

ラインパターン照明の明るさを均一にするマイクロプリズムアレイの開発

光科 志智 亘 中野雅晴
工業技術研究所 照明音響科 豊田敏裕 柳原 亘

Developing Micro-Prism Arrays to Improve Illuminance Uniformity of Line Pattern Lighting

SHICHI Wataru, NAKANO Masaharu, TOYOTA Toshihiro
and YANAGIHARA Wataru

Keywords : micro-prism arrays, LED lighting, line pattern projection, illuminance distribution, optical simulation

ラインパターン照明の明るさの均一性を向上させるマイクロプリズムアレイ (MPA) を開発した。MPA のプリズムの数と傾斜角度を最適化することで、これまでより明るさが均一な照度分布を実現できることを確認した。さらに、加工誤差を考慮した光学シミュレーションを行うことで実測に近い投影像を予測することが可能になった。

キーワード : マイクロプリズムアレイ、LED 照明、ラインパターン投影、照度分布、光学シミュレーション

1 はじめに

マイクロプリズムアレイ (以下、MPA) は、微小なプリズムをアレイ状に集積した光学素子であり、プリズムの傾斜面の角度や向きを個別に調整することで、透過した光の進行方向を制御することができる。これまでに工業技術研究所では、MPA を応用して路面にピクトグラムを投影する技術を開発してきた¹⁾。

本研究では、パイフォトニクス (株) の製品である長さ約 5 m のラインパターンを投影する装置における視認性を、MPA 技術を応用して向上させることを目指し、ラインの中央から端部まで明るさの変化が少ない投影技術を開発した。

2 方法

明るさ分布を均一にするために、光学設計ソフトウェア Ansys Zemax OpticStudio (ANSYS Inc. 製) で投影像の照度分布を解析し、MPA のプリズム数と各プリズムの傾斜角度を最適化した。また、製造の容易さも考慮し、MPA の形状は、隣り合うプリズムの間に段差がないように工夫した (図 1)。

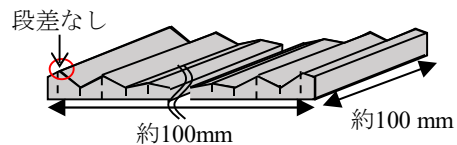


図 1 設計した MPA の模式図

設計した MPA は、アクリル樹脂を切削して作製し、パイフォトニクス (株) 製の光源と組み合わせ、作製した MPA と現行品の照度分布を評価した (図 2)。5 m 幅に投影されたラインパターンの照度分布を実測することは難しいため、投影装置の配光分布を計測し、照度分布に変換して評価した。

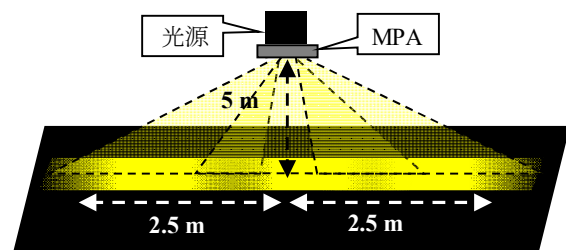


図 2 MPA を用いたラインパターン照明

3 結果および考察

プリズム数と傾斜角度を最適化することで、現行品の中央付近の光量を周辺に分配した均一性の高い MPA を設計した。設計した MPA は、傾斜角

が 0° から最大 53° 程度のプリズム約 200 個を配列した形状をしている。

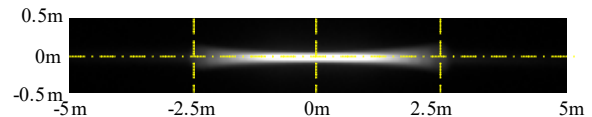
図 3 (ア) と (イ) はそれぞれ、測定で得られた現行品と作製した MPA の照度部分布である。図より、位置 -2.5 m から 2.5 m (合計 5 m) の領域内において、現行品は、中央が最も明るく、端に向かって徐々に照度が減少している。一方、作製した MPA は、照度の減少が押さえられていることが確認できる。図 4 に照度分布の長手方向における断面プロファイルを示す。縦軸の値は現行品の最大値で正規化されている。図より、作製した MPA (黒色実線) は、現行品 (灰色実線) に比べて均一な照度分布であることがわかる。一方、MPA の設計モデルから予測したものと比べて僅かに中央が明るく端部が暗い。この違いは、MPA の切削加工で生じた山谷部のエッジ形状に起因すると推定し、この形状を反映した MPA モデルを用いて光学シミュレーションで投影像を予測した。図 5 にシミュレーションで得られた照度分布の断面プロファイル (赤色実線) を示す。シミュレーション予測結果は、測定 (黒色実線) の傾向とよく一致した。この結果は、MPA の設計においてエッジ形状の影響が無視できないことを示唆している。

4 まとめ

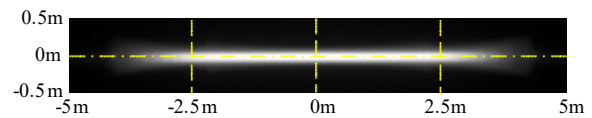
明るさが均一なラインパターンを投影する MPA を開発した。MPA を構成する各プリズムの傾斜角度とプリズム数を最適化した結果、現行品と比べてラインパターンの明るさを均一にすることができた。また、切削加工で生じた山谷部のエッジ形状が照度分布に影響を与えることを明らかにした。このように、実際の形状を反映した光学シミュレーションは、試作と検証の回数を減らすことができ、光学機器の開発の効率化が可能となる。

謝辞

本研究は、公益財団法人浜松地域イノベーション推進機構の第 20 期 A-SAP 産学官金イノベーション推進事業で実施されました。また、本研究で使用した光源を提供していただいたパイフォトニクス株式会社に深く御礼申し上げます。



(ア)



(イ)

図 3 測定で得られた照度分布

(ア) は現行品の結果。(イ) は作製した MPA の結果。

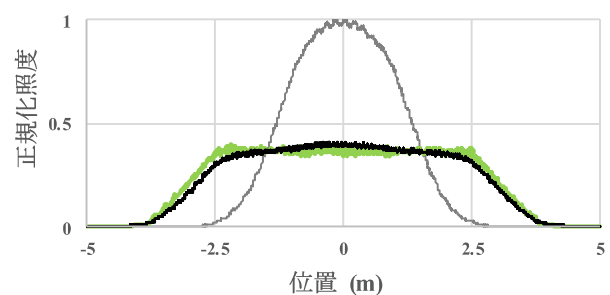


図 4 照度分布の断面プロファイル

灰色実線は現行品の結果。黒色実線は作製した MPA の結果。緑色実線は設計した MPA モデルの光学シミュレーションの結果。

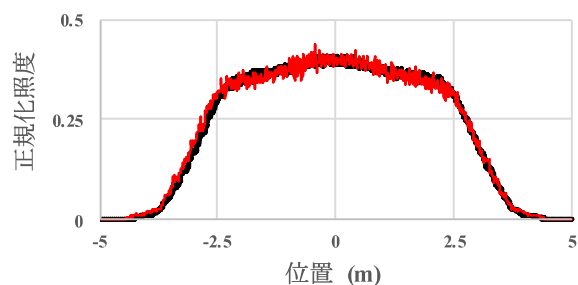


図 5 照度分布の断面プロファイル

黒色実線は作製した MPA の実測から得られた結果。赤色実線はエッジ R を考慮した MPA モデルの光学シミュレーション結果。

参考文献

- 1) 豊田敏裕 他: 熱ナノインプリントプロセスによるマイクロプリズムアレイの成形. 静岡県工業技術研究所研究報告書, 17 (2024)