

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4766767号  
(P4766767)

(45) 発行日 平成23年9月7日(2011.9.7)

(24) 登録日 平成23年6月24日(2011.6.24)

(51) Int.Cl.

G02B 26/08 (2006.01)  
H04Q 3/52 (2006.01)

F 1

G02B 26/08  
H04Q 3/52H  
B

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-114247 (P2001-114247)  
 (22) 出願日 平成13年4月12日 (2001.4.12)  
 (65) 公開番号 特開2001-356284 (P2001-356284A)  
 (43) 公開日 平成13年12月26日 (2001.12.26)  
 審査請求日 平成20年4月14日 (2008.4.14)  
 (31) 優先権主張番号 09/561769  
 (32) 優先日 平成12年4月29日 (2000.4.29)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 506098789  
 アバゴ・テクノロジーズ・ファイバー・ア  
 イピー(シンガポール)プライベート・リ  
 ミテッド  
 シンガポール国シンガポール768923  
 , イーシュン・アベニュー・7・ナンバー  
 1  
 (74) 代理人 100087642  
 弁理士 古谷 聰  
 (74) 代理人 100076680  
 弁理士 溝部 幸彦  
 (74) 代理人 100121061  
 弁理士 西山 清春

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】低損失の再構成可能な光学アドノドロップマルチプレクサスイッチ

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

光学アドノドロップマルチプレクサスイッチであって、

4つの象限を有する導波路基板であって、該象限の各々が、行光路と列光路とを有しており、第2象限がアドポートを行光路に有しており、第3象限が入力ポートと出力ポートとをそれぞれ行光路と列光路に有しており、第4象限がドロップポートを列光路に有しており、該第2象限と該第3象限の行光路が、それぞれ、第1象限と該第4象限の行光路に接続されており、該第2象限と該第1象限の列光路が、それぞれ、該第3象限と該第4象限の列光路に接続されていることからなる、導波路基板と、

前記第2、第3、及び第4象限内に配置された複数の光学スイッチング素子であって、該第3象限内の光学スイッチング素子は、第1のマトリクスピターンにおいて、行光路と列光路との選択された交差点に配置されており、該第2象限及び第4象限内の光学スイッチング素子は、第2のマトリクスピターンにおいて、行光路と列光路との選択された交差点に配置されていることからなる、複数の光学スイッチング素子とを備え、

前記第1のマトリクスピターンにおける前記光学スイッチング素子は、前記第1のマトリクスピターンの対角線に沿った交差点に配置されており、前記第3象限内における前記行光路と前記列光路とのその他の交差点には光学スイッチング素子が配置されておらず、

前記第2のマトリクスピターンにおける前記光学スイッチング素子は、各々の行及び列光路の各交差点に配置されており、及び、

10

20

前記第1象限内には光学スイッチング素子が存在しないことからなる、光学アドノドロップマルチプレクサスイッチ。

【請求項2】

前記光学スイッチング素子が、可動ミラースイッチか、シリコン光増幅器か、又は熱光学スイッチを含むことからなる、請求項1に記載の光学アドノドロップマルチプレクサスイッチ。

【請求項3】

前記複数の光学スイッチング素子が、

前記行光路と前記列光路との前記交差点に配置されたヒータを有するヒータ基板と、

前記光路内において利用可能な液体であって、前記ヒータに応答して加熱されてバブルを形成する、液体

とを備え、

前記行光路及び前記列光路のうちの選択された第1の光路から、該行光路及び該列光路のうちの選択された第2の光路への光の伝送は、それら光路内における前記液体の屈折率が所定の屈折率に一致するか否かによって決定され、及び、

前記バブルによって前記光路内における前記液体の屈折率が変化させられて前記所定の屈折率とは一致しなくなる場合には、前記第1の光路から前記第2の光路へと光が伝送されず、前記バブルの消失により前記光路内における前記液体の屈折率が該所定の屈折率に一致する場合には、前記第1の光路から前記第2の光路へと光が伝送されることからなる、請求項1に記載の光学アドノドロップマルチプレクサスイッチ。

