

# 低コストで高機能な発光サイン用導光板の開発

(導光板用金型をレーザー加工で安価に作製することで低コスト・高機能な発光サインを実現する)

電子情報科 主任研究員 田中博樹

近年、導光板そのものを表示板として利用する用途が増えてきている。この用途では、発光パターンの異なる複数枚の導光板を点灯と消灯で切り替えて表示内容を変えることにより、指示する方向を変えられる方向指示板等として利用できる。このような発光サイン用導光板を広く普及させるには、導光板を低コストで量産できる製造技術が必要となる。本研究の目的は、発光サイン用導光板の成形金型をレーザー加工により安価に作製する技術を確立し、さらに、1枚の導光板で表示内容を切り替えることができる発光サインを実現することである。本研究では、導光板表面に形成するドットについて、光学シミュレーション解析により、光の入射方向で発光強度が大きく変化する形状を考案した。次に、考案したドット形状を導光板表面に形成できる金型を検討し、レーザー加工で加工条件を変えて複数種類の金型を作製した。また、作製した金型で導光板を成形し、成形した導光板の輝度測定を行い、光の入射方向により10倍以上の輝度比が得られる成形条件を見出した。さらに、実験で得られた結果をもとに、光の入射方向により指示方向を変えられる方向指示板を試作した。

## 1. 緒言

導光板は側面から入れた光を拡散させ、表面に光を出す板状の部材で、アクリル製の導光板は、液晶ディスプレイのバックライトや発光する看板のバックライトとして主に用いられている。また、最近では、導光板表面を均一に発光させるのではなく、文字、記号、またはロゴマークといった一定のパターンで発光するように加工し、導光板そのものを表示板として利用しているもの(以下、発光サインという)もある。

上記用途の中で、液晶ディスプレイのバックライト用導光板で特に求められるのは、高輝度であることと均一な面発光であることである。また、大量生産が前提であるため、多数のV字溝を持った金型で射出成型を行い、表面に多数のプリズム構造を持つ導光板を製造するのが一般的である。

一方で、看板のバックライト用導光板および発光サイン用導光板の製造では、アクリル板にレーザーで多数の細かな傷を付ける方法が主に用いられている。また、看板のバックライト用導光板の製造では、散乱体をインクジェット印刷する方法も用いられている。これは、看板のバックライト用導光板および発光サイン用導光板の生産量が液晶ディスプレイのバックライト用導光板ほどは大量でないため、同様の方法で金型を作製してはコストが合わないためである。

しかしながら、一品物ではなくある程度の数量の看板のバックライト用導光板または発光サイン用導光板

を製造する必要がある場合、上記のレーザー加工やインクジェット印刷では量産性が低いため、より量産性が高い製造方法の確立が求められている。

本研究では、発光サイン用導光板の金型をレーザー加工により安価に作製する技術を確立することを目的とした。これにより、従来手法と比較して発光サインの低コストでの量産が可能となる。

また、導光板を発光サインとして用いる場合に、発光パターンの異なる複数枚の導光板を点灯と消灯で切り替えて表示内容を変えることにより、指示する方向を変えられる方向指示板や対象物の状態(入と切や開と閉など)を知らせる表示板として利用できる。そこで、本研究では、図1に示すような光源の照射方向により発光パターンを切り替えることができる導光板の実現も目的とした。これが実現できれば、発光パターンの切り替えに必要な導光板の枚数を半減でき、材料減と製造時間の短縮によるさらなる低コスト化が可能となる。

## 2. 研究内容と結果

上記の目的を達成するために、本研究では以下の4つの研究項目を実施した。①光学設計とシミュレーション解析による発光パターンの切り替えに最適な導光板の表面形状の検討、および検証実験、②前記の導光板の表面形状を形成できる金型の検討、およびレーザー加工による金型の作製条件の探索、③金型を用いて

