

# 可視光向け平面光波回路技術とそれを用いた 超小型RGB光源向け波長合波回路

日本電信電話(株) 先端集積デバイス研究所

橋本 俊和

## Planar lightwave circuit for visible light and wavelength coupler as an application for ultra-compact RGB light sources

Toshikazu Hashimoto

Device Technology Laboratories, Nippon Telegraph and Telephone Corporation

光通信で培われた平面光波回路 (PLC : Planar Lightwave Circuit) 技術の可視光領域への適用が始まっている。本記事では、その背景と応用として RGB レーザ光源用光合波回路を紹介する。

### 《PLC 技術の背景～レーザ光の使いこなしは干渉の制御技術とセットで発展する》

光通信において通信媒体として広帯域な光ファイバを使いこなすためにレーザの特性を活かして波長多重伝送技術や光の多値伝送技術が発展した。光の周波数は通信波長 (= 1.55  $\mu\text{m}$ ) で約 200THz と非常に高く、キャリア周波数領域で信号処理するためには、光の干渉が用いられる。光通信において光の干渉を利用するためのデバイス技術の一つに、光ファイバの作製技

術を発展させて、Si 基板上に堆積した石英系のガラス膜を微細加工して光導波路構造を実現する平面光波回路 (PLC : Planar Lightwave Circuit) 技術がある [1]。PLC は光分岐回路や波長合分波器として光通信で幅広く用いられている。PLC が用いられる理由は半導体と同様に量産が可能なことに加えて、石英ガラス由来の光学特性の安定性と微細加工による高精度な導波特性の制御により精密に所望の干渉状態を実現できることにある。

光の 3 原色である赤緑青 (RGB) の半導体レーザが商用化レベルで全て揃ったのは 2009 年頃である [2]。青色 LED が商用化から 10 年程度で一般的に使われるようになったことから、そろそろ RGB の半導体レーザも身近なものになってくものと期待される。レーザ光の特徴として高い発光効率が期待されること、直進性があることなどがあり、LED と異なる应用考えられる。直進性などのレーザ光の特性はその干渉性に由来する。レーザの特性を使いこなすためには優れた干渉制御機能が必要であり、PLC

〒 243-0198

神奈川県厚木市森の里若宮 3-1

TEL 046-240-2044

E-mail : toshikazu.hashimoto.ur@hco.ntt.co.jp

はその候補の一つと考えられる。

### 《可視光への PLC 技術の応用例 ～RGB 光源向け光合波器》

可視光レーザを用いた応用として注目されているのが、網膜投影レーザアイウェア (LEW: Laser EyeWear) である。LEW は、直進するレーザ光線の性質を生かして網膜上にスポットを投影し、それを掃引して網膜に映像を投影するメガネ型の表示デバイスである。LEW を用いれば目の水晶体でピント合わせる必要がなく、視力が低下している場合でもきれいな映像を見ることができる。光源として RGB が集積化されたレーザ光 (以下, RGB 光源) が必要となる。LEW ではメガネと同様の掛け心地を実現するために、光源はメガネのつるに収まるのが望ましい。それに対して, RGB 光源では RGB のレーザ光を束ねて同じ光軸に出射する必要があり、従来は、半導体レーザごとにレンズや波長合波用ミラーを正確に整列させる並べる必要があり、小型集積化が困難であった。そこで、我々

