

スリットミラー光ピンを用いた多層光接続の提案

伊藤 哲*・尾山 雄介*・小幡 雄介*・小澤 秀明*・三上 修***・内田 禎二**

* 東海大学電子情報学部 〒259-1292 平塚市北金目 1117

** 東海大学総合科学技術研究所 〒151-0063 東京都渋谷区富ヶ谷 2-28-4

Proposal of Multi-Layer Optical Interconnection Using Slit-Mirror Optical Pin

Tetsu ITO*, Yusuke OYAMA*, Yusuke OBATA*, Hideaki OZAWA*, Osamu MIKAMI*** and Teiji UCHIDA**

* School of Information Technology and Electronics, Tokai University, 1117 Kitakaname, Hiratsuka 259-1292

** Research Institute of Science and Technology, Tokai University, 2-28-4 Tomigaya, Shibuya-ku, Tokyo 151-0063

A novel slit-mirror optical pin for the interface of multi-layer optical wirings has been proposed. The new optical pin has functions of a half-mirror and a full mirror inside the pin rod. Optical characteristics such as splitting and alignment tolerances are analyzed using the ray tracing method, and its effectiveness is shown.

Key words: optical interconnection, optical pin, multi-layer interconnection, slit-mirror, 90 degree-optical path change

1. はじめに

現在、光インターコネクションに用いられる基板内の伝送路（光導波路）は、単層かつ平面に限定されたものである。このため、光経路は限定され、必然的に扱う情報量も限られる。しかし、近年の急激な情報量増大に伴い、今後光インターコネクションにおいても、複数層の多層光配線およびそれらをつなぐ接続技術の需要が高まっていくと考えられる。

従来型の光インターコネクションでは、単層の光接続のみを考慮した光路変換および光路分岐を行うものが主であり、筆者らが提案している45度端面加工型光ピンもこれに準じたものである^{1,2)}。このため、従来型光ピンでは多層間の光接続は不可能であった。そこで筆者らは、この問題を解決し、これまで単層限定であった光インターコネクションに“多層接続”という概念を導入するため、スリットミラー光ピンを提案する。この光ピンを用いることで、光の多層間接続が可能となり、光接続の柔軟性を飛躍的に高めることができる。

今回は、本構成の有効性を確認するため、光線追跡法を

用いた解析を行ったので報告する。

2. スリットミラー光ピン

スリットミラー光ピンとは、Fig. 1のように光ファイバーや光導波路内にスリットを設け、金属膜を蒸着するなどしてミラー面を形成したものである。Fig. 1において、(a)は上下の階層で光路が同一方向の二次元的な階層接続用の構造、(b)は(a)の断面図である。スリット部は、コアに達しているコアミラー部(A)とコアに達していないクラッドミラー部(B)とがあり、前者は光を反射させるミラー面として働く。このスリットミラーは、形成する数・形状・傾斜角度・傾斜方向に依存し、多種多様な光路変換かつ光路分岐機能を実現する。このため、光路を立体的に拡大することで、光配線の機能化および並列化が実現できる。また、この光ピンは端面が45度に加工された光ピンとは異なり、端面は無加工であるため、基板衝突などにおけるミラー破損が起りにくいという利点がある。

Fig. 1 (a)の構成の光ピンによる2層間での光接続を想定した実装例をFig. 2に示す。発光素子であるVCSEL

*** E-mail: mikami@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

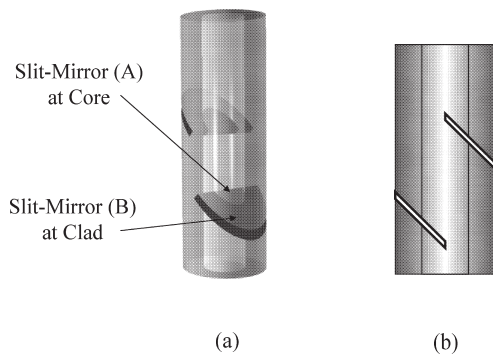


Fig. 1 Slit-mirror optical pin.

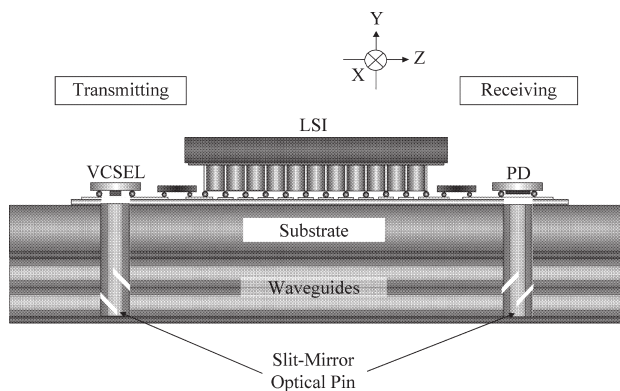


Fig. 2 Configuration of optical interconnection between two layers.