導光板に所望の表面形状を安定的に形成する加工条件の探索、④発光パターン切り替え型導光板の設計・試作、および機能評価。以下に実施した内容を記述する。

本研究で開発する導光板は一定のパターンで発光させる必要がある。これについては、表面に微小なドットを多数形成し、点描の要領でパターンを作成することにした。また、導光板の材質は透光性が高く安価なアクリルを用いることとした。

最初に、導光板表面に形成するドットの形状を検討した。1枚の導光板で発光パターンの切り替えを実現するには、アクリル導光板の側面に入射させる光の方向によって導光板表面の発光強度が大きく変化するようなドット形状が必要となる。したがって、ドットの形状は単純な半球状ではなく、複雑な構造を持つことになる。このドット形状を検討するために、光線追跡法<sup>[1],[2]</sup>によるシミュレーション解析を行った。この解析に用いたソフトウェアはZEMAX (ZEMAX Development Corporation 社製) である。

解析では、光の入射方向によって発光強度が大きく異なるようなドット形状を考案し、考案した形状の各部位の寸法を変化させたときの発光強度を計算した。次に、光の入射方向だけを90°変えて発光強度を計算し、入射方向変更前の発光強度との比を求めた。計算結果の一例を図2に示す。部位によっては図2 (a)

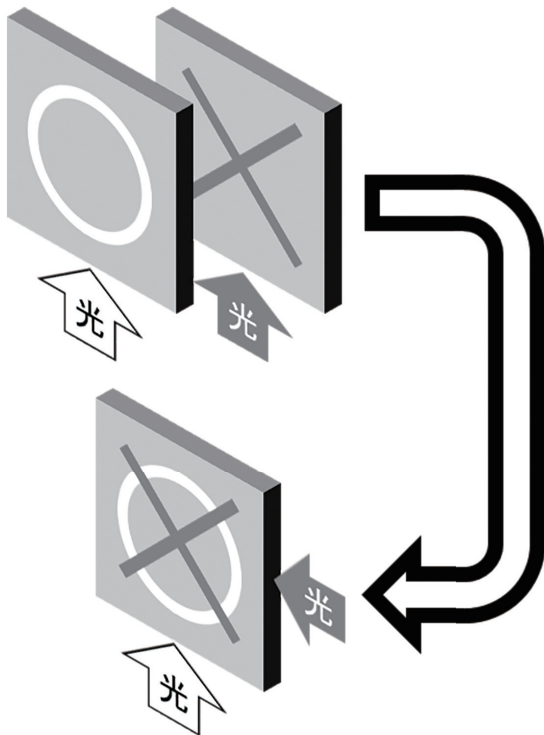


図1 光源の照射方向によるパターン切り替えのイメージ

のように寸法に比例して単調に増加した。しかし、あまり寸法を大きくすると微小ドットとはいえなくなり、自由に配置してパターンを形作ることができなくなる。そこで、最適条件を探索する際の寸法の上限は500  $\mu\text{m}$ とした。他の部位では、図2 (b) のように寸法に対して発光強度比が最大値を持つような結果も得られ、主要な部位について計算を行った結果から、発光強度比が最大となる条件を見出した。

次に、検証実験を行った。検証には、考案した形状で各部位の寸法が異なるマイクロオーダーの微細なドットを有する複数の導光板サンプルが必要となる。そこで、本検証実験で用いる導光板サンプルはフェムト

