

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

N° 80 19743

⑤④ Dispositif de séparation de deux signaux lumineux émis par des sources de longueurs d'onde différentes, et transmis sur une même fibre optique, et receptrice comportant un tel dispositif.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.³). H 04 B 9/00; G 02 B 7/26.

⑫② Date de dépôt..... 12 septembre 1980.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 11 du 19-3-1982.

⑦① Déposant : Société dite : LIGNES TELEGRAPHIQUES ET TELEPHONIQUES, résidant en France.

⑦② Invention de : Michel Eve et Bernard Floch.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Philippe Guilguet, Thomson-CSF, SCPI,
173, bd Haussmann, 75360 Paris Cedex 08.

La présente invention se rapporte d'une manière générale aux systèmes de transmission sur fibre optique et concerne plus particulièrement un dispositif de séparation de deux signaux lumineux de longueurs d'onde différentes transmis sur une même fibre optique.

5 Pour démultiplexer simultanément deux longueurs d'onde différentes, pour un système de transmission sur fibre optique, il est connu d'avoir recours à une séparation spatiale de ces longueurs d'onde en faisant appel à des dispositifs optiques complexes comprenant par exemple des filtres à couches minces diélectriques, des
10 réseaux de diffraction ou des prismes dispersifs. Ces dispositifs sont toutefois volumineux et fragiles.

A la place de tels dispositifs optiques, il est connu d'utiliser une photodiode dont la structure permet de détecter et de démultiplexer simultanément deux longueurs d'onde, comme cela est décrit
15 dans l'article publié dans la revue "Applied Physics Letters", volume 34, n° 6, 15 mars 1979, page 401, intitulé : "Dual-wavelength demultiplexing InGaAsP photodiode". Selon cet article, la photodiode est constituée d'un substrat sur lequel on a fait croître par épitaxie une succession de couches. Deux de ces couches sont dopées
20 de manière à former deux photodiodes. Cependant, du point de vue technologique, il est très difficile de réaliser une croissance cristalline parfaitement homogène des différentes couches; en outre, une parfaite séparation des réponses spectrales des deux couches formant photodiodes est difficile à obtenir.

25 La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients en proposant un dispositif de séparation ou de démultiplexage de deux signaux lumineux émis simultanément par deux sources de longueurs d'onde différentes, et transmis sur une même fibre

optique, qui est entièrement satisfaisant, d'une structure simple à base d'appareils électroniques classiques, et est peu coûteux. Ce dispositif est conçu de manière à effectuer une séparation temporelle des deux longueurs d'onde, et le principe de cette séparation temporelle est fondé sur une propriété connue inhérente aux fibres optiques : en effet, une fibre optique ne possède pas les mêmes caractéristiques de transmission à deux longueurs d'onde différentes, et en particulier les temps de propagation, dans la fibre, des signaux lumineux émis simultanément par plusieurs sources peuvent varier considérablement d'une longueur d'onde à une autre.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de séparation de deux signaux lumineux émis par deux sources de longueurs d'onde différentes, chaque source lumineuse étant modulée par un signal périodique, ces signaux lumineux de longueurs d'onde différentes étant transmis sur une même fibre optique avec des premiers temps de propagation différents, et la fibre optique se terminant par une première et une seconde parties de fibre en dérivation dans chacune desquelles est dérivée une partie des signaux lumineux transmis, caractérisé en ce que la première partie de fibre en dérivation comporte un prolongement prédéterminé dans lequel sont transmis les signaux lumineux dérivés avec des seconds temps de propagation différents, et en ce que le dispositif comporte :

- un premier et un second photodétecteurs disposés en regard du prolongement de la première partie de fibre en dérivation, et de la seconde partie de fibre en dérivation, respectivement, le premier photodétecteur détectant une partie des signaux périodiques de modulation, comportant des retards respectifs correspondant à la somme des premiers et seconds temps de propagation, et le second photodétecteur détectant l'autre partie des signaux périodiques de modulation, comportant des retards respectifs correspondant aux premiers temps de propagation ;

- des premiers moyens à retard reliés au second photodétecteur et introduisant un retard égal à l'un des seconds temps de propagation ;

- des premiers moyens de différenciation entre les signaux périodiques retardés engendrés par les premiers moyens à retard et les signaux périodiques retardés détectés par le premier photo-détecteur, ces moyens de différenciation fournissant un signal périodique retardé correspondant à un codage de l'un des signaux périodiques modulant l'une des deux sources lumineuses de longueurs d'onde différentes ; et

- un circuit électronique de traitement des signaux périodiques retardés comportant des moyens de détection de l'autre signal périodique modulant l'autre source lumineuse, connectés entre la sortie des premiers moyens de différenciation et l'une des entrées des premiers moyens de différenciation ou l'entrée des premiers moyens à retard.

