

可視光 PLC

可視光向けのPLC技術を研究開発中 超小型プロジェクタを実現可能な部品を試作

NTT先端集積デバイス研究所は、通信用光デバイスとして平面基板上に光回路を集積する「PLC (Planar Lightwave Circuit : 平面光波回路)」に関する豊富な知見を有している。同研究所では、その技術を可視光にも適用する取り組みを開始した。2016年には、赤、緑、青の可視光を合波する「RGBカプラ」として動作する小型素子を開発した。同素子を利用することで、超小型なレーザープロジェクタを実現できるようになる。同研究所の可視光 PLC に関する研究成果を紹介する。

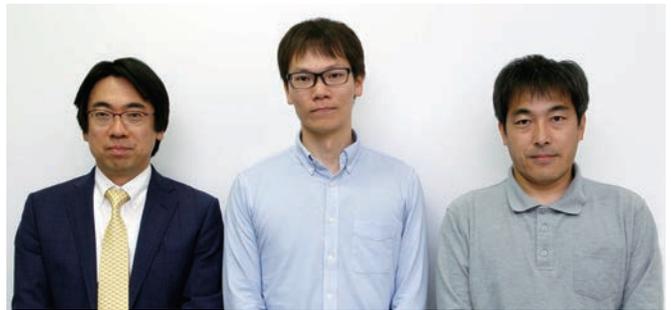
レーザーダイオードの低廉化で 注目集める可視光レーザー

可視光を生成する可視光レーザーダイオード (LD) で、光の三原色 (赤 (R)、緑 (G)、青 (B)) すべてが生成可能になったのは比較的最近のことで、グリーンギャップとよばれレーザー発光が難しかった緑色レーザーができるようになった2009年頃のことである。近年は、コモディティ化が進み可視光 LD の活用に応用が広がっている。

可視光 LD を用いた光部品では、レンズ等による空間光学と呼ばれる技術を用いることが一般的で、光ディスクのピックアップなどに適用されてきた。一方で、光通信では光ファイバでの伝送において損失が少

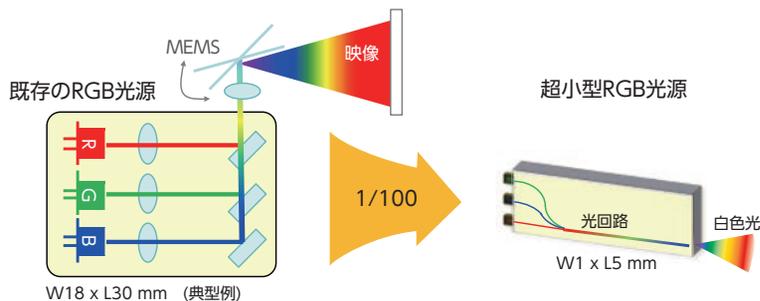
ない赤外波長帯の LD が用いられ、波長多重化や光信号を分配するための光部品としては、光ファイバと同じく石英ガラスを用いて平面基板上に光回路を集積した「PLC (Planar Lightwave Circuit : 平面光波回路)」という技術が用いられている。この技術は半導体と同様に微細加工技術により量産性や集積性に優れたため、可視光等、従来の通信技術の枠を超えて、様々な分野への応用が期待される。

NTT先端集積デバイス研究所 (以下、先デ研) では、2015年頃から



NTT先端集積デバイス研究所 光電子融合研究部
[左から] 主席研究員 重松 智志氏、阪本 隼志氏
主幹研究員 橋本 俊和氏

可視光の光源向けの PLC の研究に本格的に着手した。具体的には、RGB の光を合波して出力する「RGB光源」である。既存の RGB 光源は、赤、緑、青の光をレンズやミラーで合波する。そのため光学部品の点数が多く、組立コストが高い。また、光軸ずれによる色の分離低下や解像度低下が生じやすい問題がある (図1左)。PLC 技術を用いて可視光レーザーと RGB 合波回路 (RGBカプラ) をワンチップに集積できれば、半導体プロセスによる低コスト化が可能になる上、従来の 100 分の 1 程度に小型化でき、光軸ずれの問題も生じなくなるという (図1右)。