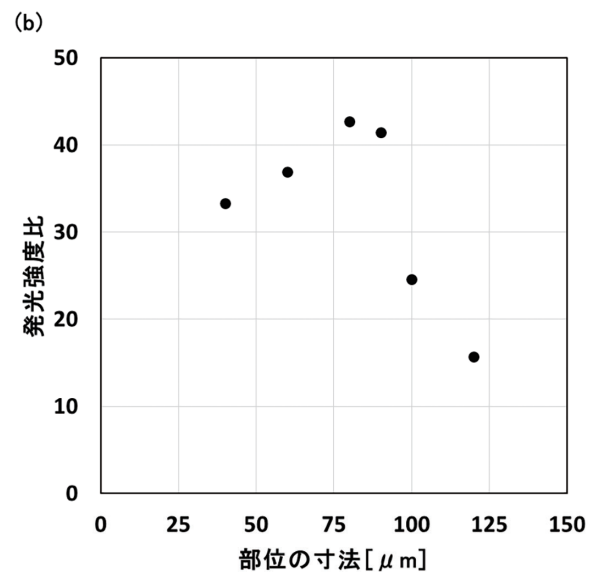
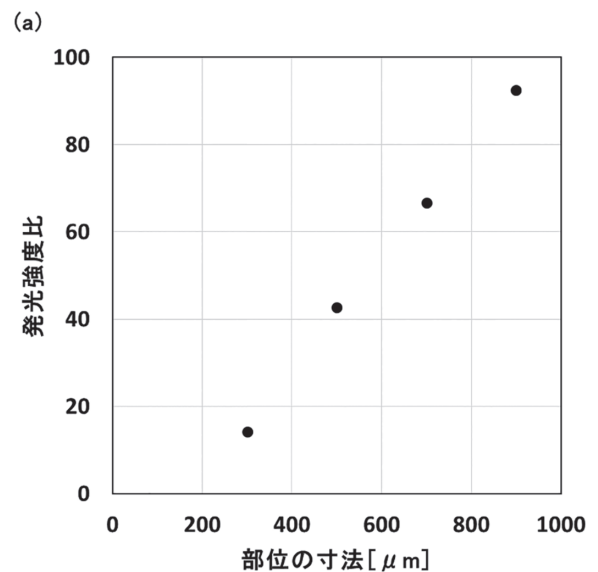


図2 微小ドット各部位の寸法を変えたときの発光強度比の計算結果の例

秒レーザーを用いた特殊加工により作製した。検証実験では、導光板サンプルの側面のある方向とそれと垂直な方向からLEDライトの光を入射させ、それぞれの入射方向での導光板表面の輝度を色彩輝度計（トプコンテクノハウス製 BM-7A）で測定した。その結果、入射方向による輝度比の変化がシミュレーション解析の発光強度比の変化と定性的に同様の結果となり、解析手法の妥当性を確認できた。

次に、考案したドット形状を導光板表面に形成できる金型についての検討を行い、レーザー加工で金型を作製した。金型の素材にはステンレス (SUS304) の表面を400番バフによって研磨仕上げしたものを用いた。加工用レーザー装置には、Ybファイバーレーザーマーカ（パナソニック製 LP-Z250）を用いた。この加工用レーザー装置には、パルス発振のレーザー光を出射するレーザー発振器、ガルバノモーターに取り付けられたX軸ミラーおよびY軸ミラー、ならびに集光用  $f\theta$  レンズが内蔵されている。X軸ミラーおよびY軸ミラーは、ガルバノモーターにより高精度に反射角を変えることができ、その反射角の組み合わせにより加工対象面の任意の場所に集光スポットを移動させることができる。この集光スポットの位置、移動軌跡および移動速度は装置制御用のコンピューターによって設定できる。また、レーザー光のパワー、パルス幅およびパルスの周期についても、同様に設定できる。これらの設定パラメーターを変えながら複数種類の金型を作製した。なお、ここで作製した金型のドットの配置については、文字や記号等のパターンになるようには配置せず、多数のドットを等間隔に配置した。これは、作製した金型を用いて形成した導光板について、輝度比の測定を行うために、単純で測定しやすい発光面とするためである。輝度比の測定の方法は、シミュレーション解析の検証実験と同様の方法であり、導光板の側面のある方向とそれと垂直な方向からLEDライトの光を入射させ、それぞれの入射方向での導光板表面の輝度を色彩輝度計（トプコンテクノハウス製 BM-7A）で測定し、入射方向による輝度比を求めた。