On comprend qu'ainsi le prolongement prédéterminé de l'une des parties de fibre en dérivation introduira des temps de propagation différents pour les signaux lumineux dérivés, ce qui permettra, en jouant sur la valeur du retard introduit par les moyens à retard, d'effectuer la séparation temporelle des deux signaux lumineux de longueurs d'onde différentes.

L'invention vise également un récepteur d'un système de transmission sur fibre optique comportant un tel dispositif de séparation de deux longueurs d'onde différentes.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux dans la description détaillée qui suit et se réfère à l'unique dessin annexé, donné uniquement à titre d'exemple et qui est un schéma partiellement sous forme de blocs du dispositif de séparation selon l'invention.

Suivant un exemple de réalisation, et en se reportant au dessin annexé, on a représenté en 1 le coeur d'une fibre optique monomode ou multimode.

Dans le but d'augmenter la capacité de la transmission sur fibre optique, il est d'usage d'utiliser plusieurs sources, telles que par exemple des diodes laser, qui émettent simultanément des signaux lumineux de longueurs d'onde, c'est-à-dire de couleurs, dis-

tinctes. Les deux longueurs d'onde habituellement utilisées dans la transmission sur fibre optique sont égales à $0,85 \mu\text{m}$ et $1,3 \mu\text{m}$.

De plus, chaque diode laser est modulée par un signal périodique, tel que par exemple un signal numérique, représentant les informations destinées à être transmises sur la fibre optique 1.

A titre d'exemple, supposons qu'une première diode laser de longueur d'onde λ_1 ($0,85 \mu\text{m}$) est modulée par un premier signal numérique $S_1(t)$ de la forme :

$$S_1(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} a_n (t - nT)$$

avec $a_n = 0$ ou 1 , et avec T la période de ce signal ; et qu'une seconde diode laser de longueur d'onde λ_2 ($1,3 \mu\text{m}$) est modulée par un second signal numérique $S_2(t)$, de même période T , de la forme :

$$S_2(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} b_n (t - nT)$$

avec $b_n = 0$ ou 1 .

On notera que la période du signal $S_2(t)$ peut également être un multiple de la période T du signal $S_1(t)$, sans sortir du cadre de l'invention.

Selon la propriété connue liée aux fibres optiques, mentionnée précédemment, les deux signaux lumineux émis simultanément par les deux diodes laser de longueurs d'onde λ_1 et λ_2 , et modulées respectivement par les deux signaux numériques $S_1(t)$ et $S_2(t)$, se propagent dans la fibre optique 1 avec des temps de transit ou de propagation différents ; ainsi, le signal lumineux de longueur d'onde λ_1 se propage dans la fibre pendant un temps T_1 , tandis que le signal lumineux de la longueur d'onde λ_2 se propage pendant un temps T_2 différent de T_1 . A titre illustratif, pour les deux longueurs d'onde égales à $0,85 \mu\text{m}$ et $1,3 \mu\text{m}$, la différence des temps de propagation ($T_1 - T_2$) est de l'ordre de 50 ns par kilomètre.

Dans ces conditions, et en reprenant l'exemple indiqué précédemment, on détecterait à l'extrémité A de la fibre 1 un signal

numérique $S_A(t)$ de la forme :

$$S_A(t) = S_1(t - T_1) + S_2(t - T_2)$$

soit

$$S_A(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} a_n(t - nT - T_1) + \sum_{n=-\infty}^{+\infty} b_n(t - nT - T_2)$$

Comme il apparaît sur la figure, l'extrémité A de la fibre 1 se termine par deux parties de fibre (1a, 1b) en dérivation dans chacune desquelles est dérivée, par exemple de façon égale, la puissance optique transmise dans la fibre 1. La réalisation des deux parties en dérivation 1a et 1b peut être effectuée par tout procédé connu de l'homme du métier.

