

医療用LED照明分野への樹脂白色光積層回折レンズ応用の可能性検討

[1] 組織

代表者：志智 亘

(静岡県工業技術研究所)

対応者：伊藤 哲

(静岡大学電子工学研究所)

[2] 研究経過

LED 照明用レンズには、ガラスより軽量で自由度の高い形状が安価に成形できる樹脂材料を使用する機会が多い。しかしながら、ガラスレンズに比べて樹脂レンズは波長分散が大きく、白色照明において色収差が発生し照明光の色が不均一になる場合がある。特に、曲率の大きい厚肉レンズでは顕著となる。これは、画像診断などにおいて正確な診断を妨げる一因となる可能性がある。既にカメラレンズなどの撮像光学素子においては、回折現象を利用したレンズ(回折型レンズ)を用いて、白色光に対する色収差の解消が実現されている。しかしながら、高輝度のLED光源からの光を均一に拡大することが必要な照明用レンズには、回折型レンズ特有のフレアの問題が知られている。そこで本共同研究では、回折型レンズを照明用樹脂レンズとして応用するための基礎検討を目的とし、照明用レンズとして回折型レンズと屈折型レンズを用いた際の照明光の強度・色分布の違いについて比較、検討した。

本研究では、照明用の回折型レンズを検討する一環として、回折現象と屈折現象を併用した非球面プラスチックハイブリッドレンズ(エドモンドオプティクス社)に着目した(以後単にハイブリッドレンズと呼ぶ)。このレンズは回折現象を利用した色収差の低減や集光能力の向上などを謳っている。申請した諸経費で消耗品を購入し実験を行った結果、ハイブリッドレンズは屈折型の非球面プラスチックレンズ(以後屈折レンズと呼ぶ)に比べて、色収差の抑制傾向が確認されたが、一方で回折現象特有の問題が生じることもわかった。

以下に、研究活動状況の概要を示す。

実験に使用するハイブリッドレンズ(焦点距離

50mm、レンズ直径25mm、材料：シクロオレフィンポリマー)のレンズ曲面上に形成されている回折格子の形状を非接触白色光干渉方式表面性状測定機により観察した(図1)。

実験は白色LED光源とレンズを用いてナイフエッジを投影し、エッジ付近の光強度を分光器を用いて測定した。ナイフエッジ投影距離はレンズの焦点距離より十分大きくした。レンズについてはハイブリッドレンズおよび比較用として、ハイブリッドレンズと同じ材料かつ直径と焦点距離を持つ屈折レンズを用意した。測定した分光強度の値と等色関数を用いて測色値(三刺激値XYZおよび色度値x,y)を求め、ナイフエッジ付近における色味の変化から色収差の評価を行った。図2はハイブリッドレンズによりナイフエッジを投影した際の像である。図中の赤線で示した場所が測定した領域である。

実験で得られた結果を元に、ハイブリッドレンズの照明用光学素子への応用可能性や実験計画等についての議論を、静岡大学で2回、静岡県工業技術研究所で1回行った。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

ハイブリッドレンズの形状測定データ(図1)より、中心から初めの段差までの距離が1.025mmであり、段差の高さがほぼ一定(1.116 μm)のキノフォーム形状であることを確認した。

図3に実験で得られた三刺激値を示す。どちらのレンズを使用した実験においても、ナイフエッジ付

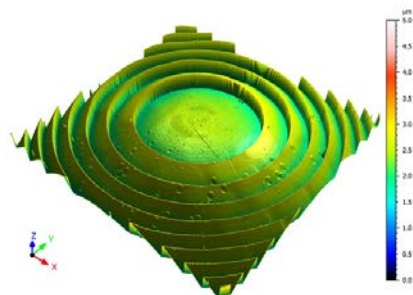


図1. ハイブリッドレンズ中央付近の表面性状測定データから、非球面成分を除去したもの

近で急激に三刺激値が変化しているが、ハイブリッドレンズの方がより急激に変化していることがわかる。つまり、ハイブリッドレンズの方が屈折レンズに比べてナイフエッジ境界のボケが小さいことを示している。一方、ナイフエッジの影による暗部領域において、三刺激値が屈折レンズに比べてハイブリッドレンズの方が一桁以上高くなっていることがわかった。この現象については設計回折次数以外の回折光による影響と考えられるが、その光分布や発生メカニズムなどの詳細については今後の検討課題である。

