

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年2月20日(20.02.2020)



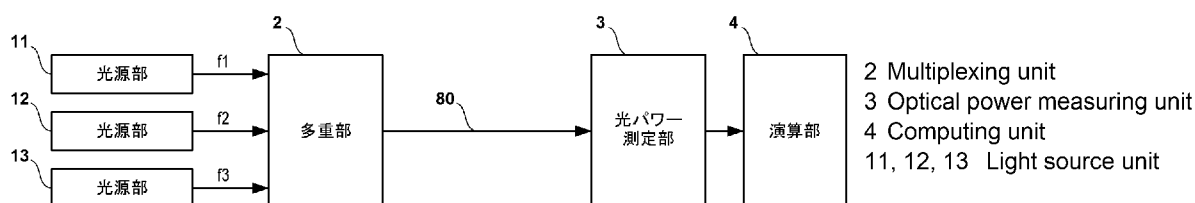
(10) 国際公開番号

WO 2020/036036 A1

- (51) 国際特許分類:
H04B 10/077 (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/027930
- (22) 国際出願日: 2019年7月16日(16.07.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-153370 2018年8月17日(17.08.2018) JP
特願 2019-026482 2019年2月18日(18.02.2019) JP
- (71) 出願人: K D D I 株式会社 (KDDI CORPORATION) [JP/JP]; 〒1638003 東京都新宿区西新宿二丁目3番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 多賀 秀徳(TAGA, Hidenori); 〒3568502 埼玉県ふじみ野市大原二丁目1番15号株式会社 K D D I 総合研究所内 Saitama (JP). 鈞
- 谷 剛宏(TSURITANI, Takehiro); 〒3568502 埼玉県ふじみ野市大原二丁目1番15号株式会社 K D D I 総合研究所内 Saitama (JP). 高橋 英憲(TAKAHASHI, Hidenori); 〒3568502 埼玉県ふじみ野市大原二丁目1番15号株式会社 K D D I 総合研究所内 Saitama (JP).
- (74) 代理人: 大塚 康徳, 外(OHTSUKA, Yasunori et al.); 〒1020094 東京都千代田区紀尾井町3番6号 紀尾井町パークビル7F Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: MEASURING DEVICE FOR OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 光通信システムの測定装置



(57) Abstract: This measuring device is provided with: an output means for generating optical signals having n (where n is an integer at least equal to 3) frequencies, excluding a target frequency, among $n+1$ frequencies at prescribed frequency intervals, and outputting the same to an optical transmission path being measured; a measuring means for measuring the power of an optical signal having the target frequency, generated in the optical transmission path as a result of four-wave mixing of the optical signals having n frequencies, output by the optical transmission path; and a determining means for determining a power spectrum density of nonlinear interference noise generated in the optical transmission path, by multiplying the power of the optical signal having the target frequency by an adjustment value.

(57) 要約: 測定装置は、所定の周波数間隔の $n+1$ 個 (n は 3 以上の整数) の周波数の内の、対象周波数を除く n 個の周波数の光信号を生成して、測定対象の光伝送路に出力する出力手段と、前記光伝送路が出力する、前記 n 個の周波数の光信号の四光波混合により前記光伝送路で生じる前記対象周波数の光信号のパワーを測定する測定手段と、前記対象周波数の光信号のパワーに調整値を乗ずることで、前記光伝送路で生じる非線形干渉雑音のパワースペクトル密度を判定する判定手段と、を備えている。

WO 2020/036036 A1

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：光通信システムの測定装置

技術分野

[0001] 本発明は、光通信システムの品質測定技術に関し、より詳しくは、光通信システムの汎用光信号対雑音比（ $G-O S N R$ ）の測定技術に関する。

背景技術

[0002] 光通信システムにおいて、光増幅器は光雑音を発生する。したがって、光通信システムの品質を評価するパラメータの1つとして、光信号対雑音比（ $O S N R$ ）が使用されている。また、光通信システムにおいては、その線形光学特性及び非線形光学特性に基づく光信号の品質劣化が生じる。なお、波長分散に代表される線形光学特性については、現在、電氣的に補償する種々の技術が確立されており、光通信システムのパフォーマンスを劣化させる主要因ではなくなっている。一方、自己位相変調等の非線形光学特性に対しては、現在においても効果的な補償技術が確立されておらず、光通信システムのパフォーマンスを劣化させる主要因となっている。

[0003] 非特許文献1は、非線形光学特性による光信号の品質劣化を非線形干渉雑音として定量化することを開示している。また、非特許文献2は、光雑音及び定量化した非線形干渉雑音を考慮した光通信システムの品質評価パラメータである汎用光信号対雑音比（ $G-O S N R$ ）を提案している。具体的には、光信号、光雑音及び非線形干渉雑音のパワーを、それぞれ、 P_{CH} 、 P_{ASE} 及び P_{NL} とすると、 $G-O S N R$ は、 $P_{CH} / (P_{ASE} + P_{NL})$ で求められる。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：P. Poggiolini, et. al., "The GN-Model of Fiber Non-Linear Propagation and its Applications", JLT-32, no. 4, pp. 694-721, 2014年2月15日

非特許文献2: Mateo, et. al., SubOptic 2016, Paper Th1A.1, 2016年

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 非特許文献1は、GNRF (Gaussian Noise Reference Formula) と呼ばれる計算式を用いて非線形干渉雑音量を求めることを提案している。なお、具体的には、非特許文献1は、周波数 f における非線形干渉雑音のパワースペクトル密度 $G_{NLI}(f)$ を、光通信システムの種々のパラメータ等に基づき非常に複雑な2重積分の計算を行うことで理論的に求めることを開示している。しかしながら、非特許文献1は、非線形干渉雑音のパワースペクトル密度 $G_{NLI}(f)$ を測定する具体的な方法については開示していない。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示は、非線形干渉雑音のパワースペクトル密度を測定できる測定装置を提供するものである。

[0007] 本発明の一態様によると、測定装置は、所定の周波数間隔の $n+1$ 個 (n は3以上の整数) の周波数の内の、対象周波数を除く n 個の周波数の光信号を生成して、測定対象の光伝送路に出力する出力手段と、前記光伝送路が出力する、前記 n 個の周波数の光信号の四光波混合により前記光伝送路で生じる前記対象周波数の光信号のパワーを測定する測定手段と、前記対象周波数の光信号のパワーに調整値を乗ずることで、前記光伝送路で生じる非線形干渉雑音のパワースペクトル密度を判定する判定手段と、を備えている。

発明の効果

[0008] 本発明によると、非線形干渉雑音のパワースペクトル密度を測定することができる。

[0009] 本発明のその他の特徴及び利点は、添付図面を参照とした以下の説明により明らかになるであろう。なお、添付図面においては、同じ若しくは同様の

構成には、同じ参照番号を付す。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]一実施形態による測定装置の構成図。
[図2A]一実施形態による測定装置が出力する光信号の周波数の関係を示す図。
。
[図2B]一実施形態による測定装置が出力する光信号の周波数の関係を示す図。
。
[図3]一実施形態による係数情報を示す図。
[図4]一実施形態による係数情報を生成するためのモデルを示す図。
[図5A]一実施形態による測定装置が出力する光信号の周波数の関係を示す図。
。
[図5B]一実施形態による測定装置が出力する光信号の周波数の関係を示す図。
。
[図6A]一実施形態による測定装置の送信側の構成図。
[図6B]一実施形態による測定装置の送信側の構成図。
[図6C]一実施形態による測定装置の送信側の構成図。
[図7]周波数間隔 Δf と周波数 f_t の光信号のパワーの偏差との関係の一例を示す図。
[図8]光信号数 n と周波数 f_t の光信号のパワーの偏差との関係の一例を示す図。
[図9]一実施形態による測定装置の構成図。
[図10]一実施形態による測定の様態を示す図。