Sur l'extrémité de la partie de fibre en dérivation 1a, est rapportée, c'est-à-dire connectée, par exemple par épissurage, une fibre optique secondaire 2 de longueur prédéterminée L. Cette fibre 2 peut également faire partie intégrante de la fibre principale 1, constituant ainsi un prolongement de la partie de fibre 1a. Dans ces conditions, suivant la même propriété connue indiquée précédemment, les deux signaux lumineux dérivés dans la partie 1a sont transmis dans la fibre 2 avec des temps de propagation différents ; ainsi, le signal lumineux de longueur d'onde λ_1 se propage dans la fibre 2 pendant un temps τ_1 , tandis que le signal lumineux de longueur d'onde λ_2 se propage pendant un temps τ_2 différent de τ_1 .

Comme on le voit sur la figure, deux photodétecteurs P_1 et P_2 , tels que par exemple des photodiodes à avalanche, sont respectivement disposés en regard de la fibre optique 2 et de la partie de fibre en dérivation 1b. Ainsi, la photodiode P_1 détecte une partie des signaux périodiques de modulation, comportant des retards respectifs correspondant à la somme des premiers (T_1 ; T_2) et seconds (τ_1 ; τ_2) temps de propagation, tandis que la seconde photodiode P_2 détecte l'autre partie des signaux périodiques de modulation, comportant des retards respectifs correspondant aux premiers temps de propagation (T_1 ; T_2). Dans l'exemple choisi, la

photodiode P_1 engendre à sa sortie B un signal de la forme :

$$S_B(t) = \frac{1}{2} \left[S_1(t-T_1-\tau_1) + S_2(t-T_2-\tau_2) \right]$$

soit

$$S_B(t) = \frac{1}{2} \left[\sum_{n=-\infty}^{+\infty} a_n(t-nT-T_1-\tau_1) + \sum_{n=-\infty}^{+\infty} b_n(t-nT-T_2-\tau_2) \right]$$

et la photodiode P_2 engendre à sa sortie C un signal de la forme :

$$S_C(t) = \frac{1}{2} S_A(t)$$

c'est-à-dire :

$$S_C(t) = \frac{1}{2} \left[S_1(t-T_1) + S_2(t-T_2) \right]$$

soit :

$$S_C(t) = \frac{1}{2} \left[\sum_{n=-\infty}^{+\infty} a_n(t-nT-T_1) + \sum_{n=-\infty}^{+\infty} b_n(t-nT-T_2) \right]$$

Le dispositif de séparation selon l'invention comporte de plus des moyens à retard 10, constitués par exemple par un câble coaxial, reliés à la sortie C du photodétecteur P_2 . La valeur du retard introduit par ces moyens est réglée de façon à être égale à l'un des temps de propagation (τ_1 ; τ_2) introduits par la fibre optique 2. Si on choisit ce retard égal à τ_1 dans l'exemple choisi, le signal obtenu à la sortie D des moyens à retard 10 est de la forme :

$$S_D(t) = S_C(t - \tau_1)$$

soit :

$$S_D(t) = \frac{1}{2} \left[S_1(t-T_1-\tau_1) + S_2(t-T_2-\tau_1) \right]$$

c'est-à-dire :

$$S_D(t) = \frac{1}{2} \left[\sum_{n=-\infty}^{+\infty} a_n(t-nT-T_1-\tau_1) + \sum_{n=-\infty}^{+\infty} b_n(t-nT-T_2-\tau_1) \right]$$

La sortie B du photodétecteur P_1 et la sortie D des moyens à retard 10 sont connectées à un différenciateur 20 de structure classique. Ce différenciateur 20 effectue donc la différence entre le signal engendré par les moyens à retard 10 et celui détecté par la photodiode P_1 ; ainsi, dans l'exemple choisi, le différenciateur 20

fournit à sa sortie E un signal périodique de la forme :

$$S_E(t) = S_D(t) - S_B(t)$$

soit :

$$S_E(t) = \frac{1}{2} \left[S_2(t - T_2 - \tau_1) - S_2(t - T_2 - \tau_2) \right]$$

c'est-à-dire :

$$S_E(t) = \frac{1}{2} \left[\sum_{n=-\infty}^{+\infty} b_n(t - nT - T_2 - \tau_1) - \sum_{n=-\infty}^{+\infty} b_n(t - nT - T_2 - \tau_2) \right]$$

Ce signal résultant $S_E(t)$ fait donc intervenir uniquement le signal périodique modulant la diode laser à la longueur d'onde λ_2 .