(vertical cavity surface emitting laser) から出射した光は、光ピン内を伝搬しながら、上部のスリットミラーに達すると、一部が90度光路変換され、上層の光導波路の光軸に沿って伝搬する。また、残りの光は、下部のスリットミラーで90度光路変換され、下層の光導波路の光軸に沿って伝搬する。

一方、受信の場合、上層あるいは下層の光導波路を進行し、光ピンのスリットミラーで反射した光は、光ピン内を伝搬した後、受光素子であるPD (photo diode) により受信される。また、スリットミラーを通過した光は、もとの光導波路の光路を進行する。すなわち、光ピンによって一部の光パワーを取り出すタッピング機能を有する。

3. 光線追跡法による解析

スリットミラー光ピンの光接続機能を確認するため、光線追跡法による解析を行った。解析においては、三次元空間において光の波動としての性質は無視し、光の伝搬過程を光線の軌跡として追跡した。解析モデルは、実際の実装形態よりも簡易化し、光導波路間に矩形状光ピン (コア寸法 $50 \times 50 \mu\text{m}$, クラッド寸法 $125 \times 125 \mu\text{m}$) を挟み込む形とした。2層間の光接続を平等に行えるように、スリッ

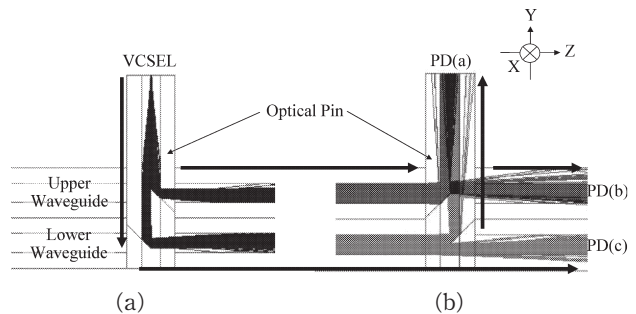


Fig. 3 Analytical results. (a) Transmitting model, (b) receiving model.

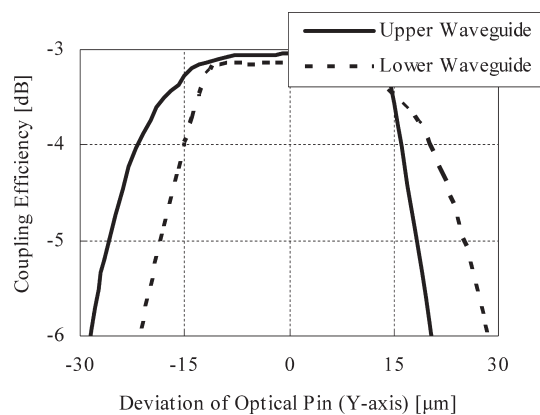


Fig. 4 Optical coupling efficiency vs. deviation of optical pin along Y-axis (transmitting model).

トミラーの傾斜角度を45度、寸法をミラー端が光ピンのコア部の中心に達するように設定し ($50 \times 35 \mu\text{m}$), 反射率は1とした。発光源は、ガウシアンビームに近いNFP (near field pattern) を示すVCSELを想定した。スポットサイズ半径 ω を $10 \mu\text{m}$, ビームウェスト半値幅を $1 \mu\text{m}$, ビーム広がり半角 θ を 8.0 度に設定した。Fig. 3に、送信側・受信側それぞれの解析モデルおよび解析結果を示す。

送信モデルにおいては、光ピンに入射された光は2つのスリットミラーで反射し、上下層それぞれの光導波路に半分ずつ分割される2層分岐光接続機能が確認できる。このとき、Fig. 4に示すように、光ピンの実装深さ方向 (Y軸方向) の位置ずれトレランス量は、最大光結合効率から1dBダウン時で $\pm 16 \mu\text{m}$ 程度であり、実装が可能な範囲内にあると考えられる。

受信モデルにおいては、上下層の光導波路それぞれの端に同じパワーの光を入射した。それぞれの光導波路を進行してきた光が、光ピンのスリットミラーによって、光ピン上方へ光路変換しPD(a)により受信されるタッピング光と、もとの2つの光導波路を進みPD(b)およびPD(c)により受信される光とに分割される。入力された総光量を1

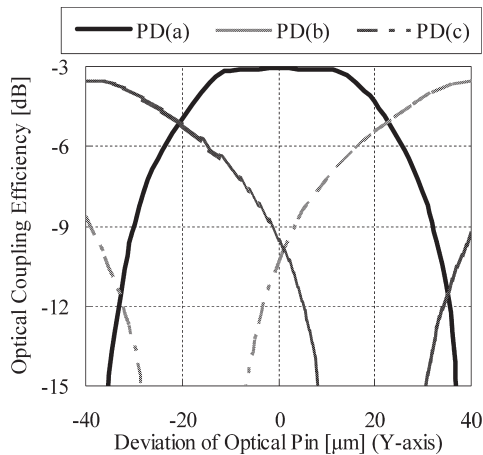


Fig. 5 Optical coupling efficiency vs. deviation of optical pin along Y-axis (receiving model).