発明を実施するための形態

- [0011] 以下、添付図面を参照して実施形態を詳しく説明する。尚、以下の実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものでなく、また実施形態で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明に必須のものとは限らない。実施形態で説明されている複数の特徴うち二つ以上の特徴が任意に組み合わせられてもよい。また、同一若しくは同様の構成には同一の参照番号を付し、重複

した説明は省略する。

[0012] 本発明者は、 $G_{NLI}(f)$ を求める非特許文献1のGNRFの内、絶対値を求める部分が、3つの周波数 f_1 、 f_2 及び f_3 の非縮退四光波混合により生じる周波数 f の光信号のパワーに相当することを見出した。よって、非縮退四光波混合により生じる周波数 f の光信号のパワーを測定し、測定したパワーに適切な調整値を乗ずることで、非線形干渉雑音のパワースペクトル密度を求めることができることを見出し、本発明に至った。

[0013] <第一実施形態>

図1は、本実施形態による測定装置の構成図である、測定装置は、3つの光源部11～13と、多重部2と、光パワー測定部3と、演算部4と、を有し、光通信システム（光伝送路）80の非線形干渉雑音のパワースペクトル密度を測定する。また、測定した非線形干渉雑音のパワースペクトル密度に基づき非線形干渉雑音量を求め、さらに、 $G-O\ SNR$ を求める様に構成することもできる。

[0014] 光源部11は、周波数 f_1 の光信号を生成して多重部2に出力し、光源部12は、周波数 f_2 の光信号を生成して多重部2に出力し、光源部13は、周波数 f_3 の光信号を生成して多重部3に出力する。なお、四光波混合により周波数 f_t の光信号を生じさせるため、光源部11から13は、偏波状態が時間と共に変化する光信号を生成する様に構成することが望ましい。例えば、光源部11～13それぞれに、互いにインコヒーレントな光信号を生成する複数の光源を設ける構成とすることができる。この場合、光源部11～13は、複数の光源が生成する光信号を合波することで、偏波状態が時間と共に変化する光信号を生成することができる。また、光源部11から13には、単一の光源と、単一の光源が生成して出力する光信号の偏波状態を時間と共に変化させる偏波スクランブラとを設ける構成とすることもできる。多重部2は、周波数 f_1 、 f_2 及び f_3 の光信号を周波数多重（波長多重）して、測定対象の光通信システム80に出力する。

[0015] ここで、光通信システム80においては、周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 の3つ

の光信号による四光波混合により周波数 f_t の光信号が生成される。本実施形態では、周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 及び f_t の4つの光信号を周波数軸上で並べたときに、隣接する2つの光信号の間隔がいずれも Δf となる様に、周波数 f_1 、 f_2 及び f_3 を設定する。なお、4つの周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 及び f_t の大小関係は任意である。図2A及び図2Bは、それぞれ、周波数配置の一例を示している。

[0016] 図2Aにおいては、周波数 f_t が最も低く、周波数 f_1 が2番目に低く、周波数 f_2 が2番目に高く、周波数 f_3 が最も高い配置となっている。一方、図2Bにおいては、周波数 f_1 が最も低く、周波数 f_2 が2番目に低く、周波数 f_t が2番目に高く、周波数 f_3 が最も高い配置となっている。なお、取り得る周波数配置は、図2に示す以外にも多数ある。

[0017] 光パワー測定部3は、四光波混合により生じた周波数 f_t の光信号のパワーを測定し、演算部4に出力する。なお、送信側において偏波スクランブラにより偏波を変動させる場合、周波数 f_t の光信号のパワーを測定する期間は、送信側において与えた偏波変動の周期より大きい期間とする。演算部4には、例えば、図3に示す様な、周波数と係数との対応関係を示す係数情報が格納されている。演算部4は、係数情報に基づき周波数 f_t の係数 c_t を判定して調整値とする。そして、演算部4は、光パワー測定部3が測定した周波数 f_t の光信号のパワーと調整値とを乗ずることで $G_{NL1}(f_t)$ を求める。以下、演算部4に予め格納する係数情報の求め方について説明する。

[0018] まず、図4に示す様に、測定対象の光通信システム80と同じスパン数の光通信システムのモデルを定義する。なお、1つのスパンとは、ある光増幅部の直後から次の光増幅部までの区間である。本例において、光通信システム80のスパン数を5とし、よって、図4に示すモデルのスパン数も5としている。なお、図4においては、各スパンの長さ（スパン長）を80kmとしている。

[0019] まず、定義したモデルについて、非特許文献1に開示されているGNRFにより各周波数 f における $G_{NL1}(f)$ を計算により求める。また、四光波混

合により生じる光信号のパワーを求める理論式に基づき、定義したモデルにおいて四光波混合により生じる光信号のパワーも各周波数 f について計算で求める。そして、各周波数 f について、計算により求めた G_{NL1} を四光波混合により生じる光信号のパワーで除することで、係数情報を作成することができる。

[0020] 以上、本実施形態では、測定対象の光通信システム 80 と同じスパン数のモデルに基づき周波数と係数との対応関係を示す係数情報を予め計算して演算部 4 に格納しておく。そして、演算部 4 は、光パワー測定部 3 により測定された、四光波混合で生じる周波数 f_t の光信号のパワーと、係数情報から判定される周波数 f_t の係数 c_t に基づく調整値とを乗ずることで、簡易に $G_{NL1}(f_t)$ を測定することができる。そして、周波数 f_t を測定対象の光通信システム 80 で使用する帯域幅に渡り変化させながら $G_{NL1}(f_t)$ を測定することで、非線形干渉雑音量を測定することができる。また、並行して光雑音のパワーと、光信号のパワーを測定することで、 $G-O-SNR$ を測定することができる。なお、係数情報における係数の値が、周波数に応じてそれ程変化しない場合には、 $G_{NL1}(f_t)$ に測定対象の光通信システム 80 で使用する帯域幅を乗ずることで、簡易的に非線形干渉雑音量を測定することができる。

[0021] 本実施形態の測定装置は、周波数 f_1 、 f_2 及び f_3 の光信号を生成し、四光波混合で生じる周波数 f_t の光信号のパワーを測定する。したがって、この 4 つの光信号以外の周波数に他の光信号が存在していても測定に影響はない。この様子を図 10 に示す。図 10 は、実際の通信で使用している光信号（通信用光信号）の空帯域を利用して測定している状態を示している。この様に、本実施形態の測定装置は、通信サービスの提供に使用されていない光通信システムのみならず、通信サービスの提供に使用されている光通信システムの測定も行える。言い換えると、本実施形態の測定装置は、アウト・オブ・サービス及びイン・サービスの両方で測定が可能である。

[0022] <第二実施形態>

続いて、第二実施形態について第一実施形態との相違点を中心に説明する。第一実施形態においては、周波数 f_1 、 f_2 及び f_3 の3つの光信号の四光波混合で生じる周波数 f_t の光信号のパワーを測定していた。本実施形態では、周波数 $f_1 \sim f_n$ の n 個の光信号の四光波混合で生じる周波数 f_t の光信号のパワーを測定する。なお、本実施形態において n は4以上の整数とする。また、周波数 f_k (k は2～ n までの整数) は、周波数 f_{k-1} より高い周波数とする。図5A及び図5Bは、周波数 $f_1 \sim f_n$ と、測定対象の周波数 f_t との関係の一例を示している。図5Aにおいて、周波数 f_t は、周波数 f_1 より低い。図5Bにおいて、周波数 f_t は、周波数 f_{k-1} と周波数 f_k の間の周波数である。なお、周波数 f_t より周波数の低い光信号の数 ($k-1$) と、周波数 f_t より周波数の高い光信号の数 ($n-k+1$) は、同じであっても異なっても良い。また、図には示していないが、周波数 f_t を周波数 f_n より高い周波数とすることもできる。いずれにしても、周波数 $f_1 \sim f_n$ 及び周波数 f_t を周波数軸上で並べると、隣接する2つの周波数の周波数間隔 Δf が同じとなる様にする。図5A及び図5Bから明らか様に、第一実施形態は、本実施形態による $n=3$ としたものである。