実験結果の一例を以下に記述する。実験では、金型を加工する際に、図3に示すように、集光スポットを一定の間隔で平行に移動させ、平行する複数本の加工痕を形成した。この加工痕の本数と加工痕間の距離を変化させて複数種類の金型をし、その金型を用いて成形した導光板で得られる輝度比を測定した結果をまと

めたものが表1である。この実験でパラメーターとした加工痕本数と加工痕間距離については、加工痕本数が多いほど加工形状が複雑になり、加工痕間距離が短いほど加工形状が緻密になっていく。加工形状が複雑で緻密であるほど、輝度そのものは高くなる傾向にあ

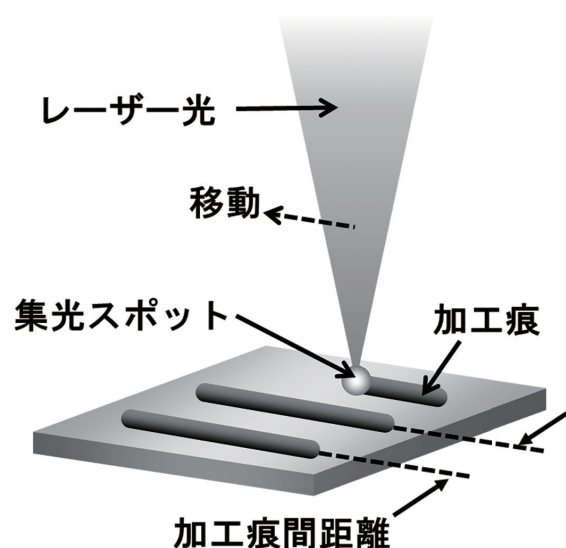


図3 レーザー加工痕と加工痕間距離のイメージ

表1 加工痕本数と加工痕間距離を変えたときの輝度比

No.	加工痕本数	加工痕間距離	輝度比
1	2	30 $\mu\text{m}$	6.72
2	2	40 $\mu\text{m}$	7.85
3	2	50 $\mu\text{m}$	4.68
4	3	30 $\mu\text{m}$	7.24
5	3	40 $\mu\text{m}$	9.77
6	3	50 $\mu\text{m}$	6.59
7	4	30 $\mu\text{m}$	5.74
8	4	40 $\mu\text{m}$	6.92
9	4	50 $\mu\text{m}$	4.82
10	5	60 $\mu\text{m}$	7.61
11	5	70 $\mu\text{m}$	10.1
12	5	80 $\mu\text{m}$	10.1
13	5	90 $\mu\text{m}$	8.52
14	6	60 $\mu\text{m}$	7.72
15	6	70 $\mu\text{m}$	9.82
16	6	80 $\mu\text{m}$	6.33

るが、光源の照射方向により発光パターンを切り替えることができる導光板を実現するためには、光源の照射方向を変えたときの輝度比が大きいこと、すなわち、導光板の側面のある方向から光を入射させると高い輝度が得られ、それと垂直な方向から光を入射させると僅かな輝度しか得られないことが重要である。加工形状が複雑で緻密になり過ぎると、高輝度にした照射方向での輝度の増加よりも、低輝度にした照射方向での輝度の増加の方が大きくなり、結果として輝度比が低くなる。実際、表1に示した測定結果の中で、加工痕本数が最多の6本の場合に、加工痕間距離が最小なのはNo.14の条件で、輝度比は7.72であるが、No.14の条件よりも加工痕間距離が10 μm大きいNo.15の条件の輝度比は9.82となっており、より大きい値が得られている。表1に示した測定結果全体では、No.5、No.11、No.12およびNo.15の条件において、10倍程度の輝度比が得られた。特に、No.11とNo.12の条件では加工痕間距離が10 μm変化しても10倍以上の輝度比が得られており、金型の寸法誤差に対して安定した輝度比をもつ導光板の作製が可能と考えられる。