Si la longueur L de la fibre optique 2 est choisie de telle manière que la différence des temps de propagation ($\tau_1 - \tau_2$) est égale à la période (T) des signaux de modulation, c'est-à-dire $\tau_1 -$

$\tau_2 = T$, le signal $S_E(t)$ devient :

$$S_E(t) = \frac{1}{2} \left[\sum_{n=-\infty}^{+\infty} b_n(t - nT - T_2 - T - \tau_2) - \sum_{n=-\infty}^{+\infty} b_n(t - nT - T_2 - \tau_2) \right]$$

soit

$$(1) S_E(t) = \frac{1}{2} \left[\sum_{n=-\infty}^{+\infty} b_{n+1}(t - (n+1)T - T_2 - \tau_2) - \sum_{n=-\infty}^{+\infty} b_n(t - nT - T_2 - \tau_2) \right]$$

Ce signal $S_E(t)$ correspond donc à un codage du signal périodique $S_2(t)$ modulant la diode laser de longueur d'onde λ_2 .

A titre illustratif, pour deux signaux codés à 140 Mbt/s ($T = 6$ ns) et transmis aux deux longueurs d'onde $\lambda_1 = 0,85 \mu\text{m}$ et $\lambda_2 = 1,3 \mu\text{m}$, la longueur L de la fibre optique 2 sera choisie égale à : $\frac{1000 \times 6}{50} = 120$ m.

La sortie E du différenciateur 20 est connectée à un circuit électronique de traitement 30 comportant des moyens de décodage 31 de structure classique, connectés à la sortie E du différenciateur 20. Ces moyens 31 effectuent le décodage du signal périodique $S_E(t)$ donné par l'équation (1), engendrant à sa sortie F le signal de modulation $S_2(t)$ modulant la diode laser de longueur d'onde λ_2 , et par conséquent la suite des amplitudes b_n des informations trans-

5 mises à la longueur d'onde λ_2 .

Le circuit de traitement 30 comporte également des moyens de détection 32 de l'autre signal périodique ($S_1(t)$ dans l'exemple choisi) modulant la diode laser à la longueur d'onde λ_1 , connectés entre la sortie F des moyens de décodage 31 et la sortie D des moyens à retard 10. Plus précisément, les moyens de détection 32 comprennent une ligne à retard 33, telle que par exemple un câble coaxial, dont la valeur du retard est égale à $T_2 + \tau_1$, de sorte que le signal à sa sortie G, dans l'exemple choisi, est de la forme :

$$10 \quad S_G(t) = S_F \left[t - (T_2 + \tau_1) \right]$$

soit

$$S_G(t) = S_2(t - T_2 - \tau_1)$$

15 Les moyens de détection 32 comportent également un différenciateur 34 connecté entre la sortie G de la ligne à retard 33 et la sortie D de la ligne à retard 10. Ce différenciateur 34 effectue donc la différence des signaux engendrés par chaque ligne à retard 10 et 33, de sorte que le différenciateur 34 fournit à sa sortie H, après mise en forme, le signal périodique $S_1(t)$ modulant la diode laser à la longueur d'onde λ_1 . En effet, dans l'exemple choisi, le signal en sortie H est de la forme :

$$20 \quad S_H(t) = S_D(t) - S_G(t)$$

25 soit

$$S_H(t) = \frac{1}{2} S_1(t - T_1 - \tau_1)$$

30 Par conséquent, on obtient la suite des amplitudes a_n des informations transmises à la longueur d'onde λ_1 .

On notera que l'entrée D du différenciateur 34 peut être également connectée soit à l'entrée C de la ligne à retard 10, soit à l'entrée B du différenciateur 20, sans sortir du cadre de l'invention. Dans ces conditions, la valeur du retard introduit par la ligne à

retard 33 sera choisie de manière que la différence effectuée par le différenciateur 34 ne fasse plus apparaître le signal périodique $S_2(t)$.