[0023] 図6A～図6Cは、本実施形態による測定装置の送信側の構成図である。周波数コム光源10は、所定の周波数間隔 Δf の複数の光信号（連続光）を生成する光源であり、1000個程度の光信号を生成できるものが実用化されている。図6Aは、周波数 f_t を周波数 f_1 より低い配置（図5A）又は周波数 f_t を周波数 f_n より高い配置とする場合に適用できる構成である。この場合、周波数コム光源10は、周波数 $f_1 \sim f_n$ の光信号を生成し、生成した n 個の光信号を偏波スクランブラ50に出力する。偏波スクランブラ50は、周波数 $f_1 \sim f_n$ の光信号の偏波を時間と共に変化させる。なお、偏波スクランブラ50を設ける理由は第一実施形態と同様である。図6Bは、周波数 f_t を周波数 f_{k-1} と周波数 f_k との間に配置（図5B）する場合に適用できる構成である。この場合、一方の周波数コム光源10は、周波数 $f_1 \sim f_{k-1}$ の光信号を生成し、生成した光信号を多重部2に出力する

。また、他方の周波数コム光源 10 は、周波数 $f_k \sim f_n$ の光信号を生成し、生成した光信号を多重部 2 に出力する。多重部 2 は、2 つの周波数コム光源 10 からの計 n 個の光信号を合波して偏波スクランブラ 50 に出力する。図 6 C は、任意の周波数配置に適用できる構成である。この場合、周波数コム光源 10 は、所定の周波数間隔 Δf の計 $(n + 1)$ 個の光信号を生成し、生成した $(n + 1)$ 個の光信号を波長選択スイッチ (WSS) 60 に出力する。波長選択スイッチ 60 は、周波数 f_t に対応する光信号を抑圧し、残りの n 個の光信号を偏波スクランブラ 50 に出力する。なお、測定装置の受信側の構成及び受信側における処理は第一実施形態と同様である。

[0024] 続いて、 $n = 4$ 以上とする理由について説明する。図 7 は、周波数間隔 Δf を変化させながら、1600 km で 20 スパン (80 km / スパン) の光通信システム 80 を伝送後に実際に測定した周波数 f_t の光信号のパワーを示している。なお、縦軸は、計算値からの偏差 (%) で示している。第一実施形態の様に、 $n = 3$ であると、周波数間隔 Δf が 400 MHz 程度までにおいて偏差を小さいが、周波数間隔 Δf が 400 MHz を超えたあたりから偏差が大きくなる。図 7 は、 $n = 4$ の場合と、 $n = 8$ の場合も示している。 $n = 4$ 及び $n = 8$ の場合には、周波数間隔 $\Delta f = 700$ MHz を超えたあたりから偏差が大きくなる。

[0025] 図 8 は、周波数間隔 Δf を 900 MHz で一定とし、光信号数 n を変化させたときの、周波数 f_t の光信号のパワーの実測値の偏差を示している。図 8 より、光信号数 $n = 50$ 以上とすることで、周波数 f_t の光信号のパワーの変動は十分小さくなっている。さらに、光信号数 $n = 100$ 以上とすることで、周波数 f_t の光信号のパワーの変動はより小さくなっている。この様に、四光波混合で生じる周波数 f_t の光信号のパワーの実測値は、周波数 f_t の位置に光信号を生じさせる光信号の数が小さい場合、周波数間隔 Δf を大きくすると、図 3 に示す係数を求める際に利用した理想値との誤差が大きくなる。これは、 $G_{NLI}(f_t)$ の誤差に繋がる。

[0026] ここで、周波数間隔 Δf を十分に小さくできるのであれば第一実施形態で

説明した様に、 $n = 3$ としても、精度良く $G_{NLI}(f, t)$ を測定することができる。しかしながら、光源が生成する光信号の周波数安定性によっては、 $n = 3$ で精度良く $G_{NLI}(f, t)$ を測定するための周波数間隔 Δf を確保できない場合がある。また、光通信システム 80 の距離が長くなると、許容できる周波数間隔 Δf の最小値は大きくなる。つまり、使用する光源や測定対象の光通信システム 80 によっては、 $n = 3$ では、精度良く、 $G_{NLI}(f, t)$ を測定することができなくなり得る。例えば、図示していないが、8000 km で100スパン (80 km / スパン) の光通信システム 80 においては、 $n = 3$ の場合、100 MHz を超えたあたりから偏差が大きくなる。つまり、8000 km で100スパン (80 km / スパン) の光通信システム 80 において、 $n = 3$ とすると、100 MHz より小さい周波数分解能で測定する必要があるが、これは、実質的に不可能である。

[0027] このため、本実施形態では、 n を4以上、50以上、又は、100以上とする。 n を増加させることで、四光波混合により周波数 f, t の位置に光信号を生じさせる光信号の組み合わせ数を大きくすることができる。例えば、図5Aの配置では、 f_1 、 f_m 及び f_{m+1} (m は2から $n-1$ までの整数) の光信号の組み合わせそれぞれが、周波数 f, t の位置に光信号を生じさせる。これにより、周波数間隔 Δf を増加させても、実測される周波数 f, t の光信号のパワーと、図3の係数の算出に利用した光信号のパワーとの差を小さくでき、よって、精度良く、 $G_{NLI}(f, t)$ を測定することができる。

[0028] <第三実施形態>

続いて、第三実施形態について第一実施形態との相違点を中心に説明する。例えば、第一実施形態において、四光波混合で生じる周波数 f, t の光信号のパワーが弱く、光雑音レベル以下であると、光パワー測定部 3 は、四光波混合で生じる周波数 f, t の光信号のパワーを測定できない。本実施形態は、四光波混合で生じる周波数 f, t の光信号のパワーを光パワー測定部 3 により、直接、測定できない場合でも、 $G_{NLI}(f, t)$ の測定を可能にするものである。

[0029] 図9は、本実施形態による測定装置の構成図である。なお、図1の構成と同じ構成要素には同じ参照符号を使用してその説明は省略する。本実施形態においては、3つの光源部11～13が出力する3つの光信号の内の任意の1つの光信号を所定のデータ、例えば、ランダムデータで変調して変調光とし、それ以外の光信号については連続光のままとする。なお、変調方式は任意である。本例では、光源部11が出力する周波数 f_1 の光信号を変調し、よって、光源部11と多重部2の間に変調部5を設けている。

[0030] 光通信システム80においては、周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 の3つの光信号による四光波混合により周波数 f_t の光信号が生成されるが、周波数 f_1 が変調光であることより、この周波数 f_t の光信号も変調光となる。光通信システム80の出力は、まず、光パワー測定部3に接続される。光パワー測定部3は、周波数 f_1 の変調光のパワー P_1 を測定する。続いて、光通信システム80の出力は、光フィルタ6に接続される。光フィルタ6は、通過帯域を変化させることのできる可変フィルタである。光フィルタ6は、まず、周波数 f_1 の変調光を通過させる様に設定される。したがって、フォトダイオードである光電変換部7は、周波数 f_1 の変調光に基づき第1変調電気信号を出力し、パワー測定部8は、第1変調電気信号のパワー E_1 を測定する。続いて、光フィルタ6は、周波数 f_t の変調光を通過させる様に設定される。したがって、光電変換部7は、周波数 f_t の変調光に基づき第2変調電気信号を出力し、パワー測定部8は、第2変調電気信号のパワー E_t を測定する。なお、パワー測定部8が第2変調電気信号のパワー E_t を測定できるのは、光雑音はランダムであるため、光電変換部7の出力に表れないからである。パワー測定部8は、測定した2つの変調電気信号のパワー E_1 及び E_t を演算部4に出力する。