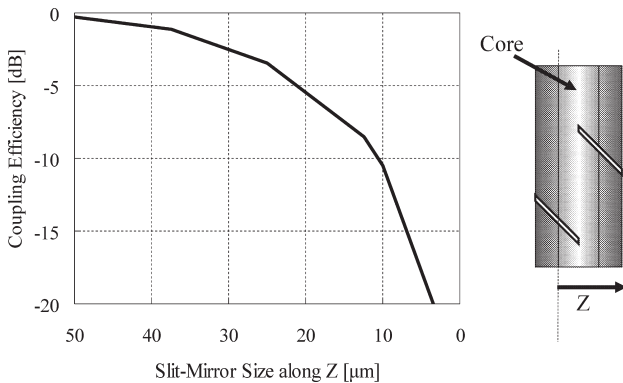


Fig. 6 Coupling efficiency vs. slit-mirror size along Z-axis.

として、PD(a)ではおおよそ50%の光量がタッピングされる。これは上下層の光導波路を進行してくる光に対して、安定して2分の1ずつ受信できていることを示す。スリットミラーを通過した光は、もとの光路を進行する。通過後の光導波路間におけるクロストークは-40 dB以下であり、ほとんど無視できるものである。

光ピン内へ分割される光量は、Fig. 5に示すように、光ピンの実装深さ位置の変化によって調整可能である。すなわち、多層タッピングの割合を調整可能であることがわかる。

スリットミラーによって反射、光路変換される光量は、おもにスリットミラー寸法によって制御可能である。Fig. 6に、スリットミラーがコアに達している面寸法(Z軸への射影長さ)の変化に対する光導波路への光結合効率特性を示す。スリットミラー寸法が小さくなるにつれて光結合

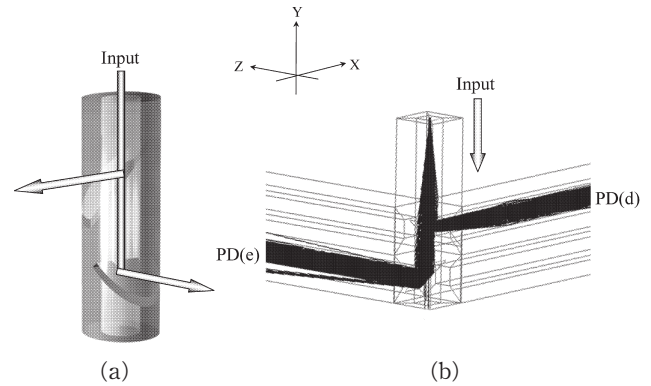


Fig. 7 Optical pin for crossing optical paths. (a) Configuration, (b) analytical results.

される光は減少し、その代替としてスリットミラーをスルーする伝搬光量は増大する。

以上のほかにも、スリットミラーの形成する数・形状・傾斜角度・傾斜方向といった各種パラメータを変化させることにより、さまざまな多層光接続が可能になる。例えば、Fig. 7 (a)のような構成の光ピンを用いることで、三次元的な光路をとる光多層接続が実現できる。上下の階層で光路が直交する階層接続を想定している。光線追跡の結果を同図 (b) に示す。上下それぞれの光路にPD(d)、PD(e)を置き、受信された最大結合効率を求めると、どちらもほぼ-3 dBであった。二次元接続と同様の特性が得られ、多種多様の光接続が実現可能であることを示している。

4. ま と め

本論文では、新しいスリットミラー光ピンを用いることで、光インターコネクションに多層接続の概念を導入することを提案した。光線追跡法による解析により、2層間の光接続が可能であることを証明し、また、スリットミラーの傾斜方向を変化させることで、三次元的な光接続も可能であることを示した。

文 献

- 1) 三上 修, 内田 禎二: “光表面実装技術の進展”, 電子情報通信学会論文誌 C, **J84-C** (2001) 715-726.
- 2) 伊藤 哲, 渡邊則利, 村田佳一, 尾山雄介, 三上 修, 内田 禎二: “光配線用光ピンを用いたマルチモード “1対N” スプリッタの提案”, 第18回エレクトロニクス実装学術講演大会講演予稿集 (2004) pp. 109-111.