目　次

ページ

1　適用範囲 1

2　引用規格 1

3　用語及び定義 1

4　標準環境条件 2

5　図記号 2

6　測定装置 3

7　測定方法 3

7.1　送信部・分散ペナルティ測定 3

7.1.1　目的 3

7.1.2　測定系および測定条件 3

7.1.3　送信アイダイアグラム定義 4

7.1.4　基準送信部の要求特性 4

7.1.5　チャネル要求特性 5

7.1.6　基準受信部の要求特性 5

7.1.7　受信部の電気的3 dB上限カットオフ周波数測定 5

7.1.8　測定手順 6

7.1.9　複心測定での例外事項 7

7.2　送信部・分散アイクロージャ測定 7

7.2.1　目的 7

7.2.2　TDEC 適合試験系 7

7.2.3　TDEC 測定法 8

7.3　ストレスド受信感度 10

7.3.1　目的 10

7.3.2　ストレスド受信部の適合テスト・ブロック図 10

7.3.3　ストレスド受信部適合試験信号特性および較正 12

7.3.4　J2ジッタと J4ジッタ 13

7.3.5　ストレスド受信部適合試験における信号の検証 13

7.3.6　受信部適合測定のための正弦波ジッタ 13

7.3.7　複数レーンでの測定における注意事項 14

まえがき

この規格は，産業標準化法第16条において準用する同法第12条第1項の規定に基づき，一般財団法人光産業技術振興協会（OITDA）及び一般財団法人日本規格協会（JSA）から，産業標準原案を添えて日本産業規格を改正すべきとの申出があり，日本産業標準調査会の審議を経て，経済産業大臣が制定した日本産業規格である。

この規格は，著作権法で保護対象となっている著作物である。

この規格の一部が，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。経済産業大臣及び日本産業標準調査会は，このような特許権，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。

JIS C 5954の規格群には，次に示す部編成がある。

JIS C 5954-1　第1部：総則

JIS C 5954-2　第2部：ATM-PON用光トランシーバ

JIS C 5954-3　第3部：単心直列伝送リンク用光送・受信モジュール

JIS C 5954-4　第4部：ＧＰＯＮ用光トランシーバ

JIS C 5954-5　第5部：光トランシーバの光レセプタクル部の機械的外乱（ウィグル）による光出力変動

参照したIEEE802.3, 802.3bmと箇条，図表との対応（\*最終版では削除）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | | ●IEEE 802.3 2015 | | | 7.1 | 52.9.10 | | 7.1.3 | 59.9.10.1 | | 7.1.4 | 52.9.10.2 | | 7.1.5 | 52.9.10.3 | | 7.1.6 | 52.9.11 | | 7.1.7 | 52.9.10.4 | | 7.1.8 | 86.8.4.4 | | 図1 | 52-12 | | 図2 | 86.8.6.4.1 | | 図3 | 52-13 | | 表1 | 52-20,52-21,95-9 | | 表2 | 52-23 | | |  |  | | --- | --- | | ●IEEE 802.3 bm 2015 | | | 7.2 | 95.8.5 | | 7.2.2 | 95.8.5.1 | | 7.2.3 | 95.8.5.2 | | 7.3 | 95.8.8 | | 7.3.2 | 95.8.8.1 | | 7.3.4 | 95.8.8.3 | | 7.3.5 | 95.8.8.4 | | 7.3.6 | 95.8.8.5 | | 7.3.7 | 95.8.1.1 | | 図4 | 95-3 | | 図5 | 95-4 | | 図6 | 95-5 | | 表7 | 95-7 | | 表8 | 95-6 | | 表5 | 95-11 | |

日本産業規格（案） JIS

C 5954-6：0000

光伝送用能動部品－試験及び測定方法－  
第2部：複心並列伝送リンク用光送・受信モジュール

Fiber optic active components and devices-  
Test and measurement procedures-Part 2: Optical transmitting and/or   
receiving modules for multi fiber parallel transmission link

