

最近の技術から

面発光レーザーと光機能デバイスの集積化

横内 則之・伊賀 健一

東京工業大学精密工学研究所 〒227 横浜市緑区長津田町 4259

1. ま え が き

大容量並列光通信, 光演算, 光インターコネクタなど, 将来の光エレクトロニクスの分野では, 2次元アレー状に高密度で集積可能であり¹⁾, かつ低消費電力が実現できる面発光レーザーが注目されている. 面発光レーザーは基板と垂直に共振器を形成するために, 他の機能素子との積層集積化が容易である. ここでは, 集積化技術の動向を概観するとともに, 一例として, 共振器内に屈折率変化をもたらす波長掃引領域を導入した波長可変面発光レーザーの集積化技術について紹介する.

2. 集積型面発光レーザー

面発光レーザーの集積技術を分類して図1に示す. これまでに報告されているデバイスとして, 受光素子を積層集積した面発光レーザーがある²⁾. レーザー領域と受光素子領域の分離には, 半導体多層膜反射鏡(DBR)を用いている. 同様にフォトトランジスタを集積し, 光演算や光インターコネクタへの応用を目指した光制御型面

発光レーザーが実現され³⁾, 光 AND・OR ゲート等の基礎動作が確認されている. また, フォトサイリスタを面発光レーザーと同一面内に2次元集積化した光スイッチ, 光論理ゲート⁴⁾, 偏波面制御素子の集積⁵⁾などが報告されている.

3. 波長可変面発光レーザー

機能素子とのモノリシック集積の一つとして, 波長可変面発光レーザー⁶⁾がある. 極短共振器面発光レーザーは縦モード間隔が広く, 波長掃引によるモード跳びが抑えられ, 安定な連続掃引の実現が可能となる. GaInAsP系 1.55 μm 帯面発光レーザーでは, その縦モード間隔は 500~1000 \AA もあり, 活性領域の利得波長幅全域にわたっての連続掃引の実現が期待できる. また, 発振波長の精密制御という観点からは, 10 \AA 程度の連続掃引は最低限必要となる技術である.

基礎特性の把握を目的とし, 外部鏡を用いた連続掃引を報告した⁷⁾. レーザー反射鏡として外部反射鏡を用い, 面発光レーザーの極短共振器構造という特徴を維持しつつ, 共振光路長を制御するものである. この方法で, 40 \AA の連続波長掃引を得た(図2). 波長掃引領域をモノリシックに集積する方法としては, 屈折率変化を共振器内部で発生する波長掃引領域を設ければよい. DBR領域への電流注入による連続掃引が報告され^{8,9)}, 電流注入構造を改良することで連続掃引波長幅 22 \AA ¹⁰⁾ が得