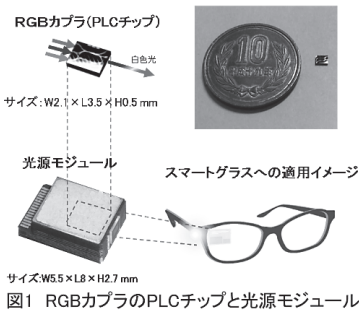


図1 RGBカプラのPLCチップと光源モジュール

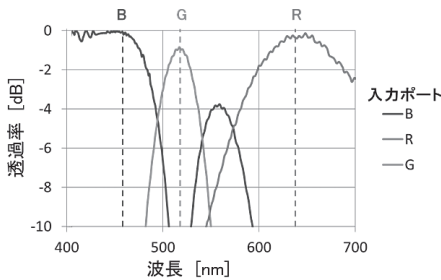


図3 RGBカプラの透過率

は光通信向け合波器として既にも実績のある PLC 技術を RGB のレーザ光の合波器 (RGB カプラ) に適用した [3]。

図1上段は PLC による RGB カプラのチップである。通信波長にくらべて波長の短い可視光では半導体レーザの出射光の回折が少なく、レンズ無しで PLC と光結合させても 2dB 以下となり実用上は十分な光結合が得られる。光通信用の PLC と構造は通信波長のものと相似ではあるが、コア径は通信用のものに対して 1/3 程度で、光回路要素である方向性結合器 (図2) も可視光に最適化したものを適用する必要がある。方向性結合器は2つの光導波路を近接させることで一方からもう一方の導波路に光を遷移させる光回路で、波長による遷移周期差を利用して波長を合波させる。RGB カプラではより小型の光回路を実現するために短い波長側の遷移自体を抑制する鳥状の導波路を2本の導波路の間に挿入することで、一方の波長の遷移のみで光を合波させ小型化を実現している。これにより図3に示す光回路の透過特性を実現している

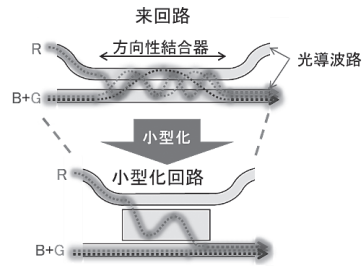


図2 方向性結合器の原理  
B+Gは同様の方法で合波後、Rと上記の回路で結合

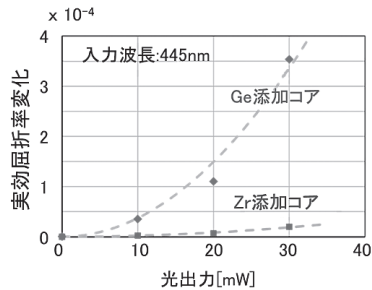


図4 青色光に対する屈折率の変化 (200時間後)

る。これを用いて TDK 社と連携して世界最小クラスの超小型の RGB 光源を実現した (図 1 下段)。この光源の出力は網膜に投影するために絞り込んで使うため 1mW 程度となっているが、スクリーンに投影するにはさらなる高出力化が望まれる。その場合、課題となるのが波長の短い青色光による光導波路特性への影響である。光ファイバも含めて石英系の光導波路ではコアの屈折率を周囲よりも高くするためにコア膜に Ge を添加して作製する。Ge は青色の光をわずかに吸収し屈折率変化等をもたらすため干渉状態が変化する。そこで、コアへの添加材料として適用実績があり Ge よりも吸収が少ないと考えられる Zr の適用を試みた。図 4 は異なる長さの導波路を通過した光を干渉させる光回路 (非対称マッハツエンダー干渉計) のスペクトルから有効屈折率を算出してその変化をプロットしたものである。Ge を添加している場合に比べて Zr を添加したものでは有効屈折率の変化が 1/10 以下に抑えられている [4]。この結果は Zr を添加したコアの PLC を用いることで約 10mW 程度の光出力とした場合でも変動は十分小さく実用上問題ないレベルであることを示唆しており、PLC に Zr 添加コアを適用することで可視光領域においてさらに応用が広がるものを期待される。

## 《まとめ》

光通信向けに発展してきた PLC 技術の可視光応用例として RGB 合波器を紹介した。3 原色の LD が登場して、今後レーザー光の特徴を生かした応用が創出されると期待される。可視光 PLC 技術も可視光レーザーのさまざまな応用に歩調をあわせて、新たな機能 / 光回路を創出し、特性を伸ばして、それらの応用の実現に貢献していくことを期待したい。

## 参考文献

- [1] "Special Feature : Silica-based Planar Lightwave Circuits for Photonic Networks", NTT Technical Journal, Vol.3, No.7, pp.13-41 (2005)
- [2] 中村孝夫, "純緑色半導体レーザーの開発", 生産と技術 第 65 巻 第 3 号 (2013)
- [3] Hashimoto, Toshikazu, et al. "Visible-light Planar Lightwave Circuit Technology and Integrated Laser-light-source Module for Smart Glasses", NTT Technical Review Vol. 19 No. 3 (2021)
- [4] Fujiwara, Yuji, et al. "Silica-based planar lightwave circuits with high resistance against blue light for visible-light application." Japanese Journal of Applied Physics (2022).