1 適用範囲

この規格は，JIS C 5953-1に基づき，レーン（チャンネル）当たり10 Gbit /s～25 Gbit/sの並列（パラレル）なデジタル信号を，複心の光ファイバ（複心形）を介して，単一波長で伝送し，2R（波形再生及び波形整形）又は3R（波形再生，波形整形及び同期信号再生）機能をもち，デジタル変調方式として二値振幅変調［ASK（Amplitude Shift Keying），IM（Intensity Modulation）又はOOK（On-Off Keying）ともいう。］方式の複心並列伝送リンク用光送・受信モジュールの試験および測定方法を規定する。

注記1 ここでいう複心並列伝送リンク用光送・受信モジュールとは，発光素子と電子回路及び光ファイバとの接続部からなる送信部，並びに受光素子と電子回路及び光ファイバとの接続部からなる受信部によって構成するもので，構造上，次の3種類の総称である。

a) 送信部（Tx）を1個のモジュールとして構成する送信モジュール

b) 受信部（Rx）を1個のモジュールとして構成する受信モジュール

c) 送信部と受信部とを1個のモジュールとして構成する送受信モジュール（光トランシーバ）

注記2 ここでいう複心形とは，伝送元の送信部から伝送先の受信部へ2心以上の光ファイバによって，光信号を伝送する物理的形体であり，並列伝送方式の一つである。この形態のモジュールは，複心並列伝送リンク用光送・受信モジュールである。

他の並列伝送方式には，単心の光ファイバに，複数の波長を多重して伝送する形体があり，これを単心形の波長多重形とする。この形態のモジュールは，単心波長多重並列伝送リンク用光送・受信モジュールである。

2 引用規格

次に掲げる引用規格は，この規格に引用されることによって，その一部又は全部がこの規格の要求事項を構成している。これらの引用規格は，記載の年の版を適用し，その後の改正版（追補を含む。）は適用しない。

JIS C 5955-2　光伝送用能動部品－性能標準テンプレート－

3 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は，次によるほか，JIS C 5954-3の箇条3による。

3.1

トランスバーサルフィルタ（Transversal filter）

線形フィルタの一種で，インパルス応答長は必ずNサンプルになることから， FIRフィルタ (Finite Impulse Response filter, 有限インパルス応答フィルタ) とも呼ばれる。アナログの遅延系を用いて実現ができる。

3.2

ベッセルトムソンフィルタ（Bessel- Thomson filter）

電子工学や信号処理における線形フィルタの一種で，群遅延が最大限平坦（線形位相応答）であることが特徴である。アナログのベッセルフィルタは通過帯域ではほぼ一定の群遅延を示すので，通過帯域の信号の波形をそのまま保つことができる。

3.3

ジッタバスタブ法（Jitter bathtub method）

ビット誤り検出のサンプリングポイントの時間位置の関数として表示する曲線を用いてビット誤り率を評価する方法。

3.4

クロックリカバリ（Clock recovery）

デジタル通信において， 受信側では，受信したデータ列の「0」と「1」を正しいタイミングで判定するために，受信側のクロックを送信側のクロックに同期し，そのクロックで受信したデータ列をサンプリングしてデータを回復する必要がある。このために，送信されてきた（エンベデッド・クロック方式の）データ列からクロックを回復（リカバリ）することをクロックリカバリという。

4 標準環境条件

特に規定がない場合，測定及び試験時の標準環境条件は，表1による。特別な環境条件が必要な場合には，個別性能規格で規定する。なお，温度及び湿度の変動は，一連の測定中では最小限に維持する。

表1－測定及び試験時の標準環境条件

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 温度  ℃ | 相対湿度  % | 気圧  kPa |
| 18～28 | 25～75 | 86～106 |
| 注記 この表は，JIS C 5954-1:2008の光伝送用能動部品－試験及び測定方法－第1部：総則に基づいている。 | | |

5 図記号

図記号は，JIS C 0617（規格群）による。

6 測定装置

この規格で用いる測定装置は，JIS C 5954-3の箇条6による。

7 測定方法

7.1 送信部・分散ペナルティ測定

7.1.1 目的

送信部・分散ペナルティ（TDP）測定は，シングルモードファイバと用いられる送信部の場合には波長分散の影響調査，もしくは，マルチモードファイバと用いられる送信部の場合にはモード分散の影響調査に用いられる。

注記 この測定は，IEEE 802.3**:2015**の**52.9.10** Transmitter and dispersion penalty measurementに基づいている。