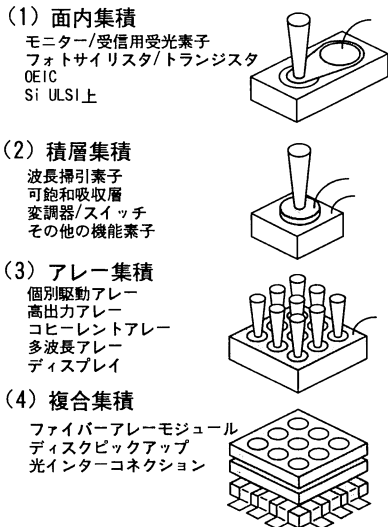


図1 面発光レーザーの集積技術

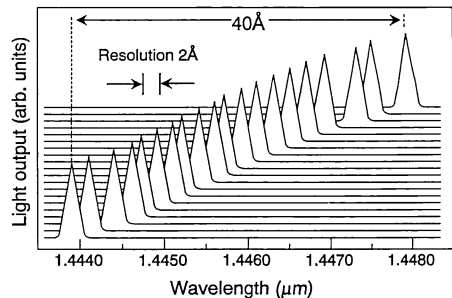


図2 波長掃引時の発振スペクトル

られている。これらのデバイスでは、屈折率変化の主要因はキャリア注入による発熱のためであり、プラズマ効果を積極的に利用するには至っていない。

4. 集積化の将来展望

機能素子とのモノリシック集積には、高反射率 DBR が重要であり、実際に AlGaAs/GaAs 系あるいは GaInAs/GaAs 系デバイスで用いられている。ただし、GaInAsP/InP 系長波長帯面発光レーザーでは、比屈折率差が小さいために高反射率を得るためには層数を増やす必要がある。また p 型にドーパした場合の光吸収増加による反射率の低下や電気的特性の劣化等も懸念され、技術的改善が要求される。高密度アレーデバイスを実現するには、単体デバイスの極低消費電力が必要不可欠であり、デバイスの極微小化、量子構造等の導入が有効である。これらの技術を確立し、電気的、熱的特性を改善すれば、極限的には $1\ \mu\text{A}$ 程度の極低しきい値動作も期待できる¹¹⁾。

5. む す び

面発光レーザーとそのモノリシック集積技術の動きを概説したが、これらの集積デバイスを実現するためには結晶成長や微細加工等の周辺技術の発展が重要である。また、面発光レーザーと平板マイクロレンズや各種空間フィルタ等との積層光集積回路の実現も重要な課題である。

文 献

- 1) K. Iga, F. Koyama and S. Kinoshita: "Surface emitting semiconductor lasers," IEEE J. Quantum Electron., **24** (1988) 1845-1855.
- 2) G. Hasnain, K. Tai, Y. H. Wang, J. D. Wynn, K. D. Choquette, B. E. Weir, N. K. Dutta and A. Y. Cho: "Monolithic integration of photodetector with vertical cavity surface emitting laser," Electron. Lett., **27** (1991) 1630-1632.
- 3) W. K. Chan, J. P. Harbison, A. C. von Lehmen, L. T. Florez, C. K. Nguyen and S. A. Schwarz: "Optically controlled surface-emitting lasers," Appl. Phys. Lett., **58** (1992) 2342-2344.
- 4) P. Zhou, J. Cheng, C. F. Schaus, S. Z. Sun, C. Hains, E. A. Armour, D. R. Myers and G. A. Vawter: "Inverting and latching optical logic gates based on the integration of vertical-cavity surface emitting lasers and photothyristors," IEEE Photon. Technol. Lett., **4** (1992) 157-159.
- 5) M. Shimizu, T. Mukaiharu, F. Koyama and K. Iga: "Polarisation control for surface emitting lasers," Electron. Lett., **27** (1991) 1067-1068.
- 6) N. Yokouchi, F. Koyama and K. Iga: "Estimation of tunable wavelength range in surface emitting laser using intra-cavity quantum-well tuner," Trans. IEICE Jpn., **E73** (1990) 1473-1475.
- 7) N. Yokouchi, T. Miyamoto, T. Uchida, Y. Inaba, F. Koyama and K. Iga: "40 Å continuous tuning of a GaInAsP/InP vertical-cavity surface-emitting laser using an external mirror," IEEE Photon. Technol. Lett., **4** (1992) 701-703.
- 8) C. J. Chang-Hasnain, J. P. Harbison, C. E. Zah, L. T. Florez and N. C. Andreadakis: "Continuous wavelength tuning of two-electrode vertical cavity surface emitting lasers," Electron. Lett., **27** (1991) 1002-1003.
- 9) P. R. Berger, N. K. Dutta, K. D. Choquette, G. Hasnain and N. Chand: "Monolithically Peltier-cooled vertical-cavity surface-emitting lasers," Appl. Phys. Lett., **59** (1991) 117-119.
- 10) T. Wipiejewski, K. Panzlaff, E. Zeeb and K. J. Ebeling: "Submilliamp vertical cavity laser diode structure with 2.2 nm continuous tuning," Tech. Dig., ECOC '92, ThPD II. 4, Berlin (1992).
- 11) T. Tamanuki, F. Koyama and K. Iga: "Estimation of threshold current of microcavity surface emitting laser with cylindrical waveguide," Jpn. J. Appl. Phys., **30** (1991) L 593-L 595.

(1993年3月31日受理)