【請求項4】

複数の光学アドノドロップマルチプレクサスイッチの集合体であって、

第1の光学アドノドロップマルチプレクサスイッチであって、

4つの象限を有する第1の導波路基板であって、該象限の各々が、行光路と列光路とを有しており、第2象限がアドポートを行光路に有しており、第3象限が入力ポートと出力ポートとをそれぞれ行光路と列光路に有しており、第4象限がドロップポートを列光路に有しており、該第2象限と該第3象限の行光路が、それぞれ、第1象限と該第4象限の行光路に接続されており、該第2象限と該第1象限の列光路が、それぞれ、該第3象限と該第4象限の列光路に接続されていることからなる、第1の導波路基板と、

前記第1の導波路基板の第2、第3、及び第4象限内に配置された複数の光学スイッチング素子であって、該第3象限内の光学スイッチング素子は、第1のマトリクスピターンにおいて、行光路と列光路との選択された交差点に配置されており、該第2象限及び第4象限内の光学スイッチング素子は、第2のマトリクスピターンにおいて、行光路と列光路との選択された交差点に配置されていることからなる、複数の光学スイッチング素子とを含むことからなる、第1の光学アドノドロップマルチプレクサスイッチと、

第2の光学アドノドロップマルチプレクサスイッチであって、

4つの象限を有する第2の導波路基板であって、該象限の各々が、行光路と列光路とを有しており、第2象限がアドポートを行光路に有しており、第3象限が入力ポートと出力ポートとをそれぞれ行光路と列光路に有しており、第4象限がドロップポートを列光路に有しており、該第2象限と該第3象限の行光路が、それぞれ、第1象限と該第4象限の行光路に接続されており、該第2象限と該第1象限の列光路が、それぞれ、該第3象限と該第4象限の列光路に接続されていることからなる、第2の導波路基板と、

前記第2の導波路基板の第2、第3、及び第4象限内に配置された複数の光学スイッチング素子であって、該第3象限内の光学スイッチング素子は、前記第1のマトリクスピターンにおいて、行光路と列光路との選択された交差点に配置されており、該第2象限及び第4象限内の光学スイッチング素子は、前記第2のマトリクスピターンにおいて、行光路と列光路との選択された交差点に配置されていることからなる、複数の光学スイッチング素子とを含むことからなる、第2の光学アドノドロップマルチプレクサスイッチとを備え、

10

20

30

40

50

前記第1のマトリクスパターンにおける前記光学スイッチング素子は、前記第1のマトリクスパターンの対角線に沿った交差点に配置されており、前記第3象限内における前記行光路と前記列光路とのその他の交差点には光学スイッチング素子が配置されておらず、

前記第2のマトリクスパターンにおける前記光学スイッチング素子は、各々の行及び列光路の各交差点に配置されており、及び、

前記第2の光学アドノドロップマルチブレクサスイッチのアドポートが、前記第1の光学アドノドロップマルチブレクサスイッチの第1象限の行光路に接続されており、前記第2の光学アドノドロップマルチブレクサスイッチのドロップポートが、前記第1の光学アドノドロップマルチブレクサスイッチの第1象限の列光路に接続されていることからなる、集合体。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般に光学式スイッチング装置に関し、特に入力ポート及びアドポートから出力ポート及びドロップポートへと光信号を選択的に操作するための光学式スイッチング装置の構成に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、遠隔通信ネットワーク及びデータ通信ネットワーク内の信号は、導電性の回線を介して電気信号を送ることにより交換されてきた。代替的なデータ交換形態が光ファイバを介した光信号の伝送である。情報は、レーザにより生成された光を変調させた形で交換される。光信号を効率よく生成し伝送するための装置は利用可能となっているが、遠隔通信ネットワーク及びデータ通信ネットワークで用いるための光学数一致の設計は問題を有するものである。このため、スイッチングネットワークの入力で光信号を電気信号に変換し、次いで該スイッチングネットワークの出力で該電気信号を光信号に再変換することにより、光ネットワーク内におけるスイッチング要件を満たすことが可能となる。