7.1.2 測定系および測定条件

図1に示すTDP測定系は，基準送信部，被試験送信部，光反射量調整器，光減衰器，ファイバ，基準受信部，およびビットエラーレート測定機からなる。マルチモードファイバと用いられる送信部の場合には、図1に示す偏波調整器をセットアップから外し，シングルモードファイバの替わりにマルチモードファイバが接続される。さらに、出力データ信号部にトランスバーサルフィルタが挿入される。すべてのBERと感度の測定は表1のテストパターンで行われる。

|  |
| --- |
|  |

図1－送信部・分散ペナルティ（TDP）測定系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| パターン名 | パターン | 基本セグメント/シード |
| 1 | BnBiBnBi | Bn: 0x3C8B44DCAB6804F |
| 2 | AnAiAnAi | An:0x34906BB85A38884 |
| 3 | PRBS31 |  |
| 5 | RS-FEC encoded scrambled idle |  |

表1－テストパターン

注記：反転セグメントAiBiはそれぞれ，AnBnに対する反転シードを用いて生成される

7.1.3 送信アイダイアグラム定義

アイは、式(1)で与えられる伝達関数で表される4次のベッセルトムソン応答をもつ受信機により図2に示されるマスクを使用して測定される。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ここで， |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  | 参照周波数(GHz) |

|  |
| --- |
|  |

図2－送信アイダイアグラムの定義

ベッセルトムソン受信機はノイズフィルターを表すことが目的ではなく、送信機における均一な測定条件を提供することを目的とする。理想的な4次ベッセルトムソン応答による参照受信フィルター特性を変化させるため補正が用いられる場合がある。正規化されたレベル0と1は、それぞれ論理0と1を表します。 これらは、アイの中央から0.2UIの下半分と上半分により定義される。「ヒット」はグレー内に入ったサンプル数を示し、送信機はサンプルあたりのヒット率を適切に指定された制限値よりも低い値を達成するものとする。特に指定がない場合には、5×10–5ヒット以下となる必要がある。なお、総サンプル数は0UIから1UIまでのサンプルの総数である。

7.1.4 基準送信部の要求特性

基準送信部は，高性能変調器によって変調されるCW光源を実装可能な高品質の機器グレードのモジュールである。以下の基本要件を満たす必要がある。

a) 立ち上がり/立ち下がり時間は，20％から80％で30ps未満にする必要がある。

b) 出力光のアイは対称的である。

c) アイの中央20％の領域で，垂直方向のアイクロージャペナルティの最悪値は0.5 dB未満である。

d) ジッタは0.20UIピーク - ピーク未満である。

e) RINは–136 dB / Hz未満であるべきである。

7.1.5 チャネル要求特性

送信部は，表2 の要件を満たす光チャネルを使用して試験される。分散のある系では送信部は，トータルの分散に適合している必要がある。トータルの分散は，測定中のモジュールの波長に対応した最小分散の負の値，最大分散の正の値と少なくとも一致している必要がある。これは，分散要件を満たすように選択された長さのファイバからなるチャネルを用いて達成される。測定は，ファイバの線形領域で行われる。分散の影響のない系では，チャネルは表2を満たす2 m〜5 mのパッチコードである。分散のある系ではチャネルでは表2に指定された最大光反射損失を与える。後方反射の偏光状態は最大RINを生成するように調整される。これは，分散要件を満たすように選択された長さのファイバからなるチャネルを用いて達成することができる。

表2－送信部の光チャネル要件

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 分類 | 分散 (ps/nm) | | 挿入損失 | 反射損失 |
| 最小 | 最大 |
| 分散無し | N/A | N/A | 最小 | - |
| 分散あり  (1300nm帯) | 0.2325λ[1-(1324/λ)4] | 0.2325λ[1-(1320/λ)4] | 最小 | 21dB |

7.1.6 基準受信部の要求特性

適切な帯域幅をもつ基準受信部を用いる。基準受信部の感度はガウシアンノイズによって制限される。受信部は最小閾値オフセット，不感帯，ヒステリシス，ベースラインのふらつき，確定的なジッタ，その他の歪みを持つはずである。決定サンプリングは最小限の不確実性とセットアップ/ホールド特性をもつ瞬時的なものである。基準受信部の公称感度Sは，試験ファイバ無しで，トランスバーサルフィルタを外した状態で図1の構成を用いて光変調振幅（OMA）を測定することで得られる。感度Sは，あらゆる垂直方向のアイクロージャを含む基準送信部の主要な障害に対して校正されるべきである。アイの中心でサンプリング，または中心からオフセットした位置でのサンプリングに対して校正される。試験中の送信部の波長で校正は行われる。