[0031] ここで、周波数 f_t の変調光のパワーを P_t とすると、周波数 f_1 の変調光のパワー P_1 とパワー P_t との比(P_t/P_1)は、周波数 f_1 の変調光に基づく第1変調電気信号のパワー E_1 と、周波数 f_t の変調光に基づく第2変調電気信号のパワー E_t との比(E_t/E_1)に等しい。よって、演算

部4は、四光波混合で生じる周波数 f_t の光信号のパワー P_t を $P_t = P_1 \times E_t / E_1$ により求めることができる。その後、第一実施形態と同様に、求めたパワー P_t に、係数情報から判定される調整値を乗ずることで、演算部4は、 $G_{NLI}(f_t)$ を求めることができる。

[0032] 以上の構成により、光雑音により、四光波混合で生じる周波数 f_t の光信号のパワーを直接測定できない場合においても $G_{NLI}(f_t)$ を求めることができる。

[0033] <第四実施形態>

続いて、第四実施形態について第一実施形態及び第二実施形態との相違点を中心に説明する。第一実施形態及び第二実施形態において、係数情報は、測定対象の光通信システム80と同じスパン数のモデルに基づき生成されていた。したがって、様々なスパン数の光通信システムを測定するには、様々なスパン数のモデルに基づき係数情報を生成しておき、測定する光通信システムのスパン数に応じて使用する係数情報を選択する必要があった。本実施形態では、所定のスパン数の1つのモデルに基づき生成された係数情報のみを演算部4に格納しておき、測定対象の光通信システム80のスパン数に応じて係数情報を補正して使用する構成について説明する。

[0034] まず、演算部4には、図3に示す、例えば、5スパンのモデルに基づく係数情報と、 $G_{NLI}(f)$ を求める非特許文献に記載された G_{NRF} を格納しておく。また、演算部4には、測定対象の光通信システム80のスパン数を設定する。

[0035] 演算部4は、モデルとした5スパンの場合における $G_{NLI}(f_t)$ と、測定対象の光通信システム80のスパン数での $G_{NLI}(f_t)$ との比をスパン数補正值として、 G_{NRF} に基づき計算する。そして、演算部4は、係数情報から判定される係数 c_t にスパン数補正值を乗ずることで、光通信システム80のスパン数における周波数 f_t での調整値を求め、これを四光波混合で生じる周波数 f_t の光信号のパワーに乗ずることで $G_{NLI}(f_t)$ を求める。

[0036] 例えば、ある1つのモデルについて係数情報を算出するためには、 G_{NRF}

Fに基づき、各周波数 f について、つまり、周波数 f を変数として、 $G_{NLI}(f)$ を計算する必要があり、その計算量は膨大である。つまり、複数のスパン数のモデルについて、それぞれ、係数情報を作成するには膨大な計算を行わなければならない。

[0037] 本実施形態では、予め1つの係数情報を作成し、測定対象の周波数 f_t のスパン補正值のみを、GNRFにより求める。つまり、複数の周波数 f それぞれについてGNRFによる計算を行うのではなく、所定の周波数 f_t のみについて、2つのスパン数（その他のパラメータは同一）での比を求める計算のみ行う。このため、スパン数補正值を求めるための計算量は多くはない。

[0038] 以上の構成により、様々なスパン数の光通信システムについて、1つの係数情報により、 $G_{NLI}(f_t)$ を測定することができる。

[0039] <第五実施形態>

第一実施形態及び第二実施形態では、測定対象の光通信システム80と同じスパン数のモデルに基づき求めた係数情報を使用して $G_{NLI}(f_t)$ を測定し、第四実施形態では、係数情報の作成に使用したモデルとは異なるスパン数の光通信システム80を測定する場合の構成について説明した。ここで、図4に示す様に、係数情報の作成に使用するモデルは、計算の簡易化のため、各スパンのパラメータ（スパン長、波長分散、分散スロープ）が同一であるものとしていた。しかしながら、測定対象の光通信システム80とモデルのスパン数が同じであったとしても、測定対象の光通信システム80において、各スパンのスパン長、波長分散及び分散スロープが同じとは限らない。以下では、第一実施形態～第四実施形態と比較してより精度よく $G_{NLI}(f_t)$ を求める構成について説明する。

[0040] <スパン長>

本発明者の研究・調査により、光通信システムの各スパンのスパン長のばらつきは、測定結果に影響を与えず、光通信システムの各スパンのスパン長の平均値のみが測定結果に影響を当てることが分かった。したがって、複数

のスパン長の平均値に対応する係数情報をそれぞれ作成しておき、測定対象の光通信システム80のスパン長の平均値に最も近い平均値に対応する係数情報を選択して使用することで、精度よく $G_{NLI}(f, t)$ を測定することができる。或いは、各スパンの長さが同じモデル(図5では80km)で求めた係数情報に加えて、スパン長の平均値と、係数情報を補正するためのスパン長補正值との関係を示すスパン長補正情報を演算部4に格納しておく構成とすることもできる。この場合、演算部4は、係数情報で判定される係数をスパン長補正情報で判定されるスパン長補正值で補正して調整値を求め、この調整値により $G_{NLI}(f, t)$ を判定する。

[0041] <波長分散>

本発明者の研究・調査により、スパン長と同様、各スパンの波長分散(単位距離当たりの値)についても、光通信システム全体の分散とモデルの分散が同じであれば測定結果に影響を与えないことが分かった。したがって、上記、スパン長と同様に、複数の分散に対応する係数情報を演算部4に格納しておき、測定対象の光通信システムの分散に一番近い分散に対応する係数情報を使用することで、より精度よく $G_{NLI}(f, t)$ を求めることができる。また、スパン長と同様に、1つの係数情報で求められる係数を、測定対象の光通信システムの分散に基づき補正して使用する構成とすることができる。この場合、分散と係数を補正するための分散補正值との関係を示す分散補正情報を予め作成して演算部4に格納しておく。

[0042] <分散スロープ>

本発明者の研究・調査により、分散スロープ(単位距離当たりの値)については、平均値に加えて、各スパンの分散スロープのばらつきが測定結果に影響を与えることが分かった。したがって、測定対象の分散スロープの値及び標準偏差(又は分散)の組み合わせに応じた係数情報を作成しておく構成とすることで、より精度よく $G_{NLI}(f, t)$ を求めることができる。或いは、分散スロープの値及び標準偏差(又は分散)と、分散スロープ補正值との関係を示す分散スロープ補正情報を予め求めて演算部4に格納しておく構成と

することもできる。この場合、演算部4は、測定対象の光通信システム80全体の分散スロープと、各スパンの分散スロープの標準偏差（又は分散）とに基づき分散スロープ補正値を求め、求めた分散スロープ補正値で係数を補正して調整値を求めることで、より精度よく $G_{NLI}(f, t)$ を判定することができる。

[0043] なお、スパン長、波長分散、分散スロープによる係数の補正、又は、スパン長、波長分散、分散スロープに応じた係数情報の使用は組み合わせて使用することができる。

[0044] <第六実施形態>

第一実施形態から第五実施形態においては、測定対象の光通信システム80の利得プロファイル（周波数と利得との関係）がフラットであることを想定していた。通常の波長多重光通信システムにおいては、各波長の利得の変動を抑える等化器が使用されており、この想定は、一般的には妥当である。しかしながら、測定対象の光通信システム80の利得プロファイルがフラットではない場合、周波数 f, t に応じて測定結果は異なる。

