡利得オーバシュート及びネット過渡利得アンダシュートとなる。光信号が通過する光増幅器の段数が重なって、利得変動の応答時間及び振幅がネットワークの中で積み重なることを考えると、過渡利得オーバシュート及び過渡利得アンダシュートは、通信事業者及びネットワーク機器製造業者（NEM）にとって極めて重要である。適切に設計した光増幅器では、これらの過渡パラメータの値は極めて小さい。

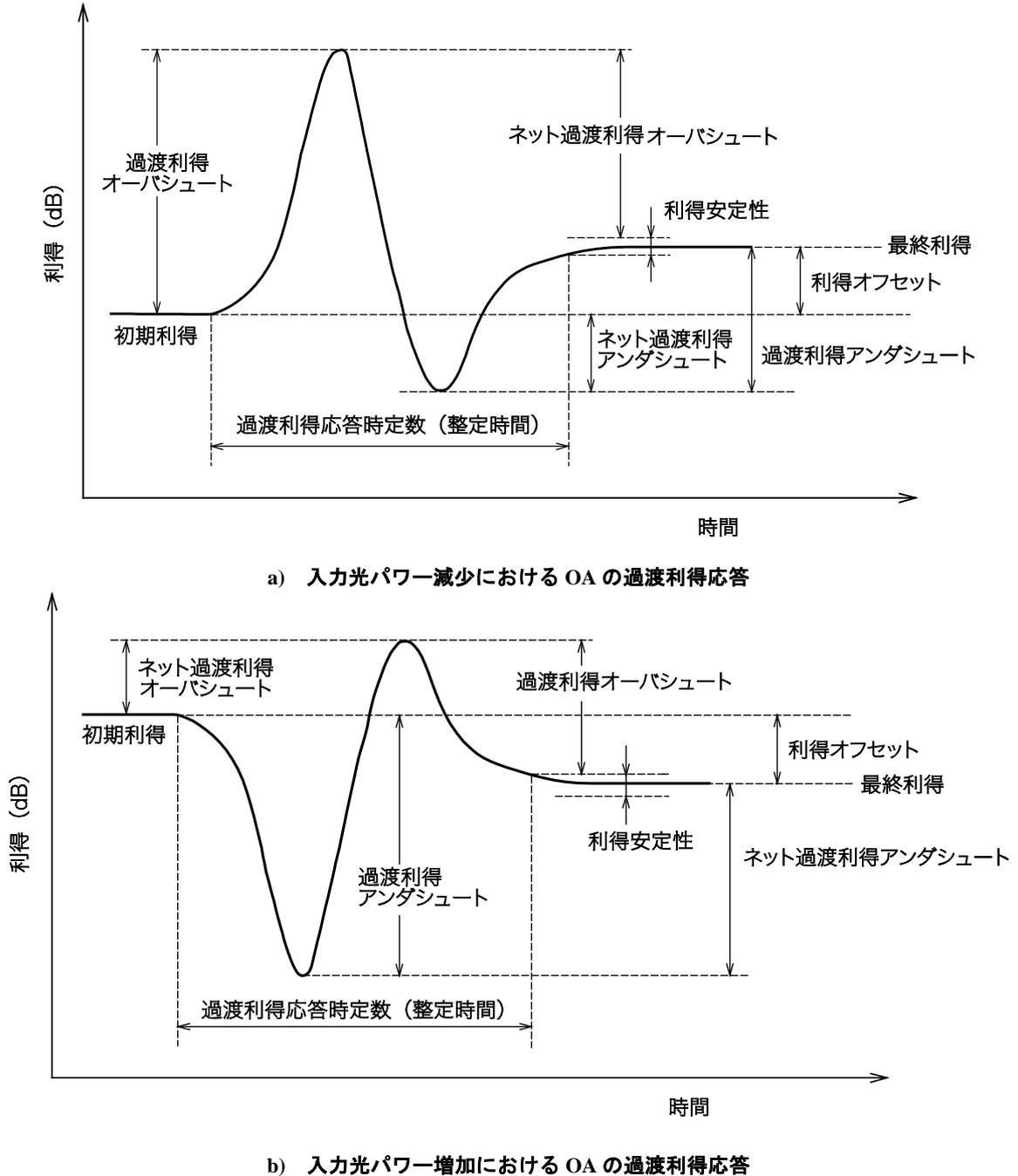


図 2—OA の過渡利得応答

## 3.2 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は、**JIS C 6121** によるほか、次による。

### 3.2.1

#### 入力信号 (input signal)

OA に入力される光信号。

### 3.2.2

#### 入力光パワー変動 (input optical power excursion)

OA の過渡利得変動を引き起こす入力光パワー変動。

### 3.2.3

#### 立ち上がり時間 (add rise time)

入力光パワー増加中に、入力光パワーが初期入力光パワーと最終入力光パワーとの差の 10 % から 90 % まで (線形表示) 上昇するために要する時間 [図 1 a) を参照]。

### 3.2.4

#### 立ち下がり時間 (drop fall time)

入力光パワー減少中に、入力光パワーが初期入力光パワーと最終入力光パワーとの差の 90 % から 10 % まで (線形表示) 下降するために要する時間 [図 1 b) を参照]。

### 3.2.5

#### 過渡利得オーバシュート (transient gain overshoot)

次のいずれかの値。

- 入力光パワー減少における OA の、初期利得又は最終利得のどちらか小さい方に対する、過渡応答の間に到達した残存チャンネルの最大利得の比をデシベル (dB) で表した値。
- 入力光パワー増加における OA の、初期利得又は最終利得のどちらか小さい方に対する、過渡応答の間に到達した既存チャンネルの最大利得の比をデシベル (dB) で表した値。