全ての送信部・分散ペナルティ測定について，アイの中心決定が必要である。アイの中心は，アイの左右のサンプリング点の中間の時間として定義される。ここで，測定されたBERは1x10 -3である。必要に応じて適切なトランスバーサルフィルタが用いられる。TDP測定に使用されるクロック再生器は，4 MHz，スロープは20 dB / decadeのコーナー周波数を持つ。クロック再生器をBER測定用のクロックとして使用する場合，データからクロックへの低周波ジッタをクロック再生器に通すことで，測定から低周波ジッタを除くことができる。

7.1.7 受信部の電気的3 dB上限カットオフ周波数測定

受信部の電気的3 dB上限のカットオフ周波数の測定系を図3に示す。測定系は2つの光源と光合流器からなる。一方の光源はデジタルデータ信号で変調されている。もう1つの，ほぼ線形の光源はアナログ信号で変調される。アナログ信号とデジタル信号は非同期でなければならない。推奨パターンは表１のテストパターン1または3である。

注記 この測定は，IEEE 802.3**:2015**の52.9.11 Measurement of the receiver 3 dB electrical upper cutoff frequencyに基づいている。

|  |
| --- |
|  |

図3－受信部の電気的3 dB上限カットオフ周波数測定系

3dB上限カットオフ周波数は，以下のステップを使用して測定される。

a) アナログ無線周波数（RF）信号発生器および光源を含む試験装置の周波数応答特性を校正する。デジタル光源はこの条項の要件を満たしている。

b) 図3に示す測定機器を校正する。**a)**の校正後，システム周波数応答に影響を与える可能性がある信号経路への変更を最小限に抑えるように注意する。 RF変調を遮断し両方の光源を点灯してストレスドレシーバ感度レベルに近い値に光変調振幅を設定する。

c) **b)**で測定された同じ平均光パワーとOMAを維持しながらRF変調を印加する。

d) 幾つかの周波数に対し一定BER（例えば10-8）を得るのに必要なRF変調振幅（電気的dBm）を測定する。

e) 受信部受信部の電気的3 dB上限周波数は，RF信号の変調振幅が3dB増加する周波数である。  
（ **d)**で測定された振幅は aの校正データで校正される。）

7.1.8 測定手順

送信部・分散ペナルティを測定するため，以下の手順を用いる。判定しきい値振幅は平均信号レベルで発生するように定義される。 サンプリングの瞬間は±0.05 UIだけアイセンターからずれている。 以下の手順は，前段および後段での判定の度に繰り返され，より大きいTDP値が使用される。

a) 上記の説明に基づき図1 に示されたように測定系を構成する。

b) 光減衰器の減衰量を調整して，1×10-12のBERを得る。

c) 基準受信部への入力P\_DUTのOMAの光パワーをdBmで記録する。

d) P\_DUTがSより大きい場合，被試験送信部の送信部・分散ペナルティ（TDP）はP\_DUTとSの差であり，TDP = P\_DUT - Sである。それ以外の場合，TDP = 0である。測定は確実にファイバにおける線形領域で行われなくてはならない。

7.1.9 複心測定での例外事項

TDP測定では，複心の場合には以下の例外事項がある。

1. 各レーンは，動作中の他のすべてのレーンと独立に測定される。
2. テストパターンは，表1のパターン3もしくは 5 が用いられる。
3. 送信部は，光反射損失が12dBの光チャネルを用いて測定する。
4. 基準受信部（判定回路の効果を含む）は，帯域幅6.1GHzの4次のベッセル-トムソン・フィルタ応答を有する。
5. 基準感度Sと測定値P\_DUTは，どちらも瞬時のアイの中心から±0.15UIずれた箇所から，サンプリングされる。2つのそれぞれのケースについて，P\_DUT（i）がS（i）より大きい場合，被試験送信部のTDP（i）は，P\_DUT（i）とS（i）の差であり，すなわちTDP（i）= P\_DUT（i）-S（i）となる。P\_DUT（i）がS（i）より小さい場合，TDP（i）= 0である。TDPは，2つのTDP（i）の大きい方の値となる。
6. 図1に示す測定手順は参照となる方法を示している。その他の測定方法であっても適切な較正を行えば用いることができる。
7. 1×10-12のBERは，試験中のレーンの結果である。