最後に、実験で得られた結果をもとに、光源の照射方向により指示方向を変えることができる方向指示板を試作した。この試作で用いた金型(サイズ50 mm×50 mm×8 mm<sup>1</sup>、材質SUS304#400研磨)の写真を図4に示す。金型の表面には、指示方向が90°異なる矢印として認識されるように、点描の要領でドットを配置した。図4では、下向き矢印と右向き矢印があり、その一部が重なっている。この金型を用いて、導光板を形成した。成形した導光板の端面から光を入射させたときに、導光板表面がどのように発光するかについて、図5を用いて説明する。左端面から入射した光を強く拡散し、上端面から入射した光をあまり拡散しないドットを○の位置に配置する。同様に、上端面から入射した光を強く拡散し、左端面から入射した光をあまり拡散しないドットを●の位置に配置する。この導光板に、左端面から光を入射させると、○の位置のドットは強く光って見えるのに対して、●の位置のドットはあまり光って見えないため、観察者には右方向を指し示す矢印が認識される。同様に、上端面から光を入射させると、●の位置のドットは強く光って見えるのに対して、○の位置のドットはあまり光って見えないため、観察者には下方向を指し示す矢印が認識される。図5に示したようなドットパターンで

試作した方向指示板の実際の発光の様子を図6に示す。図6(a)は、方向指示板の左端面から右方向に向けてLEDライトを照射した場合の方向指示板表面の写真である。図5の○に相当するドットは強く光り、●に相当するドットの発光は非常に弱いいため、はっきりと右向き矢印が認識される。一方、同じ方向指示板に上端面から下方向に向けてLEDライトを照射させると、図6(b)に示すように、図5の●に相当するドットは強く光り、○に相当するドットの発光は非常に弱いいため、はっきりと下向き矢印が認識される。