20

【0003】

従来技術によるスイッチングマトリクスの1つとして、入力ポート及び出力ポートに加えてアドポート及びドロップポートを備えたアドノドロップマルチブレクサスイッチがある。該マルチブレクサスイッチは、信号が一連のノードを介して通過する遠隔通信用途で使用される。各ノードは、更に別の信号を導入することが可能であり、そのノードをターゲットとして識別する信号を抽出することが可能である。例えば、各ノードは、多数の都市との間でのコールをサポートする長距離キャリアのスイッチング施設とすることが可能である。ある都市で発せられたコールは、その都市のスイッチング施設内のアドポートを用いて導入される。代替的には、該スイッチング施設によりサポートされる電話に送られるコールに関するデータ及び音声情報が、ドロップポートを介して抽出される。再構成可能なアドノドロップスイッチとして利用可能な既知のスイッチング構成42を図1に示す。該構成は、4つの入力ポート44, 46, 48, 50の任意の1つを4つの出力ポート52, 54, 56, 58の任意の1つに選択的に結合するための $4 \times 4$ マトリクスをなす光学スイッチングユニットを備えている。図1において、スイッチングユニット60, 62, 64, 66は反射状態にあり、これは、該スイッチングユニットに対する入力導波路と出力導波路との交差領域にバブル(bubble)を有するものとして図示されている。残りの12のスイッチングユニットは、それらスイッチングユニットに対する入力導波路と出力導波路との交差領域にバブルが存在しないため、透過状態にある。

30

【0004】

光ファイバは、入力ポート44～50の各々、及び出力ポート52～58の各々に接続される。入力ポート44において導入される光信号は、スイッチングユニット62で反射され、出力ポート54を介して出力される。同様に、入力ポート46からの光信号は、スイッチングユニット64で反射され、ポート56を介して出力される。入力ポート48からの光信号は、スイッチングユニット66で反射され、ポート58を介して出力される。最後に、ポート50の光信号は、

40

50

スイッチングユニット60により出力ポート52へと反射される。それぞれのトレンチ(trench)内のバブルを選択的に操作することにより、入力ポートの任意の1つを出力ポートの任意の1つに接続することが可能になる。

#### 【0005】

該構成42は、4つのアドポート68,70,72,74を備えている。各アドポートは、出力ポート52～58の1つに一意に関連づけされている。これは、該アドポートの1つで導入される光信号が、該アドポートと整列した出力ポートにしか送ることができないからである。従って、アドポート68上の光信号は、スイッチングユニット60を透過状態に変更することにより、出力ポート52へ送ることが可能になる。この透過状態への変更により、入力ポート50が、ドロップポート76と光学的に連絡した状態となる。該ドロップポート76は、入力ポート50へのマッピングしか有さないものであり、このため、該ドロップポート76を他の入力ポートまたはアドポートに光学的に結合することはできない。同様に、他の3つのドロップポート78,80,82は、それらが直線的に整列する入力ポート44,46,48にそれぞれ一意にマッピングされる。

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

図1の光学構成では、信号の導入及び抽出に関する柔軟性が制限される。したがって、入力ポートからドロップポート、及びアドポートから出力ポートへの光信号の伝送に関して高度の柔軟性を有する光学スイッチング構成が必要とされている。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

光学アド／ドロップマルチプレクサスイッチは、導波路基板上に、行導波路セグメント及び列導波路セグメントを有しており、該セグメントは、2つのパターンの一方で配置されたトレンチと交差する端部を有している。その第1のパターンでは、トレンチは対角線に沿って配置され、一方、第2のパターンでは、トレンチは規則的なアレイをなすよう配置される。前記行導波路セグメント及び列導波路セグメントは、互いに固定の関係にあり、導波路基板の表面とほぼ平行である。ヒータ基板は、トレンチに従って導波路基板と位置合わせされたヒータを有している。トレンチ内で利用することが可能な液体は、ヒータに応答するものである。該液体は、所定の屈折率を有しており、第1の選択された導波路セグメントから第2の選択された導波路セグメントへの光の伝送がトレンチ内の液体の存在によって決まるようになっている。

#### 【0008】

この光学アド／ドロップマルチプレクサスイッチの構成により、入力ポート／ドロップポート間、及びアドポート／出力ポート間の完全な再構成が可能となる。また、かかるマルチプレクサスイッチを縦続接続することにより、入力ポート及び出力ポートの数を増大させると共に、スイッチングされるアドファイバ及びドロップファイバの数を一定に維持することが可能となる。