注記 実際の受信部と判定回路にはノイズとタイミング障害があるため，サンプリングの瞬時オフセットを較正する必要がある。これを行う1つの方法として，既知の低ジッタ信号を使用するジッタバスタブ法がある。

7.2 送信部・分散アイクロージャ測定

7.2.1 目的

25Gb/sec MMFファイバ伝送では送信特性として，送信部・分散アイクロージャ測定（TDEC：Transmitter and dispersion eye closure）測定法が規定されている。TDEC測定は，個々の光送信部のアイダイアグラム測定における，垂直振幅のヒストグラムデータに基づくアイクロージャの測定値であり，基準受信部および最悪条件での光チャネルの組み合わせに相当する帯域幅の光電気変換器（O/E）により測定する。表1に規定したテストパターンのうちパターン3，5のいずれかを用いて測定を行う。

注記 この測定は，IEEE 802.3**:2015**の**95.8.5** Transmitter and dispersion eye closure (TDEC)に基づいている。

7.2.2 TDEC 適合測定系

図4はTDEC測定のためのブロックダイアグラムである。

|  |
| --- |
|  |

図4－TDEC測定系のブロックダイアグラム

個々の光チャンネルは他のすべての光チャンネルを動作させた状態で測定を行う。光スプリッタと可変光反射器により，個々の送信部が反射減衰量12dBになるように調整し，測定を行う。光電気変換器とオシロスコープの組み合わせを用いて，帯域12.6GHzの4次ベッセルトムソンフィルタを通した光波形を測定する。理想的な４次ベッセルトムソン応答からの偏差を補償する。クロック再生器はコーナー周波数10MHz，スロープ20dB/decadeのものを使用する。

7.2.3 TDEC 測定法

オシロスコープは，図5の供試送信部の光アイダイアグラムのサンプルを積算する様にセットアップする。OMA測定は，矩形波（8個の1，8個の0）のテストパターンまたは，PRBS9テストパターンで送信部送信部を変調して行う。光電気変換器とオシロスコープの組み合わせの雑音の標準偏差Sを，光信号を入力しない状態にて決定する。アイダイアグラムの交差する点である平均光パワー(*Pave*)とTEDCを計算するための4つの垂直ヒストグラムは，表1に規定したテストパターンのうちパターン3 ，5のいずれかで測定する。

|  |
| --- |
|  |

図5－TDEC測定の波形

図5に示すように，0 UI及び1 UIを横切る点は，*Pave*の位置とアイダイアグラムが交差する時間の平均により決定する。垂直ヒストグラムは，アイダイアグラムから，0.4UIおよび0.6UIの中央の時間での*Pave*より高い値及び低い値を測定する。それぞれのヒストグラムの窓は，幅0.04UIである。それぞれのヒストグラム窓は*Pave*の近くに内側の高さ境界とアイダイアグラムの最外サンプルを超えてセットされる外側の高さ境界を有する。左側の２つのヒストグラムの分布は，光チャンネルと受信部により加えられた最も大きい耐えられる雑音の分布により生じる誤り確率を示すQ関数をそれぞれ掛けている。結果として生じる配布は，が統合されることとそれぞれ全体は，それが引き出された配布の全体により分割されて，2ビットの誤り確率を与える。

Q関数は，2ビット誤り確率の平均が5 x 10-5であるように選ばれる標準偏差 L用いる。同様に，右側の2つのヒストグラムのために，標準偏差 Rを用いる。Q（x）は，式（2）に例示するように，x（「補足的なエラー関数」と関連する尾部確率）より大きい値のための正常曲線の下の領域である。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ここで， | ： | 式(2)にあるである |

|  |  |
| --- | --- |
|  | |
|  | (3) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ここで， | ： | 分布の上限，下限 |
|  | ： |  |

