

最近の技術から

ファイバプレートを用いた読出し光供給素子

武内 喜則・川合 英雄

松下技研(株)新素材研究所 〒214 川崎市多摩区東三田 3-10-1

1. ま え が き

空間光変調器 (SLM) は、光情報処理システムを構築する基本的デバイスの一つである。SLM から2次元並列データを取り出すには、読出し面への読出し光の供給が欠かせない。読出し光の供給は、ビームスプリッタとレンズを組み合わせた光学系でなされるのが普通である。しかし、実用的システムを考えると、このような光学系は機械的安定性の保持が難しいばかりでなく、小型集積化に容易に対応できるとは言い難い。

筆者らは、積層集積化に適した形で読出し光を供給する新たな平板型デバイス、読出し光供給素子 (RLS: reading light supplier) を考案した¹⁾。RLS はファイバプレートとリディレクタと名付けられた部分で構成されている。ファイバプレートには通常の伝送モードの他に、拡散モードと呼べるものがあり、これらをうまく使い分ければ、SLM への読出し光供給と、SLM から読み出した2次元情報の伝送を、一つのファイバプレートで実行できる。ガラス薄板表面に微小斜面を形成したりディレクタを用いて、2種の伝搬モードの切り換えが可能な構成としたのが、筆者らの提案する RLS である。

2. ファイバプレート中の光の伝搬

光ファイバを集積して板状にしたファイバプレートは、2次元イメージの伝送に用いられる素子である。筆者らは、通常のイメージ伝送モードの他に、拡散モードと呼べる伝搬モードが存在することを見いだした。これまで、このモードは不要な迷光として無視されてきた。

ファイバプレート中の拡散モードの伝搬の様子を図1(a)に示す。ファイバプレートへの入射光が、イメージ伝送モードで伝搬するか拡散モードで伝搬するのかは、ファイバプレートの開口数に関係している。すなわち、開口数で決まる臨界面角以下の入射角の時だけ、イメージ伝送モードが許される。これに対し、臨界面角よりも大きな入射角を持つ光を入射すると、入射点を頂点とし頂角

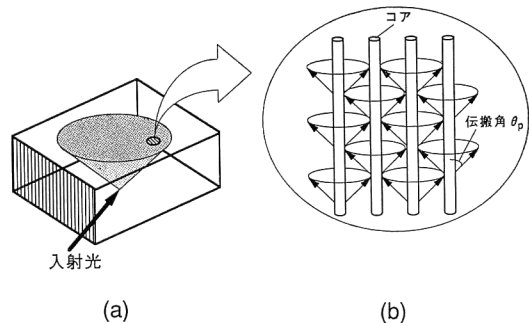


図1 ファイバプレート中の拡散のモードによる光の伝搬
(a) 拡散モードのファイバプレート中での拡散, (b) コア-クラッド界面での光の反射。

が入射光の屈折角の2倍となる円錐領域中に、光が拡散していく。これが、拡散モードである。図1(b)に模式的に示すように、ファイバのコア-クラッド界面が円筒鏡の集合体として、光を反射することにより光が拡散される。ファイバプレートが厚くなり伝搬距離が長くなれば、多重反射の効果で、円錐領域内の光の一様性が増大し、ブロードな近視野像(出射面での光強度分布)が得られる。

コア-クラッド界面では、光は常に軸対称な方向に反射されるので、光が空間的に拡散していくにもかかわらず、軸対称な伝搬ベクトルは保存される。このため、広い範囲の方向に光が射出されることはなく、入射角と軸対称な方向にだけほぼ様な出射光が観測され、遠視野像(出射光の出射方向分布)はリング形状となる。このことは、拡散モードの注目すべき性質であり、拡散モードを、単なる迷光ではなく、モードと呼ぶ根拠でもある。

3. RLS の構造と動作原理

RLS の構造には、透過型と反射型の二つの配置があるが、両者とも通常モードに加えて拡散モードを利用していることに変わりはない。図2には、反射型 RLS の構造を示した。外部光源から、臨界面角以上の入射角を持