[0045] ここで、測定対象の光通信システム80で使用する帯域幅に渡り周波数 f, t を変化させながら G_{NLI} を測定するのであれば、実測値に基づき非線形干渉雑音量を求めるため問題がないが、1つの周波数 f, t で測定した G_{NLI} に測定対象の光通信システム80で使用する帯域幅を乗ずることで簡易的に非線形干渉雑音量を求める場合、周波数 f, t の値に応じて測定結果が変動する。

[0046] このため、測定対象の光通信システム80の利得プロファイルがフラットではない場合、周波数 f, t については、利得が、信号帯域幅の利得の平均値、或いは平均値を含む所定範囲内になる周波数に設定することで測定値の誤差を抑えることができる。なお、利得が高い程、 G_{NLI} の値が増大し、 $G-O$ SNRが劣化するため、最悪値を判定するには、利得の最も高い周波数を周波数 f, t とすることもできる。

[0047] <その他の実施形態>

また、本発明による測定装置は、コンピュータを上記測定装置として動作

・機能させるプログラムにより実現することができる。これらコンピュータプログラムは、コンピュータの1つ以上のプロセッサで実行されると、当該コンピュータを上記測定装置として動作・機能させる命令を含んでいる。また、当該コンピュータプログラムを格納するコンピュータ可読記憶媒体が提供される。

[0048] 本発明は上記実施の形態に制限されるものではなく、本発明の精神及び範囲から離脱することなく、様々な変更及び変形が可能である。従って、本発明の範囲を公にするために、以下の請求項を添付する。

[0049] 本願は、2018年8月17日提出の日本国特許出願特願2018-153370及び2019年2月18日提出の日本国特許出願特願2019-026482を基礎として優先権を主張するものであり、その記載内容の全てを、ここに援用する。

請求の範囲

- [請求項1] 所定の周波数間隔の $n + 1$ 個 (n は 3 以上の整数) の周波数の内の、対象周波数を除く n 個の周波数の光信号を生成して、測定対象の光伝送路に出力する出力手段と、
- 前記光伝送路が出力する、前記 n 個の周波数の光信号の四光波混合により前記光伝送路で生じる前記対象周波数の光信号のパワーを測定する測定手段と、
- 前記対象周波数の光信号のパワーに調整値を乗ずることで、前記光伝送路で生じる非線形干渉雑音のパワースペクトル密度を判定する判定手段と、
- を備えている、測定装置。
- [請求項2] 前記対象周波数の前記光伝送路における利得は、前記光伝送路の伝送帯域に渡る利得の平均値を含む所定範囲内である、請求項 1 に記載の測定装置。
- [請求項3] 前記対象周波数の前記光伝送路における利得は、前記光伝送路の伝送帯域に渡る利得の最大値である、請求項 1 に記載の測定装置。
- [請求項4] 前記判定手段は、周波数と調整係数との関係を示す係数情報を保持しており、
- 前記対象周波数の光信号のパワーに乘じる前記調整値は、前記係数情報が示す前記対象周波数の調整係数に基づく値である、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の測定装置。
- [請求項5] 前記判定手段は、前記光伝送路のスパン数に基づきスパン数補正值を求め、
- 前記対象周波数の光信号のパワーに乘じる前記調整値は、前記係数情報が示す前記対象周波数の調整係数を、少なくとも前記スパン数補正值を使用して補正した値である、請求項 4 に記載の測定装置。
- [請求項6] 前記判定手段は、前記光伝送路のスパン長の平均値に基づきスパン長補正值を求め、

前記対象周波数の光信号のパワーに乘じる前記調整値は、前記係数情報が示す前記対象周波数の調整係数を、少なくとも前記スパン長補正值を使用して補正した値である、請求項4に記載の測定装置。

[請求項7] 前記判定手段は、前記光伝送路の波長分散に基づき波長分散補正值を求め、

前記対象周波数の光信号のパワーに乘じる前記調整値は、前記係数情報が示す前記対象周波数の調整係数を、少なくとも前記波長分散補正值を使用して補正した値である、請求項4に記載の測定装置。

[請求項8] 前記判定手段は、前記光伝送路の分散スロープ及び前記光伝送路の各スパンの分散スロープの分散又は標準偏差に基づき分散スロープ補正值を求め、

前記対象周波数の光信号のパワーに乘じる前記調整値は、前記係数情報が示す前記対象周波数の調整係数を、少なくとも前記分散スロープ補正值を使用して補正した値である、請求項4に記載の測定装置。

[請求項9] 前記判定手段は、複数のスパン長の平均値それぞれに対応する複数の前記係数情報を保持しており、

前記対象周波数の光信号のパワーに乘じる前記調整値は、前記光伝送路のスパン長の平均値に基づき複数の前記係数情報から選択された前記係数情報が示す前記対象周波数の調整係数に基づく値である、請求項4に記載の測定装置。

[請求項10] 前記判定手段は、複数の波長分散それぞれに対応する複数の前記係数情報を保持しており、

前記対象周波数の光信号のパワーに乘じる前記調整値は、前記光伝送路の分散に基づき複数の前記係数情報から選択された前記係数情報が示す前記対象周波数の調整係数に基づく値である、請求項4に記載の測定装置。

[請求項11] 前記判定手段は、分散スロープと、分散スロープの分散又は標準偏差との組み合わせそれぞれに対応する複数の前記係数情報を保持して

おり、

前記対象周波数の光信号のパワーに乗じる前記調整値は、前記光伝送路の分散と、前記光伝送路の各スパンの分散スロープの分散又は標準偏差との組み合わせに基づき複数の前記係数情報から選択された前記係数情報が示す前記対象周波数の調整係数に基づく値である、請求項4に記載の測定装置。

[請求項12] 前記nは50以上の整数である、請求項1から11のいずれか1項に記載の測定装置。

[請求項13] 前記nは100以上の整数である、請求項1から11のいずれか1項に記載の測定装置。

[請求項14] 前記nは3である、請求項1から11のいずれか1項に記載の測定装置。

[請求項15] 前記出力手段は、第1周波数の変調光と、第2周波数の連続光と、第3周波数の連続光を生成し、

前記測定手段は、

前記光伝送路が出力する、前記変調光のパワーを測定する第1測定手段と、

前記光伝送路が出力する、前記変調光と、前記光伝送路で生じる前記対象周波数の光信号と、をそれぞれ光電変換し、前記変調光に対応する第1電気信号と、前記対象周波数の光信号に対応する第2電気信号と、を出力する変換手段と、

前記変換手段が出力する前記第1電気信号のパワーと、前記第2電気信号のパワーを測定する第2測定手段と、

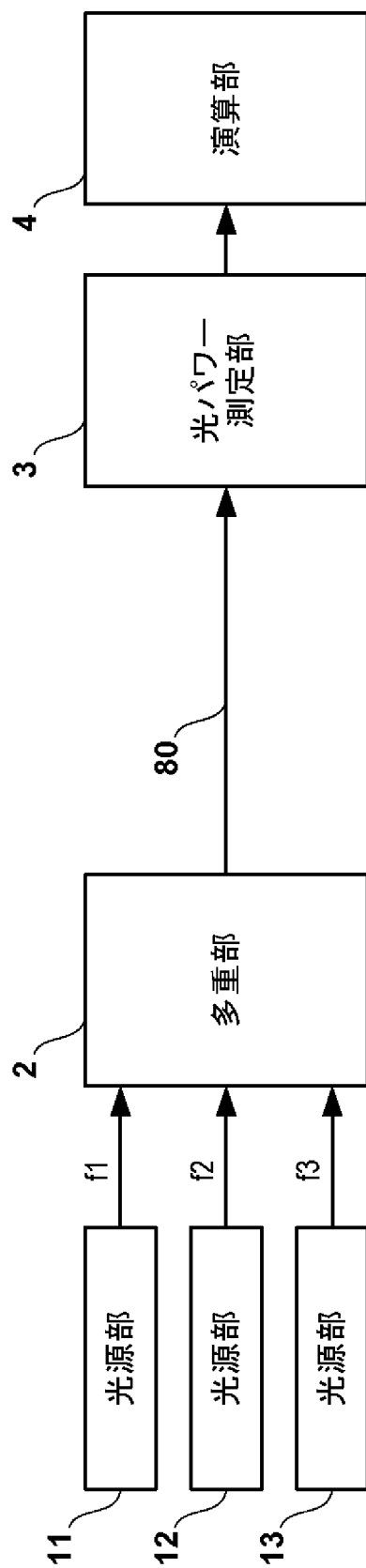
を備え、

前記測定手段は、前記変調光のパワーに、前記第1電気信号のパワーに対する前記第2電気信号のパワーの比を乗ずることで、前記対象周波数の光信号のパワーを求める、請求項14に記載の測定装置。