従来RGB光源の課題
・部材点数大・組立工数大
・精密な光軸合わせが必要

PLC技術でワンチップに集積
・単純、量産可能、小型
・光軸ずれなし

図1 PLC技術による可視光 (RGB) 光源の集積化の利点

高次モードを利用する工夫で 小型高機能なRGBカプラを実現

先デ研ではまず、RGBカプラを PLC で実現する取り組みを始めた。

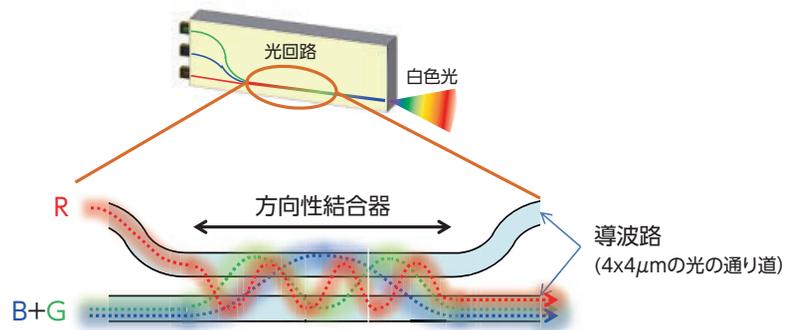
光を PLC で合波する方法として、2本の導波路を近接させて光を乗り移らせて合波する方向性結合器があり、初期の段階から可視光でも同様の方法が提案されていた。これについて光電子融合研究部の阪本 隼志氏は以下のように述べている。

「2つの光導波路が近接すると光が乗り移りながら伝播するという現象があります。乗り移る周期が波長ごとに異なるため、その差を使って、両方の色の光が同じ光導波路に乗り移ったところで導波路を離すと、全ての光が同一の光導波路で合わさった光を得ることができます。ただ、従来の方法では、赤、緑、青の光の結合周期が合うように方向性結合器の長さを設計する必要があるため、“長いカプラ長が必要”で光回路が大きくなってしまいうという欠点がありました(図2)。」

そこで先デ研は、マルチモード光通信技術の研究開発で培った知見を活用して、新たな RGB 合波手法を開発した(図3)。同手法では、特定波長の光のみをモード変換して移動できる「モード変換導波路」を導波路の中間に配置して利用する。モード変換導波路では、光の周期を合わせる必要がないため、カプラ長を短縮でき小型の合波器を実現することができた。

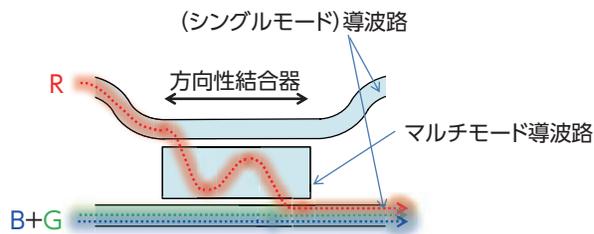
2016年には、この新しい RGB 合波手法を採用した RGB カプラ素子を試作し、素子のサイズが厚さ 0.5mm、長さ 8.0mm の超小型化を実現した(図4上)。また、赤、緑、青の各色の透過率についても十分な性能が得られたという(図4下)。

「試作に際しては、可視光ならで



色で異なる乗り移り周期を利用⇒同じ導波路に移るタイミングを使うため長い回路が必要

図2 従来の RGB カプラ (方向性結合器型 RGB カプラ) の問題点



マルチモード導波路により、色ごとに「乗り移る条件」自体を制御(図面では赤のみが乗り移れる)⇒周期性を利用しないので小型化可能

図3 高次モードを利用した RGB 合波手法を開発

はの難しさがありません。まず、通信波長よりも波長が短いために、より高い加工精度を求められました。可視光の評価環境の構築や通信デバイスとは異なる新たなコラボレーション先の模索など、新分野開拓ならではの難しさも

あります。」(阪本氏)

2018年には、RGB カプラだけでなくレーザーダイオードの集積も実現した。「PLC 技術によって RGB 光源の構成部品を小型化できたことで、レーザープロジェクトのサイズも非常に小さくできるようになり、どこにでも、何にでもプロジェクト機能を持たせることが可能になるかもしれません。それによって、

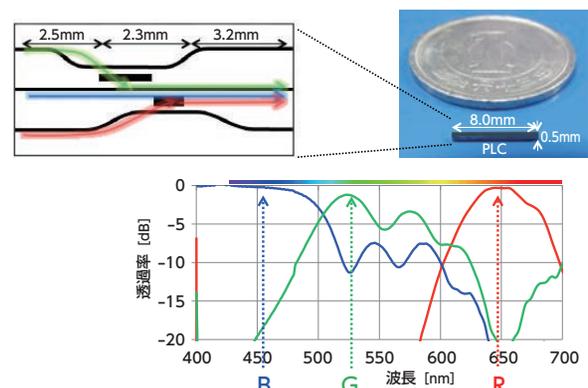


図4 試作した RGB カプラ素子の概要と評価結果

例えば、傘の柄にレーザープロジェクトを仕込んでおき、傘の内部に地図や天気予報などの情報を表示するといった、これまで想定していなかった活用方法が生まれ、この技術が広がっていくことを期待しています。」(阪本氏)

今後はこの技術を、可視光領域の様々な分野に適用し、可視光 PLC 技術として研究開発をすすめていくという。