#### 【0009】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の光学アド／ドロップマルチプレクサスイッチは、入出力経路間の損失を最小限にし、信号の追加(adding)及び除外(dropping)を再構成可能に行うことを行可能にする柔軟性を有するものとなる。本発明は、あらゆる光学スイッチングユニットに適用可能なものであるが、本例示の実施形態では、Fouquet等により米国特許第5,699,462号で開示された光学スイッチング素子が使用され、これを図2に示す。代替的な光学スイッチング素子として、可動ミラー、シリコン光学スイッチ、及び熱光学(thermo-optics)スイッチが挙げられる。これら実施形態の全てにおいて、光学スイッチング素子は、光路の交差点に配置される。

#### 【0010】

Fouquet等のスイッチングユニットは、基板上の層で形成された平坦な導波路を備えている。該導波路層は、下側被覆層14、光学コア16、及び図示しない上側被覆層を備えている

10

20

30

40

50

。光学コア16は、所望の屈折率を得るために、主として他の材料と組み合わせられた二酸化珪素である。被覆層は、該コア材料とは屈折率の異なる材料から形成され、光信号がコアに沿って導かれるようになっている。

#### 【 0 0 1 1 】

コア材料層16は、第1の光路の第1の入力導波路20及び第1の出力導波路26を画定する導波路セグメント、及び第2の光路の第2の入力導波路24及び第2の出力導波路22を画定する導波路セグメントとなるようにパターン形成されている。次いで、パターン形成されたコア材料上に上側被覆層が堆積される。基板に対し、コア材料及び2つの被覆層14を通るトレンチ28のエッティングを施すことにより、ギャップが形成される。第1の入力導波路20及び第2の出力導波路22は、導波路の交差点30に蒸気または気体が充填されている場合の全内反射(TIR)の臨界角よりも大きい入射角で、トレンチ28の側壁と交差する。このため、互いに整列された入力導波路20と出力導波路26の間の交差点30内に屈折率の一一致する流体が存在しない限り、光は全内反射によって入力導波路20から出力導波路22へと進路変更する。トレンチ28は、その一方の側壁が導波路の軸を通過し又は導波路の軸から僅かにオフセットするように、4つの導波路に対して位置決めされる。

#### 【 0 0 1 2 】

Fouquet等の上述の特許には、光学スイッチングユニット10を透過状態と反射状態の間でスイッチングする複数の代替的なアプローチが記載されている。図2は、そのアプローチの1つを例示したものである。スイッチングユニット10は、流体を収容するトレンチ内におけるバブルの形成を制御するマイクロヒータ38を備えている。図2には図示していないが、スイッチングマトリクスの導波路は、典型的には導波路基板上に形成され、ヒータ及びヒータ制御回路要素は、導波路基板に結合されるヒータ基板に組み込まれる。トレンチ内の流体は、4つの導波路20～26のコア材料16の屈折率に近い屈折率を有している。流体充填孔34,36は、流体の定常的な供給を提供するために利用することが可能であるが、これは不可欠なものではない。スイッチングユニットの動作時に、ヒータ38は、バブルを形成するのに十分な温度まで加熱する。バブルが形成された後、ヒータへの電力を維持することにより該バブルを所定位置に維持することが可能である。図2の場合、バブルは、4つの導波路の交差点30に位置する。従って、入力導波路20に沿った入力信号は、トレンチ28の側壁に達した際に屈折率の不一致に遭遇することになる。このため、スイッチングユニットが反射状態になり、入力導波路20に沿った光信号が第2の出力導波路22へと転向される。しかし、反射状態であっても、第2の入力導波路24は第1の出力導波路26とは連絡しない。

#### 【 0 0 1 3 】

交差点38のヒータが非活動状態になると、バブルは即座に凝縮して消失する。このため、屈折率の一一致する流体が導波路20～26の交差点を充填することが可能となる。次いでスイッチングユニット10が透過状態となる。これは、入力信号が入力導波路20,24とトレンチ28との界面で大きな屈折率の変化に遭遇しないからである。透過状態では、第1の入力導波路20に沿った光信号は、トレンチを通過して第1の出力導波路26へと伝搬し、一方、第2の入力導波路24を介して導入された光信号は、トレンチを通過して第2の出力導波路22へと伝搬する。