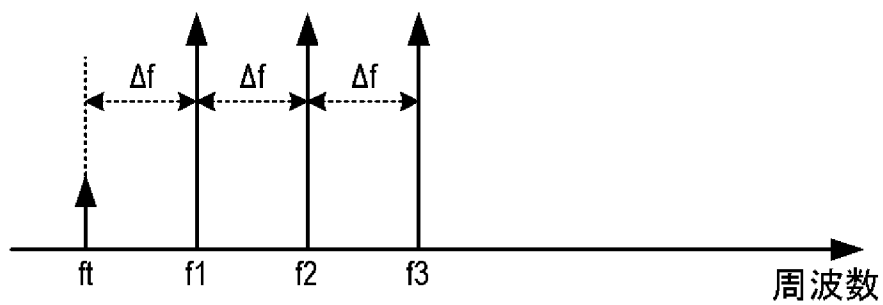
[請求項16] 前記判定手段は、前記光伝送路で生じる非線形干渉雑音のパワース

ペクトル密度に基づき前記光伝送路の汎用光信号対雑音比をさらに判定する、請求項 1 から 15 のいずれか 1 項に記載の測定装置。

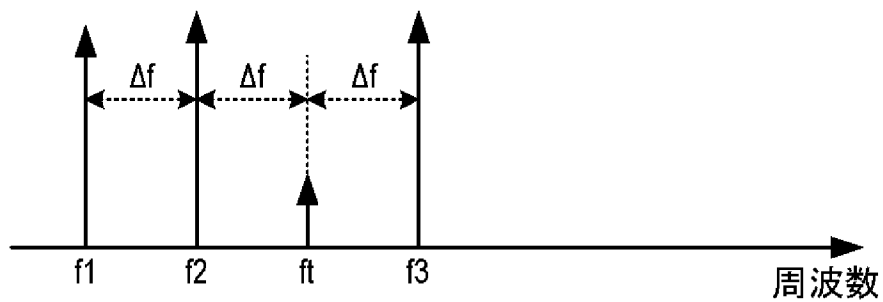
[図1]



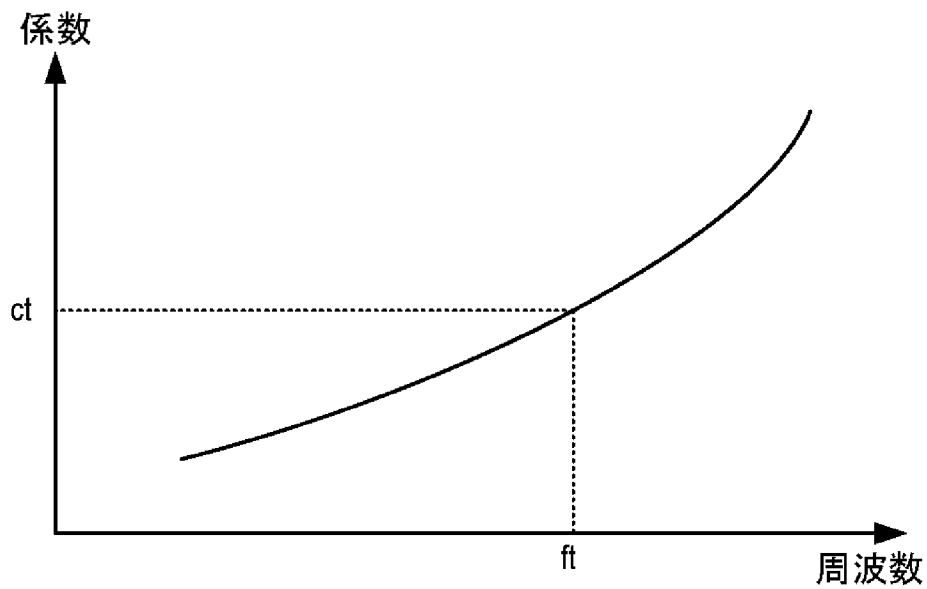
[図2A]



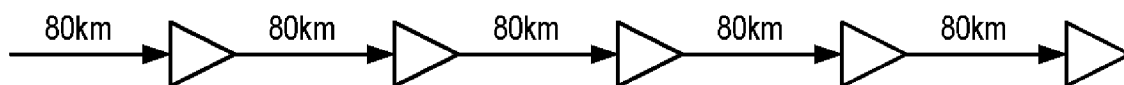
[図2B]



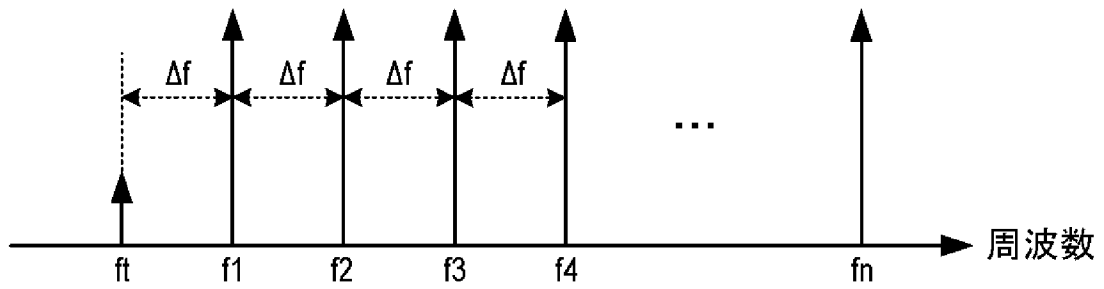
[図3]



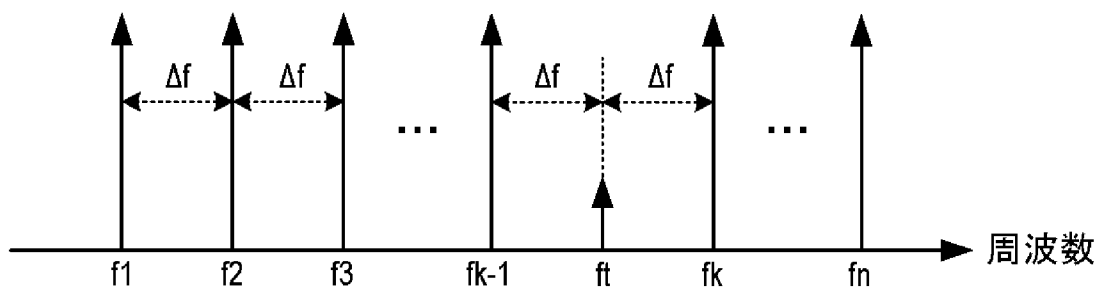
[図4]



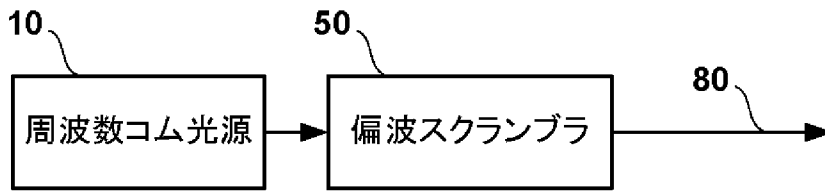
[图5A]



