

最近の技術から

液晶空間光変調器を用いたホログラム型光スイッチ

山崎 裕史*・行松 健一*・福島 誠治**

* NTT ネットワークサービスシステム研究所 〒180 武蔵野市緑町 3-9-11

** NTT 光エレクトロニクス研究所 〒243-01 厚木市森の里若宮 3-1

1. はじめに

マルチメディア通信網実現のため、広帯域で大容量なネットワークを構築する計画が進められている。そこでは伝送システムのみならず交換機においても電気スイッチよりも広帯域な光スイッチを用いることが有効と考えられる¹⁾。その際、多くの端末を接続する加入者系では数千端子以上の大規模なスイッチが必要となるが、ホログラム型光スイッチは2次元に高密度に並べた入出力端子間を導波路を用いずに接続できるという特徴を持っており、加入者系ネットワークへの光スイッチの適用を考えるのに有力な技術と考えられる。ここでは筆者らのホログラム型光スイッチの研究について述べたい。

2. スwitchの構成

光スイッチの中のホログラム記録媒体として強誘電性液晶空間光変調器 (FLC-SLM) を用いている。FLC-SLM は電圧を印加しているときは書込み光の強度分布をバイナリーホログラムとして記録し、電圧を印加しないときは記録したパターンをそのまま保持する²⁾。光スイッチでは書込み光として2方向からレーザー光を照射し、生じる干渉縞を記録する。信号光の出力位置はこの干渉縞のパターンによって決まる。

図1にホログラム型光スイッチの概念図を示す。FLC-SLMの電極を分割し、この各ピクセルに制御光源と入力をつずつ割り当てる。スイッチングを行う入力に対応した制御光源からレーザー光を出射し、グレーティングで分割した後、液晶シャッターアレイによって2本のビームを選択する。FLC-SLMの対応したピクセルは、この2本のビームによって生じる干渉縞を記録する。信号光は入力端子を出た後、偏光ビームスプリッタ (PBS) で反射されて対応するピクセルに入射する。信号光は記録されている干渉縞のパターンに応じた方向へ反射され、PBSとレンズL3を通過し、所望の出力端子に至る。信号光の出力位置の選択は液晶シャッターアレイによって選択する制御光の組合せを変えることで行う。このよ

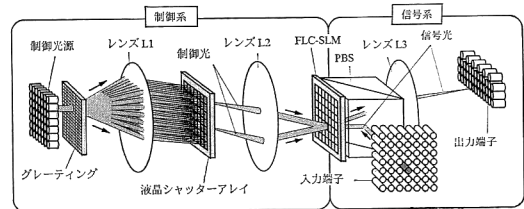


図1 ホログラム型光スイッチの概念図

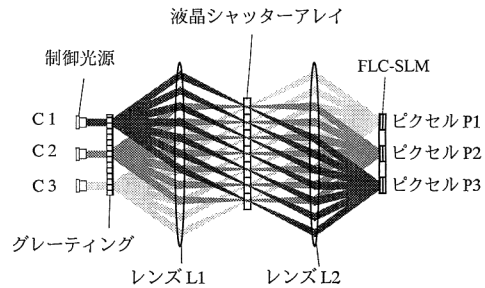


図2 制御系の光学系

うに各入力を順次スイッチングする。

図2に制御系の光学系を示す。グレーティング、液晶シャッターアレイ、FLC-SLMをそれぞれレンズL1、L2の焦点面に置くことで、制御光源C1、C2、C3の光は図中に示す光路を通して、それぞれピクセルP3、P2、P1に入射する。このように制御光源とピクセルは1対1に対応する。ここで、グレーティングは分割された各ビームの強度が等しくなるように設計されたものを用いている³⁾。この制御系では液晶シャッターアレイをすべての制御光源で共用するので構成を簡素化できるが、複数の入力を同時にスイッチングできない。しかし、ネットワークの利用者から接続の要求がされたときのみにはスイッチングを行うのであれば、各入力を順次スイッチングする制御法でも液晶の応答速度(数十ms)で対応できる。また、この光スイッチでは1次回折光を出力光として用いるが、FLC-SLMと出力面はレンズL3の焦点面にあるため、すべての回折光は入力位置にかかわらずFLC-SLMで反射された角度により出力位置が決まる。したがって、複数の回線が接続されているときでも不要