**注記** これを利得オーバシュートともいう。

### 3.2.6

#### ネット過渡利得オーバシュート (transient net gain overshoot)

次のいずれかの値。

- 入力光パワー減少における OA の、初期利得又は最終利得のどちらか大きい方に対する、過渡応答の間に到達した残存チャンネルの最大利得の比をデシベル (dB) で表した値。
- 入力光パワー増加における OA の、初期利得又は最終利得のどちらか大きい方に対する、過渡応答の間に到達した既存チャンネルの最大利得の比をデシベル (dB) で表した値。

ネット過渡利得オーバシュートは、過渡利得オーバシュートから利得オフセットを差し引いたもので、光増幅器の初期の定常状態と最終的な定常状態との間の利得の増減分を含まない、実質の過渡応答を表す。

**注記** これをネット利得オーバシュートともいう。

### 3.2.7

#### 過渡利得アンダシュート (transient gain undershoot)

次のいずれかの値。

- 入力光パワー減少における OA の、初期利得又は最終利得のどちらか大きい方に対する、過渡応答の間に到達した残存チャンネルの最小利得の比をデシベル (dB) で表した値。
- 入力光パワー増加における OA の、初期利得又は最終利得のどちらか大きい方に対する、過渡応答の

間に到達した既存チャンネルの最小利得の比をデシベル (dB) で表した値。

**注記** これを利得アンダシュートともいう。

### 3.2.8

#### ネット過渡利得アンダシュート (transient net gain undershoot)

次のいずれかの値。

- － 入力光パワー減少における OA の、初期利得又は最終利得のどちらか小さい方に対する、過渡応答の間に到達した残存チャンネルの最小利得の比をデシベル (dB) で表した値。
- － 入力光パワー増加における OA の、初期利得又は最終利得のどちらか小さい方に対する、過渡応答の間に到達した既存チャンネルの最小利得の比をデシベル (dB) で表した値。

ネット過渡利得アンダシュートは、過渡利得アンダシュートから利得オフセットを差し引いたもので、光増幅器が初期の定常状態と最終的な定常状態との間の利得の増減分を含まない、実質の過渡応答を表す。

**注記** これをネット利得アンダシュートともいう。

### 3.2.9

#### 利得安定性 (gain stability)

定常状態における、OA のピークツーピークの利得変動幅。過渡事象に対する応答ではない。

### 3.2.10

#### 過渡利得応答時定数, 整定時間 (transient gain response time constant, settling time)

チャンネルの利得が最終利得に達するために必要な時間。このパラメータは、過渡利得応答を引き起こす入力光パワー減少又は増加の開始時間から、それぞれチャンネル利得が最終利得を中心とする利得安定性が保たれる範囲に最初に入るまでの時間を測定したものである。

### 3.2.11

#### 利得オフセット (gain offset)

初期状態と最終状態との間の利得の変化を表し、初期利得に対する最終利得の比をデシベル (dB) で表した値。

**注記** 利得オフセットは、チャンネル入力光の増加及び減少両方の場合で、正又は負のいずれの値をとる場合もある。

## 3.3 略語

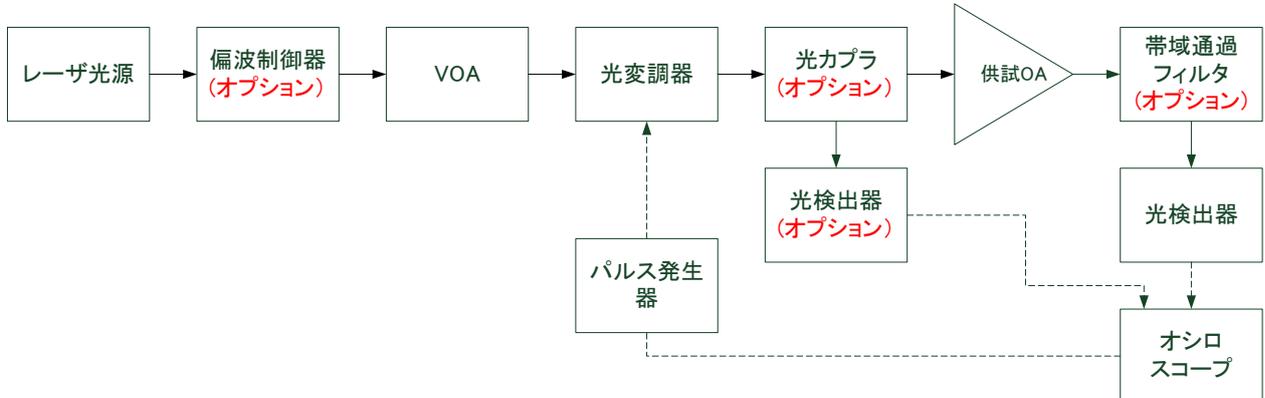
この規格で用いる主な略語は、JIS C 6121 によるほか、次による。

DFB	分布帰還形 (レーザ)	[Distributed feedback (laser)]
NEM	ネットワーク機器製造業者	(Network equipment manufacturer)
OA	光増幅器	(Optical amplifier)
OFA	光ファイバ増幅器	(Optical fiber amplifier)
SOA	半導体光増幅器	(Semiconductor optical amplifier)
VOA	可変光減衰器	(Variable optical attenuator)
WDM	波長分割多重	(Wavelength division multiplexing)

## 4 装置

### 4.1 測定系

図 3 は、利得制御単一チャンネル用 OA の過渡応答特性を測定する一般的な系を示している。



**注記** 実線は光信号の経路を示し、点線は電気信号の経路を表す。

図 3—利得過渡測定系例

### 4.2 測定機器の性能

測定機器及びその要求性能を、次に示す。

- a) **レーザ光源** OA 入力信号用レーザ光源の要求性能は、次による。
  - 供試 OA を測定するため、供試 OA の使用波長範囲よりも波長可変範囲が広い光源を用いる。これは例えば、波長可変レーザ、複数の DFB レーザなどによって提供が可能である。
  - レーザ光源と供試 OA との間の測定機器の損失も含めて、供試 OA への最大規定入力光パワーより大きな平均出力光パワーが出力可能なものとする。
- b) **偏波制御器** 供試 OA への入力偏波状態をランダム化する、又は任意の偏波状態を実現できるものとする。偏波制御器の使用は任意である。
- c) **VOA** 供試 OA を測定するために必要な入力光パワー範囲を実現するために、十分な減衰量可変範囲を有する可変光減衰器 (VOA)
- d) **光変調器** OA 入力信号を規定するパワー変動に増減するための光変調器の要求性能は、次による。
  - 供試 OA を測定するため、消光比は、最大減少パワーよりも 5 dB 以上高くなければならない。
  - 供試 OA を測定するため、応答周波数帯域は、最速立ち上がり時間及び立ち下がり時間よりも切替時間が早くなるように、十分に広くなければならない。
- e) **光カプラ** 供試 OA への入力光パワーを観測するために損失、分岐比の波長依存性が供試 OA の使用波長範囲内で十分小さいものとする。光カプラの使用は任意である。
- f) **帯域通過フィルタ** 帯域通過フィルタは、次に示す性能をもつ、信号波長を区別するよう設計された光フィルタとする。帯域通過フィルタの使用は任意である。
  - 供試 OA を測定するため、信号波長の波長範囲で動作可能とする。これは例えば、波長可変フィルタ、又は別個の通過帯域の異なる一群の光フィルタによって実現が可能である。
  - 1 dB 帯域幅が、信号の中心周波数±20 GHz 以内に存在するものとする。
  - 供試 OA の特定伝送帯域全体に対して、最小挿入損失から 20 dB よりも大きな減衰率をもたなければ

ばならない。ただし、信号の中心周波数±100 GHz の範囲内を除く。

- g) 光検出器** 光検出器は、次の性能をもつ、帯域通過フィルタを通った供試 OA の出力を検出するものとする。入力光パワーを観測するための光カプラ分岐後の光検出器の使用は任意である。
- － 供試 OA を測定するため、最速スルーレートを実現できる十分広い光・電気帯域を有する。
  - － 供試 OA を測定するため、全ての信号出力範囲において±5 dB 以内の範囲で線形応答できる。
- h) オシロスコープ** オシロスコープは、供試 OA の光フィルタ出力の過渡応答を捕らえ、測定するもので、供試 OA を測定するための最速立ち上がり時間及び立ち下がり時間に対して十分広い電気帯域を有するものとする。
- i) パルス発生器** パルス発生器は、光変調器に“オン”・“オフ”の信号を発生させるもので、供試 OA を測定するため、最速立ち上がり時間及び立ち下がり時間よりも狭いパルス幅を発生できるものとする。

## 5 供試品

供試 OA は標準条件で動作させる。供試 OA が、反射光によってレーザ発振する可能性がある場合には、試験では供試 OA の前後に光アイソレータを用いることが望ましい。光アイソレータを用いることによって、信号の不安定性及び測定の不確かさを最小限に抑えることができる。

## 6 手順

### 6.1 測定方法

図 3 に示す測定系において、供試 OA に入射される入力光信号パワーは、レーザ光源から生成する。光パワーは、信号の偏波状態をランダム化又は制御した後、VOA で所望の入力光パワー値に調節する。光信号はその後、光変調器を通過する。光変調器は、過渡入力光パワー変動を起こすために必要な入力光パワー測定波形を生成するパルス発生器によって駆動する。光信号はその後、光カプラによって分岐され、一方は供試 OA に入射する。帯域通過フィルタ（測定に関係するチャネル波長のみを選択するために、可変光フィルタ、固定光フィルタ又は類似した部品を使用する）の後に光検出器が続き、供試 OA の出力をオシロスコープで取得する。もう一方は、光検出器が続き、供試 OA の入力をオシロスコープで取得する。任意の帯域通過フィルタで選択した出力チャネル及びその過渡応答は、光検出器及びオシロスコープで監視する。図 1 に示したものに類似した波形は、オシロスコープで取り込んだ後、コンピュータ処理で表示する。光増幅器の出力をオシロスコープで取得した結果と図 2 に示したものに類似した波形との差分が図 1 に示したものに類似した波形となり、これを用いて利得過渡パラメータを評価する。

供試 OA の利得変動を引き起こすため、レーザ光源から OA への入力光パワーは典型的なパワー値に設定する。パルス発生器の波形は、規定の測定状態となるようなパワー変動並びに立ち上がり時間及び立ち下がり時間で、供試 OA への入力光パワーを増加又は減少させるように選択する。

### 6.2 測定条件

過渡応答測定のうちいくつかは、光増幅器の特定の動作状態に応じて実行する。パワー変動事象の例を表 1 に示す。これらの測定は、一般には幅広い入力光パワー範囲にわたって実施する。

表 1— 過渡応答測定の実験状態の書式例

事象	パワー変動 dB	立ち上がり時間及び立ち下がり時間 s
入力光パワー増加		
入力光パワー減少		

## 7 データ分析

過渡応答測定の結果を、次のパラメータで示す。

- 入力光パワーの増加又は減少による過渡利得オーバシュート及びネット過渡利得オーバシュート
- 入力光パワーの増加又は減少による過渡利得アンダシュート及びネット過渡利得アンダシュート
- 入力光パワーの増加又は減少による利得オフセット
- 入力光パワーの増加又は減少による過渡利得応答時定数（整定時間）

これらのパラメータは、**図 2** で示すとおり、オシロスコープの表示から読み取る。

## 8 測定結果

### 8.1 測定条件

次の測定設定条件を記録する。

- a) 測定系の配置
- b) 各測定器の詳細（製造者及び型式）
- c) 各測定器の設定条件（例：偏波スクランブラの稼働速度）
- d) 供試品の実装方法
- e) 供試品に対する環境条件
- f) 入力光波長  $\lambda_{in}$

### 8.2 測定データ

次の測定データを記録する。

- a) 入力光パワー及びその波形
- b) 出力光パワー及びその波形
- c) 入力変動前後の OA が報告する入力光パワー（可能な場合）
- d) 入力変動前後の OA が報告する出力光パワー（可能な場合）
- e) OA が報告する内部温度（可能な場合）
- f) 各測定装置の測定精度
- g) 供試品の温度
- h) 過渡利得オーバシュート，過渡利得アンダシュート
- i) ネット過渡利得オーバシュート，ネット過渡利得アンダシュート
- j) 利得オフセット
- k) 過渡利得応答時定数，整定時間

---

**参考文献**

JIS C 6122-4 規格群 光増幅器—測定方法

## 利得過渡パラメータに関する測定方法— 利得制御単一チャネル用光増幅器 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、規格の一部ではない。

### 1 制定の趣旨及び経緯

光増幅器の過渡特性に関する測定方法の標準化は、これまで次のパラメータが IEC 規格及び JIS として標準化されている。

- IEC 61290-4-1 ed.1, Optical amplifiers—Test methods—Part 4-1: Gain transient parameters—Two-wavelength method (2011 年制定)  
注記 対応する JIS として JIS C 6122-4-1 が 2013 年に制定されている。
- IEC 61290-4-2 ed.1, Optical amplifiers—Test methods—Part 4-2: Gain transient parameters—Broadband source method (2011 年制定)  
注記 対応する JIS として JIS C 6122-4-2 が 2013 年に制定されている。
- IEC 61290-4-3 ed.1, Optical amplifiers—Test methods—Part 4-3: Power transient parameters—Single channel optical amplifiers in output power control (2015 年制定)

これまで、単一チャネル用光増幅器に関する過渡応答特性は、出力一定制御光増幅器の過渡パラメータに関する測定方法が IEC において標準化されている (IEC 61290-4-3)。アクセスネットワークに使用される単一チャネル用光増幅器のなかには利得制御で使用される事例もあるが、その利得過渡特性の測定方法に関して規定する文書が存在しない。今後の国際標準化活動に寄与することを目的として、利得制御単一チャネル用光増幅器の利得過渡パラメータに関する測定方法の標準化を検討し、この規格の制定に至った。

### 2 審議中に特に問題となった事項

今回のこの規格の制定審議で問題となった主な事項は、次のとおりである。

図 2 a) で国際規格 IEC 61290-4-1 及び IEC 61290-4-2 (対応する JIS : JIS C 6122-4-1 及び JIS C 6122-4-2) ではネット過渡利得オーバーシュートを過渡応答の間に到達した最大利得と利得安定性の上限値との比と図示していた。しかし、用語の定義ではネット過渡利得オーバーシュートを次のいずれかの値として定義されており、図と定義に不一致が生じていた。

- チャネル減設における OFA の、初期利得又は最終利得のどちらか小さい方に対する、過渡応答の間に到達した残存チャネルの最大利得の比をデシベル (dB) で表した値。
- チャネル増設における OFA の、初期利得又は最終利得のどちらか小さい方に対する、過渡応答の間に到達した既存チャネルの最大利得の比をデシベル (dB) で表した値。

そのため、光増幅器標準化部会にて審議を行った結果、国際規格 IEC 61290-4-1 及び IEC 61290-4-2（対応する JIS : JIS C 6122-4-1 及び JIS C 6122-4-2）との整合性よりも記載の正しさを優先して図の修正を行った。

図 2 b) で国際規格 IEC 61290-4-1 及び IEC 61290-4-2（対応する JIS : JIS C 6122-4-1 及び JIS C 6122-4-2）ではネット過渡利得アンダシュートを過渡応答の間に到達した最小利得と利得安定性の下限値との比と図示していた。しかし、用語の定義ではネット過渡利得アンダシュートを次のいずれかの値として定義されており、図と定義に不一致が生じていた。

- ー チャンネル減設における OFA の、初期利得又は最終利得のどちらか小さい方に対する、過渡応答の間に到達した残存チャンネルの最小利得の比をデシベル (dB) で表した値。
- ー チャンネル増設における OFA の、初期利得又は最終利得のどちらか小さい方に対する、過渡応答の間に到達した既存チャンネルの最小利得の比をデシベル (dB) で表した値。

そのため、光増幅器標準化部会にて審議を行った結果、国際規格 IEC 61290-4-1 及び IEC 61290-4-2（対応する JIS : JIS C 6122-4-1 及び JIS C 6122-4-2）との整合性よりも記載の正しさを優先して図の修正を行った。

## 2 原案作成部会

この規格は、次に示す原案作成部会において原案を作成し、審議・承認した。

### 光増幅器標準化部会 構成表

	氏名	所属
(議長)	山 田 誠	大阪府立大学
(メンバ)	内 田 紀 行	経済産業省商務情報政策局
	小 野 浩 孝	日本電信電話株式会社
	小 島 学	横河メータ&インスツルメンツ株式会社
	鈴 木 裕 一	富士通株式会社
	竹 島 公 貴	株式会社 KDDI 研究所
	津 崎 哲 文	SEI オプティフロンティア株式会社
	富 田 貴 裕	日本電気株式会社
	平 井 透	株式会社日立製作所
	三 浦 寿太郎	古河電気工業株式会社
	三 澤 隆 二	パナソニックシステムネットワークス株式会社
	水 本 哲 弥	東京工業大学
	八重樫 浩 樹	沖電気工業株式会社
(オブザーバ)	吉 田 実	近畿大学
	渋 谷 隆	日本電気株式会社
	高 橋 聡	経済産業省産業技術環境局
(事務局)	増 田 岳 夫	一般財団法人光産業技術振興協会
	中 野 博 行	一般財団法人光産業技術振興協会
	綿 貫 恒 夫	一般財団法人光産業技術振興協会

(執筆者 富田 貴裕, 鈴木 裕一, 竹島 公貴, 三浦 寿太郎)



禁無断転載

この OITDA 規格は，一般財団法人光産業技術振興協会光増幅器標準化部会の審議により制定したものである。  
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：

利得過渡パラメータに関する測定方法－  
利得制御単一チャネル用光増幅器  
(Test methods for gain transient parameters－Single  
channel optical amplifiers in gain control)

規格番号：OITDA AM 01：2016 第 1 版

第 1 版 発行日：2016 年 3 月 8 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）