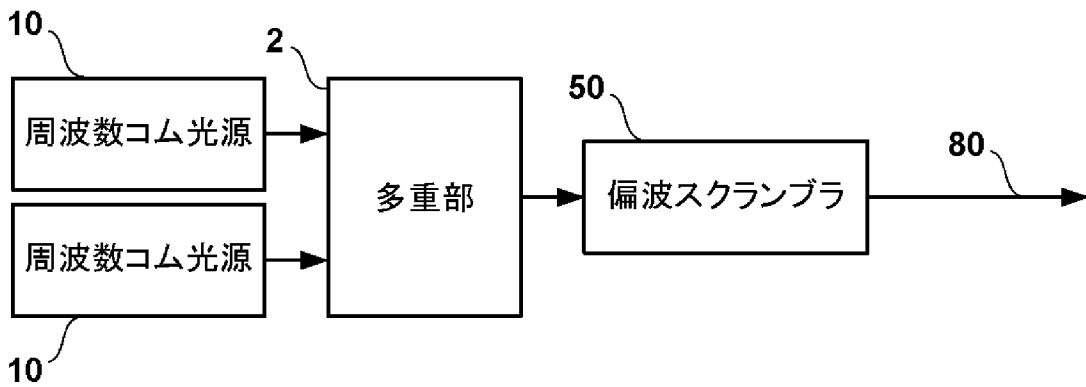
[图5B]



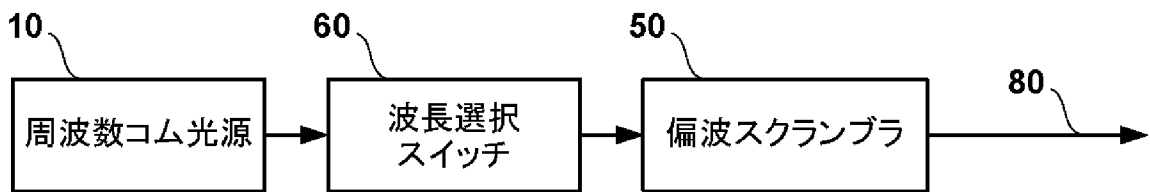
[図6A]



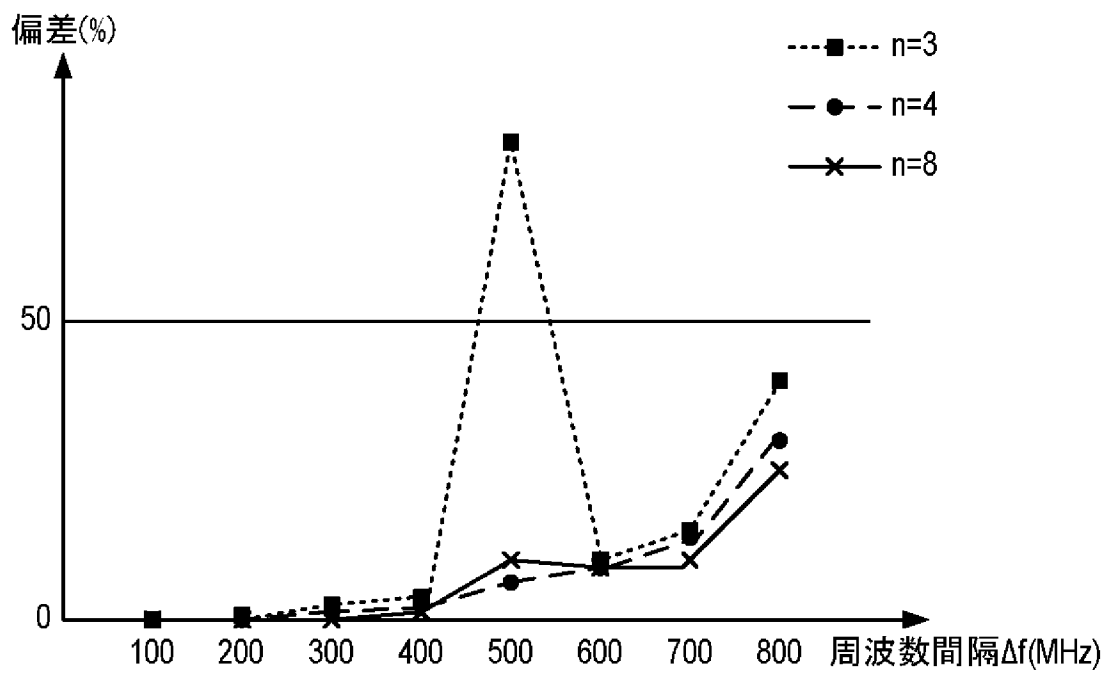
[図6B]



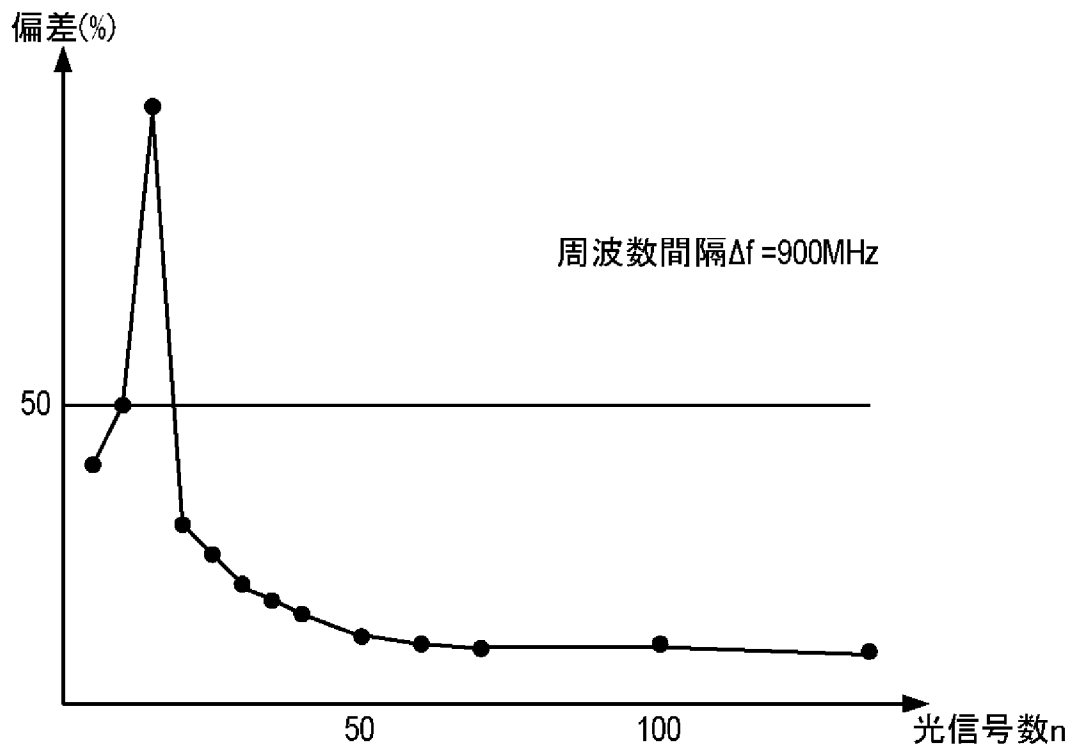
[図6C]