図4に実験で得られた色度値を示す。図からハイブリッドレンズの色度値の分布範囲が、屈折レンズよりも白色付近に集中していることがわかる。すなわちハイブリッドレンズは屈折レンズに比べて色味の変化が少なく、色収差がおさえられていることを示している。また、ハイブリッドレンズおよび屈折レンズともに、黄色から青色の間で色味が変化しており、どちらのレンズもナイフエッジ付近で青色成分の変化が大きいことがわかる。

(3-2) 波及効果と発展性など

ハイブリッドレンズを用いることにより、白色LEDを用いてナイフエッジを投影するような照明光学系において、通常の屈折レンズよりもエッジの色収差が軽減されることを確認した。ハイブリッドレンズはレンズ曲面に微細な回折格子形状を付加している構造のためアクロマティックレンズよりも薄く、軽量のレンズを設計することが出来る。特に曲率の大きな単レンズを使用する用途や、レンズ光学系の簡素化が必要とされる場合に役立つものと考えられる。一方、ハイブリッドレンズはナイフエッジ暗部において、回折効率の低下に起因すると思われる影響により、屈折型レンズより光強度が高くなることがわかった。回折効率の波長依存性については、回折格子を多層化するという先行技術が報告されており、今後はこの手法についての調査も考えたい。

回折現象を取り入れた光学素子は色収差補正のみならず多焦点やホログラムなどの効果も期待でき、これまでにない機能を持つ照明を作り出せる可能性を秘めている。回折光学素子をより容易に製造し照明用の光学素子として利用することが出来れば、光技術の発展がさらに加速するものと思われる。今回得られた色収差評価結果は今後我々が照明用レンズを設計・検討する際に役立つものと考えられる。

[4] 成果資料

志智 亘, 回折光学素子の光学部品に向けた検討, 平成28年度静岡県工業技術研究所研究発表会, 2017.

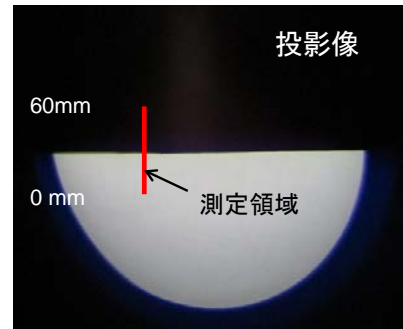


図2. ナイフエッジ投影像

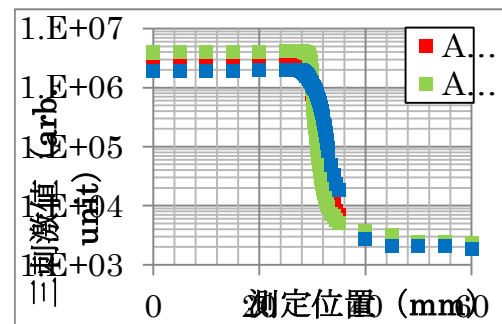
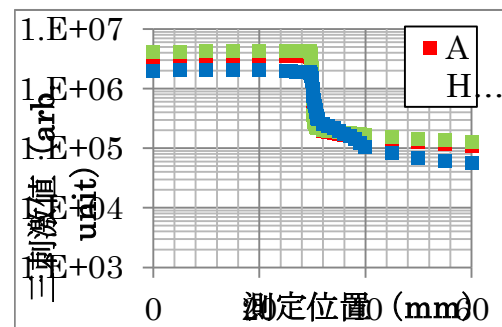


図3. ハイブリッドレンズ (上図) と屈折レンズ (下図) を用いた際のナイフエッジ投影像測定領域の三刺激値 (X, Y, Z)。

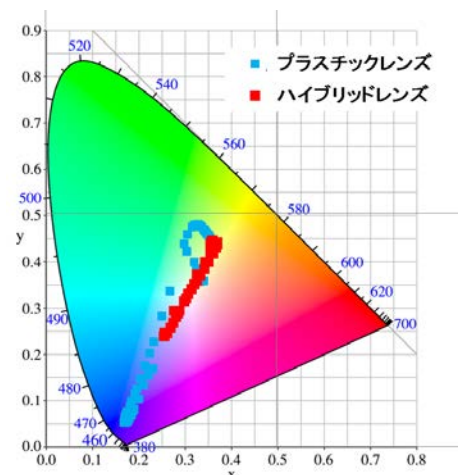


図4. ハイブリッドレンズおよび屈折レンズを用いた際のナイフエッジ投影像測定領域の色度値分布

出張報告

氏 名：志智亘

所 属：静岡県工業技術研究所

期 間：平成28年12月26日

用務先：静岡大学

用務内容：研究打ち合わせ

主たる対応者：静岡大学電子工学研究所 伊藤哲