な高次の回折光を出力端子より分離することが容易となる。

3. 出力数の規模拡張

この光スイッチの出力数は選択された2本の制御光による干渉縞のパターン数によって決まるので、グレーティングによる制御光の分割数を増やすことでスイッチの出力数を増やすことができる。しかし、FLC-SLMの書き込み光はある程度の強度が必要なので、制御光の分割数を増やすと制御光源のパワーも大きくしなければならぬ。そこで、出力数の規模拡張性を実証するために $1 \times 1,104$ スイッチングの実験を行った。図3は信号光が1,104箇所スイッチングの様子を多重露光により撮影したものである⁴⁾。1次回折光を出力光として用い、0次光、マイナス次、高次の回折光はマスクにより遮光した。図4に図3における各回折光の出力位置の関係を示す。提案の光スイッチでは出力端子の並ぶ出力面において2次回折光の位置は0次光の位置から見て1次回折光の位置と同方向で2倍離れたところになる。したがって0次光の位置をOとすると1次回折光の位置がA1, B1の場合、2次回折光の位置はそれぞれA2, B2になる。A2, B2のような高次の回折光の現れる場所は出力位置として使用しないので、図3の上方で出力位置がとびとびになっている。グレーティングによる制御光の分割数は 33×33 本 (=1,089本)であり、制御光源、信号

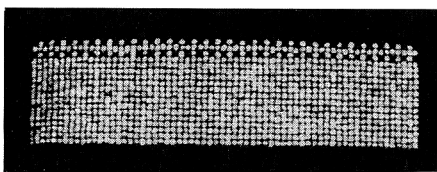


図3 $1 \times 1,104$ スwitchングの実験結果

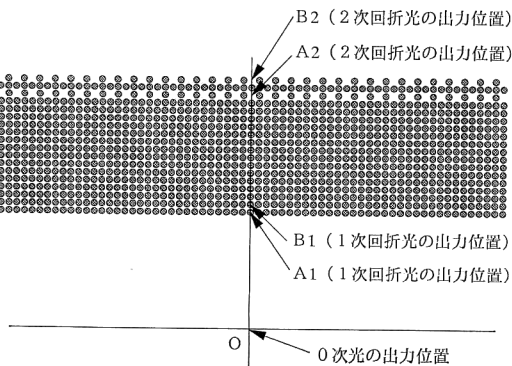


図4 図3における各回折光の出力位置の関係

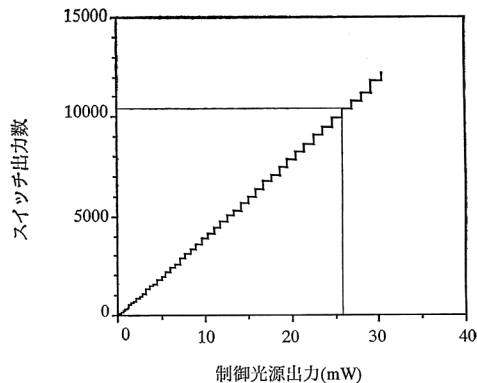


図5 制御光源出力とスイッチ出力数の関係

光源ともに波長670nmのレーザーダイオードを用いた。実験時の制御光源の出力は6.3mWであった。波長670nmで実験を行ったのはFLC-SLMが波長633nmにあわせて作られているためである。この実験ではFLC-SLM上でのビーム径は制御光が2.04mm、信号光が1.24mmであったが、もう少しビーム径が小さい場合を想定して実際の実験系に基づいて行った制御光源のパワーに対する出力数の試算結果を図5に示す⁵⁾。26mWの制御光源を用いることで出力数10,384のスイッチが構成できることがわかった。

4. おわりに

レーザーダイオードの出力は年々増大しており、提案の光スイッチにより近い将来、出力数10,000程度の光スイッチが実現可能になると考えられる。また、この光スイッチの入力数は入力端子、制御光源、FLC-SLMのピクセルを2次元に並べることで増やすことができる。今後、入力数の規模拡張の実証を行う予定である。

文 献

- 1) 石川 宏, 行松健一: 光スイッチング技術入門 (電子通信協会, 東京, 1993) pp. 227-232.
- 2) S. Fukushima, T. Kurokawa and M. Ohno: "Real-time hologram construction and reconstruction using a high-resolution spatial light modulator," *Appl. Phys. Lett.*, **58** (1991) 787-789.
- 3) H. Dammann and K. Gortler: "High-efficiency in-line multiple imaging by means of multiple phase holograms," *Opt. Commun.*, **3** (1971) 312-315.
- 4) 山崎裕史, 松永 亨, 福島誠治: "1x1104 光制御型ホログラム光スイッチの実験", 電子情報通信学会技術研究報告, SSE 94-213 (1995).
- 5) 山崎裕史, 福島誠治: "光制御型ホログラム光スイッチの制御光源出力と出力端子数の関係", 電子情報通信学会秋季大会講演論文集, C-251 (1994).

(1995年2月3日受理)