#### 【 0 0 1 4 】

図3に示す本発明の光学アドノドロップマルチプレクサスイッチは、4つの象限を有する導波路基板を備えている。該導波路基板上には、行導波路セグメント及び列導波路セグメントが存在し、それらセグメントは、2つのマトリクスパターンの一方をなすよう配置されたトレンチと交差する端部を有している。トレンチを1つずつ有する各導波路交差点が1つのスイッチングユニットを形成する。ヒータ基板は、トレンチのパターンに従って導波路基板と位置合わせされたヒータを有している。導波路コアの屈折率と等しい屈折率を有する液体がトレンチ内に収容される。スイッチングは、該トレンチ内の液体の存在(透過状態)又は不存在(反射状態)によって決まる。

#### 【 0 0 1 5 】

10

20

30

40

50

右上の象限である第1象限はトレンチを有さない。トレンチが存在しないので、導波路でスイッチングは行われない。導波路に入射するあらゆる光は、最小限の損失で該導波路を出る。トレンチの交差に起因する損失はゼロである。

#### 【0016】

第2象限は、行導波路セグメントと列導波路セグメントとの各交差点毎にトレンチを有している。該トレンチの1つが、屈折率の一一致する流体で充填されると、光は該トレンチを最小限の損失で通過する。流体内の屈折率の孤立した変化（例えばバブル）を熱により生じさせるための対応するヒータが駆動されると、到来する（Add）光が、選択された出力（Out）ファイバへと転向される。この構成により、別の接続を再構成することなく、任意のアイドル入力を任意のアイドル出力へスイッチングすることが可能になる。

10

#### 【0017】

第3象限は、左上から右下への対角線に沿ってトレンチを有している。これは、透過状態で所与の入力（In）ファイバ上の信号を、第4象限へ直接送ることを可能にし、また反射状態で特定の1つの出力（Out）ファイバへスイッチングすることを可能にする。信号のスイッチング時のトレンチ損失が存在しないため、これは極めて低損失の入力（In）出力（Out）経路を生成するものとなる。更に、該第3象限におけるトレンチ密度の低いため、第2象限から下方へ送られる信号または第4象限へと送られる信号の損失が最小限となる。

#### 【0018】

第4象限は、第2象限と同じトレンチパターンを有している。第3象限から入射するあらゆる信号は、あらゆるドロップ（Drop）ファイバへとスイッチングすることが可能である。信号がドロップファイバへとスイッチングされない場合には、該信号は第4象限を直接通過して終了する。

20

#### 【0019】

入力（In）経路の数は、出力（Out）経路の数と等しくなければならない。入力経路及び出力経路の数以下の任意の数のアド経路及びドロップ経路を設けることが可能である。入力／出力経路の総数は、図4に示すようにアレイを縦続接続することにより増大させることができ可能である。この構成は、アド経路又はドロップ経路の数を変化させるものではない。

#### 【0020】

30

以下においては、本発明の種々の構成要件の組み合わせからなる例示的な実施態様を示す。

1. 光学アド／ドロップマルチプレクサスイッチであって、

4つの象限を有する導波路基板であって、第2象限がアドポートを有し、第3象限が入力ポート及び出力ポートを有し、第4象限がドロップポートを有する、導波路基板と、

第2、第3、及び第4象限に配置された複数の光学スイッチング素子であって、各象限毎に、第1及び第2のマトリクスパターンの一方における行光路と列光路との各交差点に位置決めされた、複数の光学スイッチング素子と

を備えている、光学アド／ドロップマルチプレクサスイッチ。

2. 前記光学スイッチング素子が、可動ミラー、シリコン光増幅器、及び熱光学スイッチを含むグループから選択される、前項1に記載の光学アド／ドロップマルチプレクサスイッチ。

40

3. 前記複数の光学スイッチング素子が、

前記行光路と前記列光路との前記交差点にヒータが配置されたヒータ基板と、

前記光路内で利用可能な液体であって、前記ヒータに応答し、所定の屈折率を有しており、前記行光路及び前記列光路のうちの選択された第1の光路から該行光路及び該列光路のうちの選択された第2の光路への光の伝送が、それら光路内における該液体の屈折率の変化によって決まるようになっている、液体とを備えている、前項1に記載の光学アド／ドロップマルチプレクサスイッチ。

