

最近の技術から

D-VSTEP とその応用

河合 滋・笠原 健一

日本電気(株)光エレクトロニクス研究所 〒216 川崎市宮前区宮崎 4-1-1

1. はじめに

近年の光半導体プロセスの進歩により、面発光レーザーや面入出力光電融合素子(VSTEP: vertical to surface transmission electro-photonic device)^{1,2)}といった2次元面型光半導体素子の利用が可能になっている。このような光半導体素子では高集積と高速変調が可能で、並列・高速処理に適している。一方、面型光半導体素子の特徴を活かして並列プロセッサや交換機の接続網を実現しようとする光インタコネクションの研究が活発化している。光インタコネクションには、電気/光・光/電気変換機能をもった光半導体素子の他に、ビームを伝搬・集光・分岐させるための微小光学部品や、光半導体素子を制御するための電子回路が必要である。光半導体素子の高集積・高速動作可能な性質をインタコネクションシステムの中で活かすためには、このような光学部品や電子回路と光半導体素子を一体化することが重要である。

本稿では、面型光半導体素子であるVSTEPの基板表面に回折素子を形成したD-VSTEP (VSTEP with diffractive optical elements) と、D-VSTEPを用いた光スイッチング網について紹介する。

2. VSTEP

VSTEPは、図1に示すようにGaAs基板上に形成されたAlGaAsの面型光半導体素子で、受光・発光・

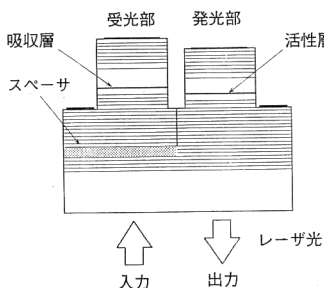


図1 VSTEPの構造

スイッチング・光増幅・メモリー機能をもつ。光は受光側基板から入射し、入射光量がある閾値を越えると発光側がスイッチングしてレーザー発振し、基板側から光が射出する。レーザーの中心発振波長は980nmで、光/電気変換効率11% (3.5mA, 2.5V)、スイッチングエネルギー2.2pJの特性が得られている。

3. D-VSTEP

VSTEPから射出した光を伝搬させたり分岐させるためにはマイクロレンズやビームスプリッタなどの光学部品が必要である。VSTEPは基板側から光が入射出するため、基板表面に回折素子を形成し、VSTEPとこれらの光学部品をモノリシックに一体化することができる³⁾。このような素子をD-VSTEPと呼ぶ。回折素子はVSTEPの製造プロセスにおいて両面露光の技術を用いて作製され、VSTEPに対して1μm程度以下の精度でアライメントすることができる。

図2は基板表面にゾーンプレートを形成したD-VSTEPのSEM写真である。この素子を用いて、VSTEPから射出した光をレンズの回折限界程度まで集光させることができる。また、高精度に加工形状を制御できるドライエッチングプロセスによって回折素子を作製する

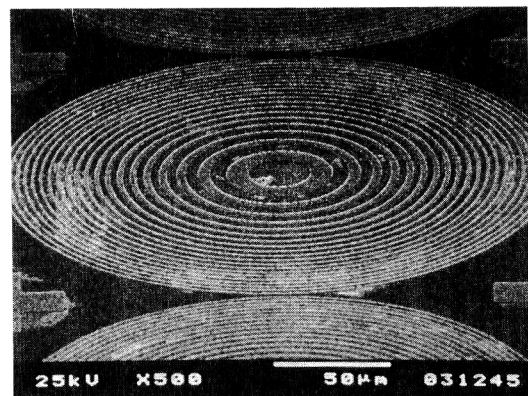


図2 VSTEP基板表面に形成したゾーンプレート

と、2 値位相格子の限界に近い 40% の回折効率が得られる。このようなゾーンプレート NA の最小値は基板表面での出射ビーム径によって決まり、最大値はエッチングプロセスの最小加工ピッチによって決まる。これらの条件からゾーンプレートの製作可能な NA の範囲は 0.1~0.2 程度となり⁴⁾、D-VSTEP のビーム伝搬可能な距離は高々 1 mm 程度以下である。したがって、D-VSTEP はビームを長距離伝搬する目的には適していない。