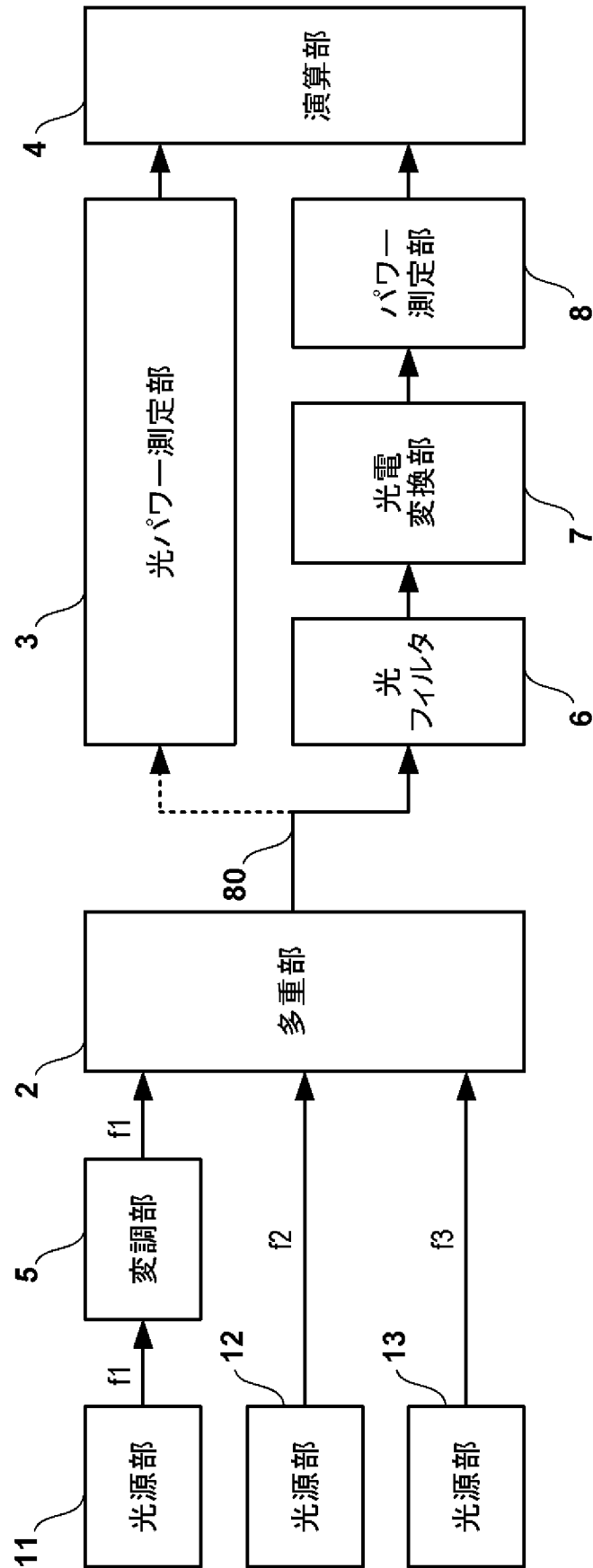
[图7]



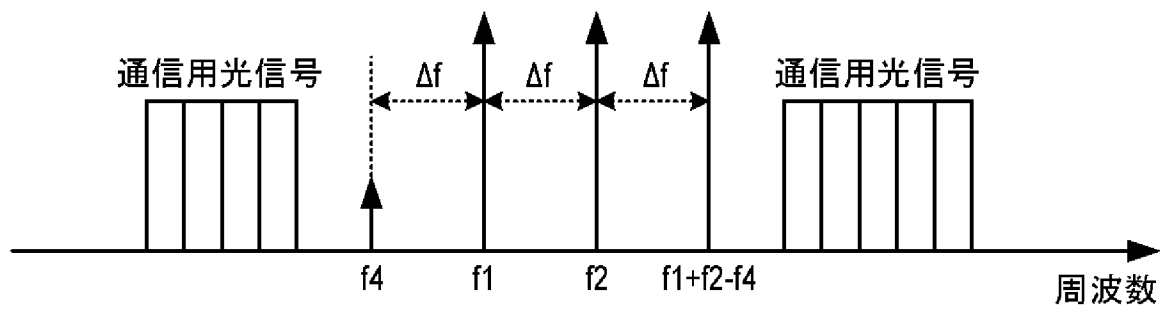
[图8]



[図9]



[图10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/027930

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. H04B10/077 (2013.01) i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>														
<p>B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. H04B10/077</p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p> <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Published examined utility model applications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1922-1996</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Published unexamined utility model applications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1971-2019</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Registered utility model specifications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1996-2019</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Published registered utility model applications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1994-2019</td> </tr> </table> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) IEEE Xplore</p>			Published examined utility model applications of Japan	1922-1996	Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019	Registered utility model specifications of Japan	1996-2019	Published registered utility model applications of Japan	1994-2019				
Published examined utility model applications of Japan	1922-1996													
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019													
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019													
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019													
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">Category*</th> <th style="width:70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width:20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">A</td> <td>JP 2003-234701 A (HITACHI, LTD.) 22 August 2003 & US 2003/0152388 A1</td> <td align="center">1-16</td> </tr> <tr> <td align="center">A</td> <td>JP 2008-41928 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 21 February 2008 (Family: none)</td> <td align="center">1-16</td> </tr> <tr> <td align="center">A</td> <td>JP 2011-24189 A (FUJITSU LTD.) 03 February 2011 & US 2010/0322622 A1</td> <td align="center">1-16</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	A	JP 2003-234701 A (HITACHI, LTD.) 22 August 2003 & US 2003/0152388 A1	1-16	A	JP 2008-41928 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 21 February 2008 (Family: none)	1-16	A	JP 2011-24189 A (FUJITSU LTD.) 03 February 2011 & US 2010/0322622 A1	1-16
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
A	JP 2003-234701 A (HITACHI, LTD.) 22 August 2003 & US 2003/0152388 A1	1-16												
A	JP 2008-41928 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 21 February 2008 (Family: none)	1-16												
A	JP 2011-24189 A (FUJITSU LTD.) 03 February 2011 & US 2010/0322622 A1	1-16												
<p><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.</p>														
<table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </td> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p> </td> </tr> </table>			<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>										
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>													
<p>Date of the actual completion of the international search 13 September 2019 (13.09.2019)</p>		<p>Date of mailing of the international search report 24 September 2019 (24.09.2019)</p>												
<p>Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan</p>		<p>Authorized officer</p> <p>Telephone No.</p>												

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/027930

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-166904 A (HITACHI CABLE, LTD.) 13 June 2003 & US 2003/0137653 A1	1-16
A	JP 2017-11506 A (FUJITSU LTD.) 12 January 2017 & US 2016/0373187 A1	1-16
A	POGGIOLINI, Pierluigi, "The GN Model of Non-Linear Propagation in Uncompensated Coherent Optical Systems", Journal of Lightwave Technology, vol. 30, Issue: 24, IEEE, September 2012, pp. 3857-3879	1-16

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04B10/077(2013.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04B10/077

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

IEEE Xplore

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2003-234701 A（株式会社日立製作所）2003.08.22, & US 2003/0152388 A1	1-16
A	JP 2008-41928 A（日本電信電話株式会社）2008.02.21, （ファミリーなし）	1-16
A	JP 2011-24189 A（富士通株式会社）2011.02.03, & US 2010/0322622 A1	1-16

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 13.09.2019	国際調査報告の発送日 24.09.2019
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 鴨川 学 電話番号 03-3581-1101 内線 3556	5K	6307
--	--	----	------

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2003-166904 A (日立電線株式会社) 2003.06.13, & US 2003/0137653 A1	1-16
A	JP 2017-11506 A (富士通株式会社) 2017.01.12, & US 2016/0373187 A1	1-16
A	POGGIOLINI, Pierluigi, The GN Model of Non-Linear Propagation in Uncompensated Coherent Optical Systems, Journal of Lightwave Technology, Volume: 30, Issue: 24, IEEE, 2012.09, pp.3857-3879	1-16