On a donc réalisé suivant l'invention un dispositif de séparation temporelle de deux longueurs d'onde, particulièrement simple, très efficace, et avantageux du point de vue coût de fabrication.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de séparation de deux signaux lumineux émis par deux sources de longueurs d'onde différentes (λ_1 , λ_2), chaque source lumineuse étant modulée par un signal périodique, ces signaux lumineux de longueurs d'onde différentes étant transmis sur une même fibre optique (1) avec des premiers temps de propagation différents (T_1 , T_2), et la fibre optique se terminant par une première (1a) et une seconde (1b) parties de fibre en dérivation dans chacune desquelles est dérivée une partie des signaux lumineux transmis, caractérisé en ce que la première partie (1a) de fibre en dérivation comporte un prolongement prédéterminé (2) dans lequel sont transmis les signaux lumineux dérivés avec des seconds temps de propagation différents (τ_1 , τ_2), et en ce que le dispositif comporte :

- un premier (P_1) et un second (P_2) photodétecteurs disposés en regard du prolongement (2) de la première partie de fibre en dérivation (1a), et de la seconde partie de fibre en dérivation (1b), respectivement, le premier photodétecteur (P_1) détectant une partie des signaux périodiques de modulation, comportant des retards respectifs correspondant à la somme des premiers (T_1 , T_2) et seconds (τ_1 , τ_2) temps de propagation, et le second photodétecteur (P_2) détectant l'autre partie des signaux périodiques de modulation, comportant des retards respectifs correspondant aux premiers temps de propagation (T_1 , T_2);

- des premiers moyens à retard (10) reliés au second photodétecteur (P_2) et introduisant un retard égal à l'un des seconds temps de propagation (τ_1 , τ_2);

- des premiers moyens de différenciation (20) entre les signaux périodiques retardés engendrés par les premiers moyens à retard (10) et les signaux périodiques retardés détectés par le premier photodétecteur (P_1), ces moyens de différenciation (20) fournissant un signal périodique retardé correspondant à un codage de l'un des signaux périodiques modulant l'une des deux sources lumineuses de

longueurs d'onde différentes (λ_1 , λ_2); et

5 - un circuit électronique de traitement (30) des signaux périodiques retardés comportant des moyens de détection (32) de l'autre signal périodique modulant l'autre source lumineuse, connectés entre la sortie (E) des premiers moyens de différenciation (20) et l'une des entrées (B, D) des premiers moyens de différenciation (20) ou l'entrée (C) des premiers moyens à retard (10).

10 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le circuit de traitement (30) comporte de plus des moyens de décodage (31) du signal périodique engendré par les premiers moyens de différenciation (20), connectés entre la sortie (E) des premiers moyens de différenciation et l'entrée (F) des moyens de détection (32), ces moyens de décodage fournissant l'un des deux signaux périodiques modulant l'une des sources lumineuses de longueurs
15 d'onde différentes (λ_1 , λ_2).

3. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les moyens de détection (32) comportent :

20 - des seconds moyens à retard (33) connectés à la sortie des moyens de décodage (31), introduisant ainsi un retard pour l'un des signaux périodiques de modulation engendré par les moyens de décodage ; et

25 - des seconds moyens de différenciation (34) connectés entre la sortie (G) des seconds moyens à retard (33) et l'entrée (D) des premiers moyens de différenciation (20) reliée aux premiers moyens à retard (10), ces seconds moyens de différenciation fournissant l'autre signal périodique de modulation.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les deux signaux périodiques de modulation ont la même période (T).

30 5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que le prolongement (2) de la première partie de fibre en dérivation (1a) est dimensionné de telle sorte que la différence des seconds temps de propagation (τ_1 , τ_2) est égale à la période (T) des signaux de modulation.

6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le prolongement (2) de la première partie de fibre en dérivation (1a) est constitué par une fibre optique rapportée sur la première partie de fibre en dérivation (1a).

5 7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les signaux périodiques de modulation sont des signaux numériques.

8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier (P_1) et le second (P_2) photodétecteurs
10 sont des photodiodes à avalanche.

9. Récepteur d'un système de transmission, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de séparation selon l'une quelconque des revendications précédentes.

1/1