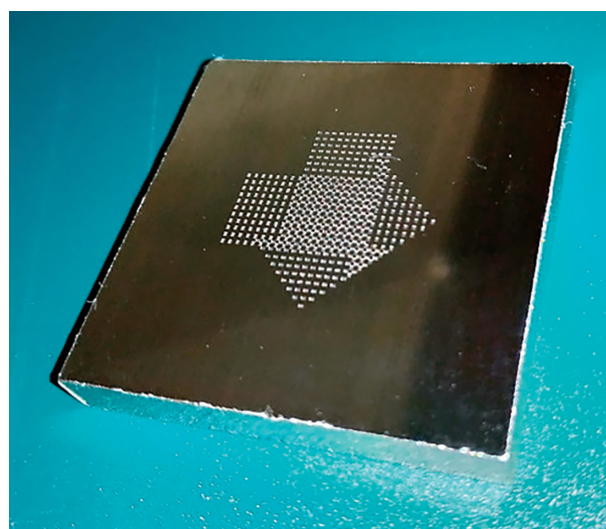


図4 方向指示板試作用金型の写真

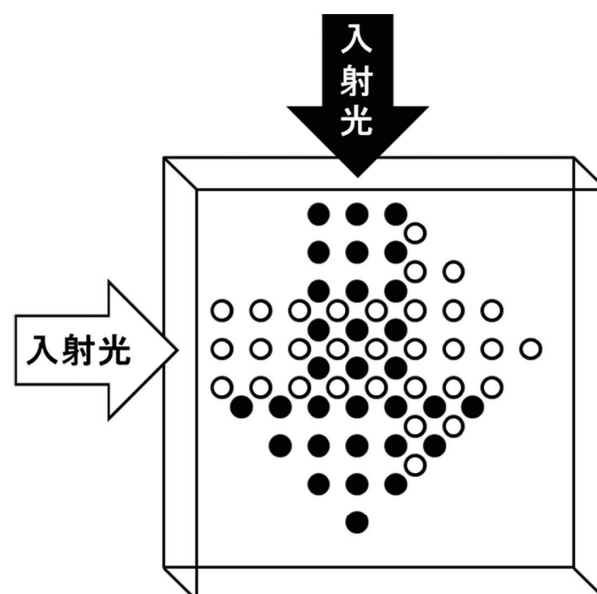


図5 方向指示板のドットパターンのイメージ

このように、端面から入射させる光の点灯および消灯を制御することで、必要に応じて指示する方向を変えることができる方向指示板を1枚の導光板で実現した。

### 3. 結 言

本研究では、発光サイン用導光板の成形金型をレーザー加工により安価に作製する技術を確立し、さらに、1枚の導光板で表示内容を切り替えることができる発光サインを実現すること目的とした。

そこで、本開発では導光板表面に形成するドットについて、光学シミュレーション解析により光の入射方向で発光強度が大きく変化する形状を考案した。次に、

考案したドット形状を導光板表面に形成できる金型を検討し、レーザー加工で加工条件を変えて複数種類の金型を作製した。試作した金型で導光板を成形し、成形した導光板の輝度測定を行い、光の入射方向により10倍以上の輝度比が得られる金型の作製条件を見出した。上記実験で得られた結果をもとに、光の入射方向により指示方向を変えることができる方向指示板を実現した。

### 参考文献

- [1] 草川徹：レンズ光学、東海大学出版会、1988.
- [2] 牛山善太、草川徹：シミュレーション光学、東海大学出版会、2003.

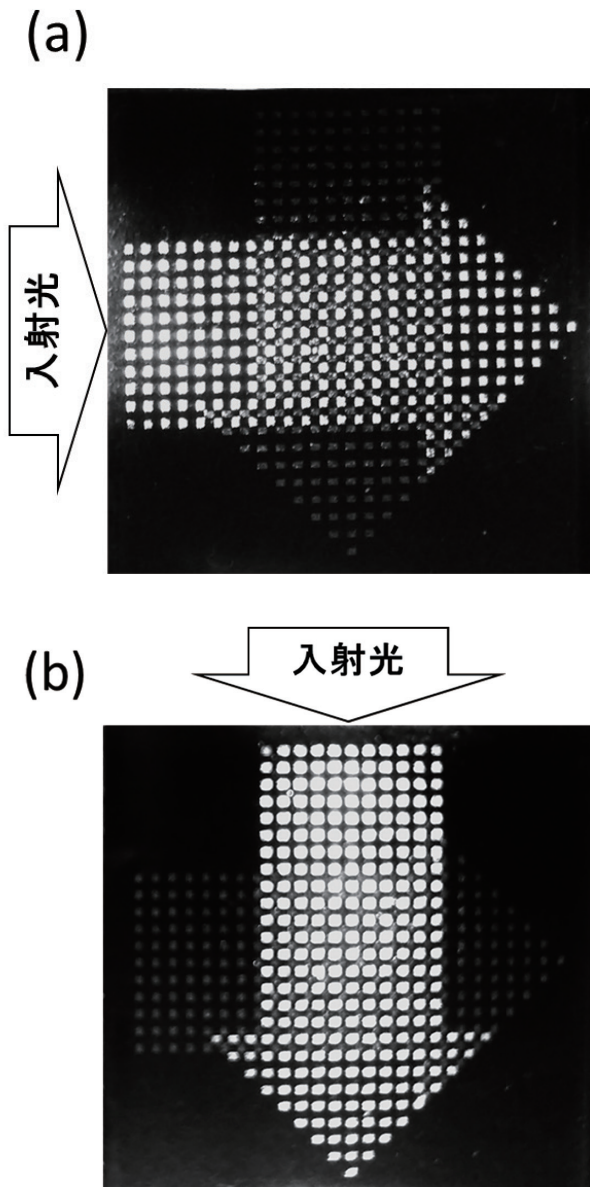


図6 試作した方向指示板の発光の様子