一方、光半導体材料は屈折率が高く、基板内部でビームが拡がりにくい。この特徴に着目して基板表面に反射膜を形成すると、基板の中にビームを閉じ込めて伝搬させることができる²⁾。VSTEP から出射したビームは反射型回折素子と VSTEP の DBR ミラーによって反射され、隣接する素子に入射する。回折素子の多機能性を活かせば VSTEP アレイ内でビームを分波させたり合波させることもできる。

4. D-VSTEP を用いた光スイッチングノード

計算機や交換機のスイッチング網には、クロスバスイッチから構成されるスイッチングノードと、スイッチングノード間の規則的な固定配線が必要である。

図 3 は、D-VSTEP を用いた 2×2 光スイッチングノードの構成を示したものである。このスイッチングノードは、2 組の 1×2 光スイッチと 2 組の 2×1 光スイッチから構成される。入力光は光分波素子によって二つに分けられ、基板の中を伝搬して VSTEP に入射する。VSTEP を制御することによって出力を選択することができる。図 4 は VSTEP 基板上に形成した光分波および合波用の回折素子を示したものである⁵⁾。これらの素子を用いて 1×2 光スイッチを構成し、VSTEP 出射光を 62.5 μm 離れた隣接素子に入射させ、光スイッチング動作を確認している。このような光スイッチングノードを

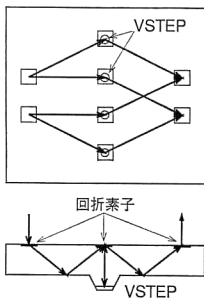


図 3 D-VSTEP を用いたスイッチングノードの構成

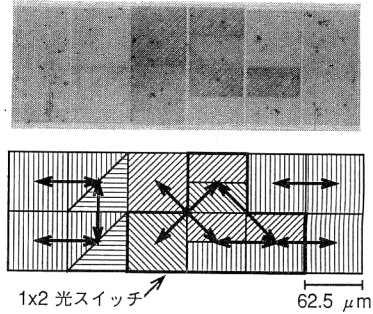


図 4 スwitchingノード用光分波・合波素子

フリースペース光学系によって接続し、1000 ch 規模以上のスイッチング網が提案されている⁶⁾。

5. む す び

面型光半導体素子である VSTEP の基板表面に回折素子をモノリシックに形成した D-VSTEP と、D-VSTEP の光インタコネクションの応用について述べた。面型受発光素子を用いる上で、光学部品との実装は必要不可欠な技術であり、受発光素子の製造プロセスにおいてこれらを一体化する D-VSTEP の技術は、実装時のアライメントの問題を解決する有望な手段と考えられる。今後実用化する上で、回折効率の向上と、色収差の問題を含めた各素子のレイアウトの最適化が重要な課題となる。

文 献

- 1) K. Kasahara, Y. Tashiro, N. Hamao, M. Sugimoto and T. Yanase: "Double heterostructure optoelectronic switch as a dynamic memory with low-power consumption," *Appl. Phys. Lett.*, **52** (1988) 679-681.
- 2) S. Kawai and K. Kasahara: "VSTEP optoelectronic devices and their modules," '92 *Summer Topical Meeting on Smart Pixels* (IEEE LEOS, Santa Barbara, 1992) pp. 28-29.
- 3) S. Kawai, K. Kasahara and K. Kubota: "Two-dimensional optical integrated circuits for VSTEPs," *7th Int. Microelectr. Conf.* (Soc. Hybrid Microelectr., Yokohama, 1992) pp. 314-319.
- 4) 河合 滋, 荒木壮一郎, 笠原健一, 窪田恵一: "光学素子と VSTEP を用いた光インタコネクションモジュール", 信学技報, **OCS 92-41** (1992) 1-6.
- 5) 河合 滋, 栗田寿一, 吉川隆士, 栗原 香, 植村亜津子, 沼居貴陽, 杉本喜正, 笠原健一, 窪田恵一: "光学素子を一体化した D-VSTEP (II: 1×2 光スイッチ)", 第 54 回応用物理学会学術講演会 (1993) p. 876.
- 6) S. Kawai, S. Araki, H. Kurita, T. Numai, K. Kasahara and K. Kubota: "Multistage optical interconnection networks using VSTEPs and microoptics," *4th Microoptics Conf./11th Topical Meeting on Gradient-Index Opt. Syst.* (Jpn. Soc. Appl. Phys., Kawasaki, 1993) pp. 328-331.

(1993 年 12 月 3 日受理)