

高効率LED コリメータを 簡略な設計手法で実現

中国西安にある中国科学院と西安交通大学の技術者が開発した2種類の非結像LED コリメータレンズは、LED 光学部品で一般に使用される複雑で反復的なソフトウェア設計と違って、簡略な方法で短時間で設計された⁽¹⁾。同コリメータは非常に高効率で、光源から200mの距離で半径5m以内に80%以上のLED光が集束するという。

屈折レンズの外側

2種類のレンズのうちの1つ(タイプ1)は4種類の面で構成される。第1面は側面が非球面で、LEDからの円錐角度の小さい放射光を平行にするように設計されている。第2面はLEDを中心とした放物曲面で(図1)、LEDからの円錐角度の大きい放射光を集めて平行にする。第3面はLEDの近くにある球面で、光が面に対して直角入射でレンズを通過するように設計されている。第4面はラダー面と呼ばれる階段状の面で、放物曲面で反射した光は方向を変えずに、この第4面を通過して出ていく。形状が階段状になっているのは、レンズの体積と重量を最小限に抑えるためである。

面の設計は単純で、2つのことに気をつけるだけでよい。1つは、第1面の終わりは、LEDからの光が臨界角(その入射角を超えると光は内部で全反射する最小の入射角)で当たる面の直径を超えてはならないことである。もう1つは、階段の形状は、放物曲面の外側で反射したLED光を妨げてはならないことである。

シミュレーションでは、1×1mmのLED

チップが波長500nmの光を放射し、10万の光束が200m離れた照射面に写し出されている。レンズは、成形されたポリメタクリル酸メチル(PMMA)で作られており、吸収および散乱がないと仮定されている。ここで、球面の半径は“a”、LEDから中心の非球面までの軸方向の距離は“b”とする。

タイプ1のレンズについて、 $a=8\text{mm}/b=8\text{mm}$ 、 $a=14\text{mm}/b=14\text{mm}$ 、 $a=8\text{mm}/b=20\text{mm}$ 、 $a=14\text{mm}/b=20\text{mm}$ 、 $a=20\text{mm}/b=20\text{mm}$ の5モデルを作製した。予想どおり、レンズが大きいくほどコリメートスポット径は小さくなった。例えば、 $a=20\text{mm}/b=20\text{mm}$ のレンズは、200mの距離で、光線の94.9%が半径3.5mのスポットに含まれるビームを生成した。また、 $a=8\text{mm}/b=20\text{mm}$ のレンズは、200mの距離で、光線の98.5%が半径4mのスポットに含まれるビームを生成した。

屈折レンズの内面

もう1つのコリメータレンズ(タイプ2)も4種類の面をもつ。第1面は階段状の平らな面、第2面は軸方向の非球面の屈折レンズ、第3面は非球面の反射鏡、第4面は光を反射鏡に通過させる円筒形の面である。

タイプ2のレンズをモデル化した円筒の半径 $a=8\text{mm}$ 、非球面の屈折レンズまでの軸方向の距離 $b=20\text{mm}$ のレンズは、200mの距離で、光線の約90%が半径5mの範囲内に含まれることが示された(異なる寸法でモデル化したレンズも、ほとんどが同様の結果を示した)。

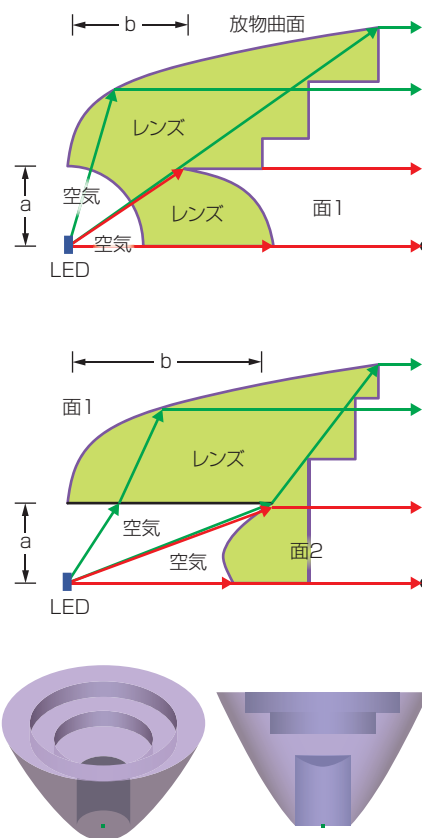


図1 回転対称の2種類のLED コリメータレンズは、反復アルゴリズムを使わずに、簡略な方法で設計できる。いずれの場合もLEDが光軸を決める。右側がタイプ2のレンズの例。

2種類のレンズは、それぞれ約90%、99%の効率(光源からの光がレンズを通過した割合)を示した。タイプ2はタイプ1に比べて効率が低い。また、 a と b の値が同じ場合、タイプ2はタイプ1よりかなり薄く、 $a=8\text{mm}/b=20\text{mm}$ のとき、タイプ1は深さが103mmであるのに対し、タイプ2はわずか38mmの深さだった。

研究者は現在、多くのLEDは1×1mmより小型化しており、こうした小型のLEDを使用すれば、さらに良い結果が生まれると指摘している。

(John Wallace)

参考文献

(1) G. Wang et al, Appl. Opt., 51, 11, 1654 (April 10, 2012)