小さいほうをとすると受信部から加わる雑音は式(4)で与えられる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ここで， | ： | 光電変換器およびオシロスコープの雑音の正規分布 |
|  | ： | チャンネルから加わるモード分割雑音もしくはモード雑音を考慮して決まる量 |

である。アイダイアグラムの平均パワーを用いて，と表される。

TEDCは式(5)で与えられる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ここで， | ： | 光変調振幅 |
|  | 3.8906： | BERが5 x 10-5相当する値 |

なお，本方法は参照測定方法であり，他の当量測定方法も適切な校正によって適用可能である。

7.3 ストレスド受信感度

7.3.1 目的

ストレスド受信感度は，7.3.3に示されたTP3の適合試験信号を用いる7.3.2と7.3.6 で定義されている方法を用いて測定した場合，性能標準にで規定された制限値内でなければならない。ストレスド受信感度は，動作中のすべての送受信レーンで定義される。パターン3，パターン5の信号が，測定中のPMDの送信部から送信される。送信信号は受信信号に対して非同期である。 PMD受信部のインタフェースBERは，ストレスのかかった，指定された受信OMAにおけるすべての受信レーンの平均のBERである。

注記 この測定は，IEEE 802.3**:2015**の**95.8.8** Stressed receiver sensitivityに基づいている。

7.3.2 ストレスド受信部の適合テスト・ブロック図

受信部適合性テストDのブロック図を図6 に示す。受信される適合信号に使用されるパターンは表1に規定されている。光試験信号は，7.3.3 で定義されたストレスドレシーバの方法を用いて，調整されており（ストレスが与えられており），7.3.6に規定された正弦波ジッタを持つ。受信部が適切な特性を持つことを試験するために，仕様される信号自体を評価し検証する適切な測定セットが必要である。4次のBessel-Thomsonフィルタは約19GHzの3dB帯域幅を持つ。ローパスフィルタは，Dを作成するために使用される。ローパスフィルタとE/O/コンバータの組み合わせによる周波数応答特性は，7.3.3にある正弦波とガウス雑音の項が加える前のストレスドアイクロージャ（SEC）の度合いを決める。  
 正弦波振幅干渉源1は，データ依存のジッタとともに起こりうる瞬時ビット収縮を模擬することを意図したジッタを発生する。このタイプのジッタは，単純な位相変調では生成できない。正弦波振幅干渉源2は，さらなるアイクロージャを引き起こすが，リミッタより制限されたエッジレートによってもジッタが引き起こされる。正弦波状のジッタを持つクロックは他の形態のジッタも代表しており，テスト中の受信部が低周波ジッタをトラッキングできることを検証する。正弦波振幅干渉源は，100MHz〜2GHzの任意の周波数に設定することができるが，正弦波干渉源間の関係，正弦波ジッタ，信号伝達率，およびパターン繰り返し率の影響による高調波を避ける注意が必要である。ガウス雑音発生器，正弦波干渉源の振幅，および低域通過フィルタは，性能標準 に示されているSECとストレスドアイJ2ジッタの仕様に合致するように調整される。ガウス雑音発生器，正弦波干渉計の強度，およびローパスフィルタが以下の点を考慮の上に調整される。SECとストレスド・アイJ2 ジッタ仕様は，同時に，性能標準にも指定されている。最大ストレスド・アイJ4 ジッタは性能標準 にある値を超えてはならない。性能標準にあるストレスド受信アイマスクを通過させる（RINやランダムクロックジッタなどのランダムノイズの影響を最小限にする必要はない）。  
 　較正の視認性を改善するため，信号経路のすべての要素（ケーブル，DCブロック，E/Oコンバーター，等）は，測定スペクトル全体にわたって広帯域で滑らかな周波数応答と線形位相応答を持つ必要がある。

ベースラインのワンダ，オーバーシュート，アンダーシュートは最小限に抑える。ストレスド受信部の適合試験信号検証は，7.3.5 に記載されている。ストレスド受信感度は，動作中の全ての送受信レーンで定義される。