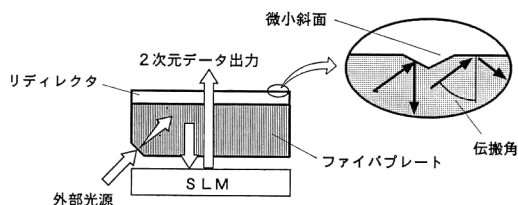


図2 RLS (反射型) の構造

つ光をファイバプレートに入射させ、ファイバプレート表面での全反射条件を満たす伝搬角で伝搬させると、拡散モードの光はファイバプレート外へ出射することができず、ファイバプレート内に閉じ込められる。このため、ビーム状に入射した光がファイバプレート内に拡散していくことになる。この時、ファイバプレートの上下面が平行であれば、上下面での光の入射角と反射角が等しいので、伝搬ベクトルは保存される。

ファイバプレートの表面には、拡散モードの光を読出し光へと変換する機能を担うリディレクタが接着されている。リディレクタは、厚さ $150\ \mu\text{m}$ 以下のガラス平板表面に、深さ $1\sim 2\ \mu\text{m}$ の V 溝、リッジ、クレータ等の微小傾斜面を形成したものである。ファイバプレート内に閉じこめられた光は、反射型 RLS の場合、微小斜面で反射され、その伝搬方向がファイバプレートの光軸方向に近づく。このため、光は通常モードとしてファイバプレート中を伝搬するようになり、反対面まで伝搬して SLM に向け出射する。SLM から 2 次元並列データを読み出した光は、ファイバプレートを通常モードで伝搬し、SLM のリディレクタ接着面から出射する。この時、通常モードの伝搬光は臨界角以下で出射されるので、リディレクタはこれに対してほとんど影響を与えない。

4. RLS の特性

試作した RLS の大きさおよび代表的特性を、表 1 にまとめた。試作した RLS を用いて、SLM 上の画像を読み出す基礎実験にも成功している。外部光源には He-Ne レーザーを用い、RLS 側面からレーザービームを直接入射させている。また、外部光源から光ファイバを介

表 1 RLS の大きさと特性

光供給有効面積	30 mm × 30 mm
素子厚さ	5~10 mm
ファイバプレートのファイバピッチ	25 μm
ファイバプレートの N. A.	0.57
使用波長	632.8 nm
光供給のパワ効率	約 5%
コントラスト	9

して、光を RLS へ供給することも可能である。RLS へ入射した光と、読出し光として取り出せる光のパワ比、すなわち光供給効率は約 5% である。RLS の厚さやリディレクタの微小斜面密度等を適切に選ぶことによって、光供給効率を大きくすることができるが、効率だけに注目すると、読出し光の一様性を損なう場合もある。実際、読出し光を供給できる有効面積 30 mm × 30 mm の内で、RLS から出射する読出し光の強度変化は、 $\pm 40\%$ 程度と大きい。しかし、外部光源からの光供給を数箇所から行うことによって、読出し光強度の変化を数%に抑えることは可能である。

RLS の特性は、現状では満足できるものとは言えないが、構造の最適設計と作製プロセスの改善を進めることによって、特性向上が期待できる。

5. む す び

筆者らは、光書込み型 SLM と平板型光学素子で構成される積層型光コンピューティングシステムの開発を目標としている。これを実現していくためには、各種の平板型光学素子を開発していかなければならないが、RLS はそのひとつに位置付けられる。さらに、RLS は SLM を用いるシステムにとって、なくてはならないデバイスになるものと期待している。

文 献

- 1) Y. Takeuchi, H. Kawai and M. Nakajima: "Reading light supply to spatial light modulator," 1992 ICO Topical Meeting on Optical Computing (OC '92), Proc. SPIE, 1806 (1992) 121-128.

(1993年11月30日受理)