4. 前記第3象限が前記第1のマトリクスパターンに対応し、該マトリクスの対角線に沿

50

ってトレンチが配置されている、前項3に記載の光学アドノドロップマルチプレクサスイッチ。

5. 前記第2及び第4象限が前記第2のマトリクスパターンに対応し、行導波路セグメント及び列導波路セグメントの各々の交差点にトレンチが配置されている、前項3に記載の光学アドノドロップマルチプレクサスイッチ。

6. 第2の光学アドノドロップマルチプレクサスイッチを更に備えており、該第2の光学アドノドロップマルチプレクサスイッチのアドポートが、前記第1の光学アドノドロップマルチプレクサスイッチの第1象限に接続されており、前記第2の光学アドノドロップマルチプレクサスイッチのドロップポートが、前記第1の光学アドノドロップマルチプレクサスイッチの第1象限に接続されている、前項1に記載の光学アドノドロップマルチプレクサスイッチ。 10

**【図面の簡単な説明】**

**【図1】**従来技術によるスイッチングマトリクスを示す説明図である。

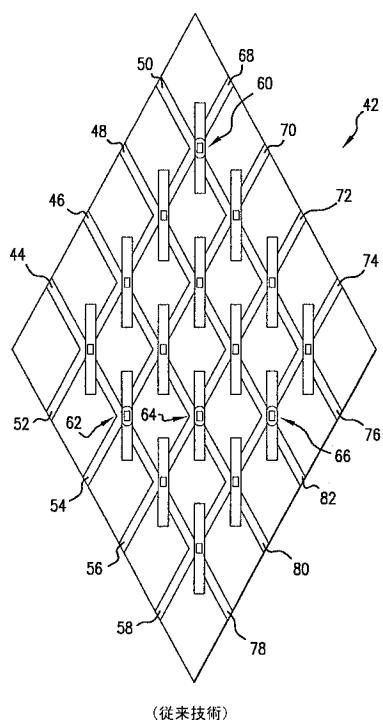
**【図2】**従来技術による光学スイッチを示す説明図である。

**【図3】**本発明の光学アドノドロップマルチプレクサスイッチを示す説明図である。

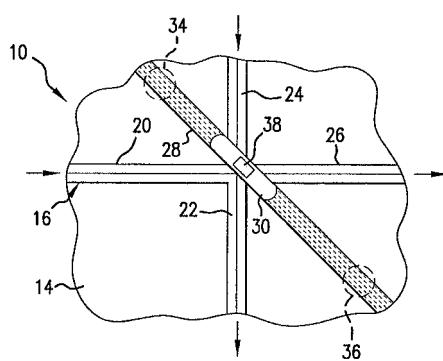
**【図4】**図3に示すマルチプレクサスイッチを縦続接続する実施態様を示す説明図である。

。

**【図1】**

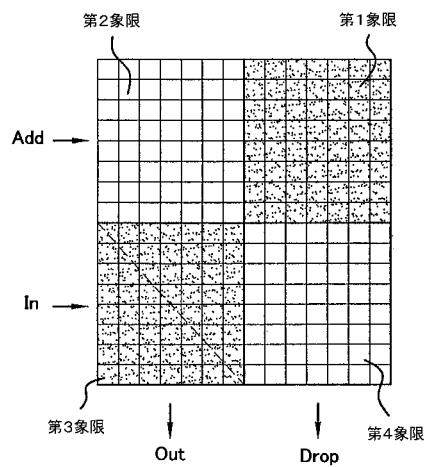


**【図2】**

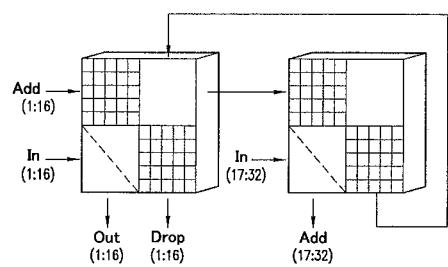


(従来技術)

【図3】



【図4】



---

フロントページの続き

(72)発明者 デイビッド・アンダーセン

アメリカ合衆国カリフォルニア州 94087 , サニーベイル , ミドルバリー・ドライブ・595

審査官 河原 正

(56)参考文献 特開2000-032510 (JP, A)

米国特許第05699462 (US, A)

独国特許出願公開第19711564 (DE, A1)