各受信レーンは，干渉しうる全ての受信レーンが動作している間に順番に試験される。パターン3，パターン5の信号が試験対象の受信部の送信部から送信される。この場合の送信信号は受信信号に対して非同期である。パターン3が試験中の送受信レーンの共通クロックとして使用されている場合には，生成されたPRBS31パターンには，一つのレーンと他のレーンとの間に31のUI遅延がある。

|  |
| --- |
|  |

**図6**－ストレスド受信部の適合テスト・ブロック図

7.3.3 ストレスド受信部適合試験信号特性および較正

適合試験信号は，PMD受信部の各レーンがTP3で最悪の場合の波形を用いたBER要件を満たすことを確認するために使用される。ストレスを与えた受信部適合試験信号の主なパラメータは，ストレスドアイクロージャ（SEC），ストレスドアイJ2ジッタ，ストレスドアイJ4ジッタである。

ストレスを受けた受信部適合試験信号のSECは7.2のTDEC測定法に準じて測定される。ただし，O / Eとオシロスコープとを組み合わせて，波形が19.34GHzの帯域幅を有する4次のベッセル - トムソン・フィルタ応答を有するかを測定する。このとき式（3）のM1とM2の値はゼロに設定される。 ストレスドアイJ2ジッタとストレスドアイJ4ジッタは7.3.4で定義される。

図6のストレスド受信部適合テストにおいて，以下の手順でストレスド受信部は較正できる。

1）試験パターンジェネレータの信号速度を表5の要件を満たすように設定する。

2）正弦波ジッタ，正弦波干渉源，およびガウスノイズ発生器の電源を切り，E / Oの消光比を，性能標準に規定されているほぼ最小値に設定する。

3）SECおよびJ2ジッタの必要な値，およびストレスを受けた受信部適合試験信号のJ4ジッタの最大値を性能標準に示す。有効なストレスを受けた受信部適合試験信号はSECおよびJ2ジッタの必要な値となるように決められた性能標準に規定されている最大値よりも低いJ4ジッタの値を持つ可能性がある。

正弦波ジッタ，正弦波干渉波1，正弦波干渉波2，およびガウス雑音発電器の電源を切った条件で，ローパスフィルタとO / Eコンバータの組み合わせの適切な帯域幅で，少なくとも2.5dBのSECが生成される必要がある。残りのSECは，正弦波ジッタ，正弦波干渉，およびガウスノイズの組み合わせで生成される必要がある。表5に指定されている正弦波ジッタが加えられ，適合信号を較正する場合，正弦波ジッタ周波数は，表5で定義されているように，50MHzからLBの10倍の値の間でなければならない。矩形波パターンを送信し，クロック再生器の代わりに純粋なクロックを使用してオシロスコープをトリガーしながら，オシロスコープ上のジッタを測定することによって，正弦波ジッタ振幅は較正することができる。

SECとストレスドアイJ2ジッターの値が満たされるまで，正弦波の干渉源，ガウス雑音発生器，消光比の調整を繰り返す。さらに次の条件を満たす必要がある。ストレスド・アイJ4 ジッターの最大値は，性能標準に規定されている値を超過しない。消光比は性能標準に規定されているほぼ最小値とする。さらに，正弦波ジッタは表5に規定された値とする。

各受信レーンは順番に適応試験される。試験中のレーンの信号源は，性能標準に規定されている“ストレスド受信感度(OMA)，各レーン（最大値）”の条件で，試験中の受信部における入力信号を供給するように調整される。他レーン試験用の信号源は，性能標準に規定された“各干渉レーンのOMA”に設定される。

7.3.4 J2ジッタと J4ジッタ

J2ジッタは，平均光パワーレベルでの時間間隔として定義され，ジッタの分布の10-2以下の部分を除いた，ジッタヒストグラムの0.5パーセンタイルから99.5パーセンタイルまでの時間間隔でのジッタ分布である。 J2ジッタは，高周波側のコーナー帯域 10MHz のクロック再生器を使用して定義される。

オシロスコープを使用して測定した場合，ヒストグラム少なくとも10,000ヒットを含むべきであり，信号振幅の約1％を占めるべきである。測定された場合BERと判定時間の関係を図示することにより，J2は2点間の時間間隔であり，BERは2.5×10 -3である。J4ジッタは，ジッタ分布の10-4以下の部分を除いた平均光パワーレベルでの時間間隔であり，クロック再生器を使用して定義される。オシロスコープを用いて測定した場合に，ヒストグラムには少なくとも1,000,000点が含まれ，信号振幅の約1％が考慮されている必要がある。 BERと判定時間をプロットして測定した場合に，J4は2.5×10 -5のBERを有する2点の時間間隔である。

7.3.5 ストレスド受信部適合試験における信号の検証

ストレスド受信部適合試験における信号は，19.34GHzの基準周波数frを有する理想的な4次のベッセル - トムソン応答と基準受信部を用いて検証される。 G.691の許容フィルタは，この較正を著しく低下させる可能性がある。図6におけるクロック源からクロック出力は，正弦波ジッタで変調される。 オシロスコープを使用して最終的なストレスドアイJ2ジッタと正弦波ジッタ成分を含むストレスドアイJ4ジッタを較正するには，クロック再生器が必要となる。

測定系に含まれる過度のノイズ/ジッタは，試験中の受信部に十分なストレスを与えない入力信号を生じるため，試験信号を特性評価する場合には注意が必要である。

参照されるO/Eコンバータ，フィルタから入るノイズやジッタを最小限に抑えるように注意する必要がある。もしくはBERT測定において必要に応じてノイズを補正する必要がある。

BER掃引測定および測定装置の詳細は，この標準の範囲外である。実施者は測定機器の特性を十分に把握して，ストレスド受信部の適合入力信号が7.3.3と7.3.6で規定されたストレスおよび正弦波ジッタにあるように適切なガードバンドを適用することが推奨される。

7.3.6 受信部適合試験のための正弦波ジッタ

正弦波ジッタは，受信ジッタ耐力を試験するために用いられる。印加される正弦波ジッタの振幅は，表5に指定されている周波数に依存する。

**表5**－**印加される正弦波ジッタ**

|  |  |
| --- | --- |
| 周波数帯域 | 正弦波ジッタ幅(UI) |
| *f* < 100kHz | - |
| 100kHz < *f* ≤ 10MHz | 5×105/*f* |
| 10MHz < *f* ≤ 10*LB* | 0.05 |

7.3.7 複数レーンでの試験における注意事項

全ての他のレーンは動作させておき、それぞれの受信レーンに順に正弦波ジッタのストレスをかける。

インタフェースのBERは，全てのレーンのストレス時のBERの平均値とする。パターン3を用いる測定の場合にはレーン毎の測定が許される。パターン5を用いる場合は，全てのレーンを同時にストレス駆動して測定しなければならない。一つのレーンにストレスをかけ，順番に測定する場合は，BERは他のストレスレスのレーンが低いBERの場合は，それらにより希釈されるため，4倍または10倍にする。

稼動可能なすべての同一方向伝送レーン，およびカウンター伝送レーンのクロストーク効果を含むように，パラメータを適切に定義する。特に指定しない限り，特定の状況のための最大の振幅（OMAまたはVMA）を使用し，カウンター伝送レーンに対して，最小の変遷時間を用いる。等しい結果を得られる同等のテスト方法を用いても良い。特定の方向のレーンが共通のクロックを共有する場合，TxとRx方向は，お互いに同期しない。もしパターン3が，テスト中ではないレーンに，共通のクロックを使っている場合，1つのレーンおよびどのような他のレーンには，PRBS31パターンとのの間に最低31 UI遅延がある。

1. 10Gbit/sec/レーン，SMFもしくはMMFの場合  
    TDPとストレス受信感度と受信ジッタトレランスを誤り率決定で規定する。パターン5を用いるTDP測定では，誤り率測定器のストレスをかけないレーンを基準受信部の感度より十分高いパワーにセットする。ストレスド受信感度測定や受信ジッタトレランス測定においては，ストレスをかけないレーンのパワーを供試受信部の自身の感度　かつ/または，符号間干渉及びジッタまたは他の要因によってストレスがかからない程度の，より十分高いパワーにセットする。
2. 25Gbit/sec/レーン, MMFの場合

ストレス受信感度を規定し，誤り率決定する。ストレスド受信感度測定においては，ストレスをかけないレーンのパワーを供試受信部の自身の感度かつ/または，ISI及びジッタまたは他の要因によってストレスがかからない程度の，より十分高いパワーにセットする。

参考文献 IEEE 802.3:2015，IEEE Standard for information technology－Specific requirements－Part 3: Carrier sense multiple access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications