

# 最近の技術から

## ホログラム素子用記録材料の最近の進展

久保田 敏弘

京都工芸繊維大学工学部電子情報工学科 〒606 京都市左京区松ヶ崎御所街道町

### 1. はじめに

ホログラフィが実用になるかどうか、またどのように利用できるかは記録材料に負うところが大きい。記録材料は、1回の処理により恒久的にホログラムが作製される固定記録型と、記録・消去の繰返しが可能な型とに分類できる。固定記録型は入手しやすく取り扱いも簡単のため、現在最もよく使われている。銀塩乳剤、重クロム酸ゼラチン、フォトポリマー、フォトレジストなどがこの型に属する。記録・消去が可能な材料としてはサーモプラスチック、フォトリラクティブ結晶などがあり、実時間記録が可能である。また液晶空間光変調器も注目される材料である。ここではホログラフィック光学素子用として、主に固定記録型の記録材料について最近の動向を述べる。

### 2. 固定記録型

#### 2.1 銀塩乳剤

ホログラフィ用記録材料中最も高感度であり、解像力も相当高いものが開発されている。一般のホログラム記録に広く使われており、光学素子作製のための予備実験的にも使われる。赤感用と緑・青感用に別れている。よく使用される乾板は、赤感用がアグファホロテスト 8E 75 HD, イルフォード SP 673, 緑・青感用が 8E 56 HD, SP 695 T である。解像力は 5000 本/mm 程度、感度は数十  $\mu\text{J}/\text{cm}^2$  である。最近イルフォード社は製造を中止したため、同社の新たな乾板の入手はできなくなった。

#### 2.2 重クロム酸ゼラチン

100% 近い回折効率と同時に低ノイズのホログラムが得られるため、ホログラフィック光学素子用として欠かせない材料である。80% の回折効率を得るために必要な露光量は 488nm で 15~30  $\text{mJ}/\text{cm}^2$ , 514.5 nm ではその 5 倍程度である。

重クロム酸ゼラチンの固有感光波長域は 560 nm より短波長であるが、メチレンブルー (MB) などの色素で増

感すれば、感光波長域は 720 nm 程度まで伸びる。最近はこの材料の赤色光に対する感度と透過率の向上の研究が進んでいる。記録の際ゼラチン内の湿度を適当に制御することにより感度が上がる<sup>1)</sup>。ゼラチン内の湿度は通常 25% 程度の湿度である。このとき 70% の回折効率を得るための露光量は 800  $\text{mJ}/\text{cm}^2$  必要であるのに対し、45% に加湿した場合 250  $\text{mJ}/\text{cm}^2$  となる。

この材料の赤色光に対する透過率は 5~20% と低い。MB はモノマーとダイマーの二つの状態でゼラチン内に存在しているが、モノマーの状態にある MB が増感に寄与する。したがってダイマー状態の MB 量を減らすことができれば透過率を上げることができる。MB 濃度、湿度、回折効率の関係を調べた結果、647.1 nm の赤色光の透過率を 80% まで上げることができた<sup>2)</sup>。これによって、デニシューク型の 1 光束露光法で図 1 に示すように赤、緑、青ともに 80% 以上の回折効率が得られている。

#### 2.3 フォトレジスト

表面の凹凸の形で干渉縞が記録されるため、ホログラムを大量複製する際のマスターホログラム用として欠かせない材料である。従来から使われているポジ型のマイクロポジット 1400 は低感度であり、441.6 nm の光でも露光量は 100  $\text{mJ}/\text{cm}^2$  程度必要である。

高感度のフォトレジストに関する最近の研究として、

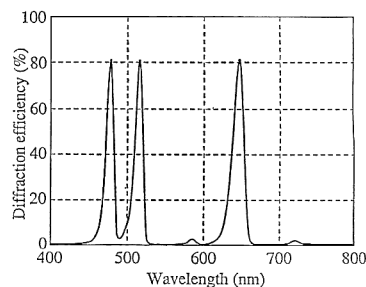


図 1 MB で増感された重クロム酸ゼラチンに記録された反射型カラーホログラムの波長選択性の一例

ヘキサメトキシメチルメラミンを架橋剤として色素を加えた材料についての報告があり、He-Ne レーザーで  $1 \text{ mJ/cm}^2$  の露光量で30%の回折効率が得られている<sup>3)</sup>。

#### 2.4 フォトポリマー

この材料にホログラムを記録した場合の特長は、高回折効率が得られ低ノイズであること、乾式処理が可能であることなどである。基本的な組成はモノマー、重合開始剤、増感剤であるが、これだけでは液体状であるため、バインダーポリマーを加えて固相化するか露光前に照射または加熱してある程度ポリマー化して使用する。

最近では湿式の処理を必要としない乾式のフォトポリマーが各種開発されている。オムニデックスの商品名が付けられているフォトポリマーは  $10\sim 400 \text{ mJ/cm}^2$  の露光量で透過型、反射型ホログラムともに100%近い回折効率が得られる<sup>4)</sup>。この材料は赤の光にも感度をもたせることができる。乾式処理の材料は露光時間とともに実時間で干渉縞が形成されてゆく。

屈折率の異なる2種類のモノマーを用いた高感度のフォトポリマーも報告されている。反射型ホログラムを記録した場合、Ar イオンレーザーで露光量  $5 \text{ mJ/cm}^2$  で90%以上の回折効率が得られる<sup>5)</sup>。赤色光に対しても、 $10 \text{ mJ/cm}^2$  の露光量で100%近い回折効率が得られる材料が開発されている<sup>6)</sup>。この材料は緑にも感度をもっており、図2に示すように、これに青感層のフォトポリマーを積層することによってパシクロマチックな材料とすることができる<sup>7)</sup>。

マトリックスポリマーを用いない液相型の材料も高い回折効率が得られる<sup>8)</sup>。

### 3. 記録・消去型

光コンピューティング用の素子などへの応用を目指して  $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{GaP}$ ,  $\text{Ce:SBN}$  ( $\text{SrBaNb}_2\text{O}_6$ ) などのフォトリフラクティブ結晶によるホログラフィック記録の研究が活発になっている<sup>9)</sup>。また液晶空間光変調器の計算機ホログラムへの利用も実用段階になってきた<sup>10)</sup>。出力の

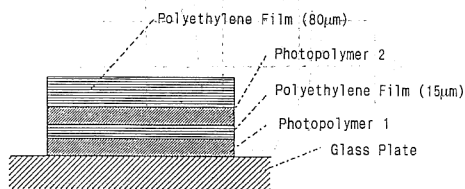


図2 カラーホログラム用の積層フォトポリマー: フォトポリマー1は赤・緑に、2は緑・青に感光

結果を実時間でフィードバックできる特長ももつ<sup>11)</sup>。画素のサイズ  $10 \mu\text{m}$  角、画素数  $1296 \times 480$  のものが試作されており、さらに  $1\sim 1.5 \mu\text{m}$  角のサイズが設計段階になっている。

### 4. おわりに

ホログラフィック光学素子用として、主に固定記録型の記録材料について最近の動向を述べた。回折効率に関してはほぼ100%近い値が得られる優れた材料が開発されており、乾式処理が可能なフォトポリマーは今後有望である。ノイズ特性に関しては、重クロム酸ゼラチンについては文献 Proc. SPIE, **1212** (1990) 40 に、フォトポリマーに関しては同 **523** (1985) 306 に報告されている。液晶空間光変調器は素子の細密化が進んでおり、実時間ホログラム用素子として特長ある利用が可能である。

### 文 献

- 1) T. Mizuno, T. Goto, M. Goto, K. Matsui and T. Kubota: "Methylene blue sensitized dichromated gelatin holograms: influence of the moisture on their exposure and diffraction efficiency," Appl. Opt., **29** (1990) 4757-4760.
- 2) S. Namba, K. Kurokawa, T. Fujita, T. Mizuno and T. Kubota: "Improvement of the transmittance of methylene blue sensitized dichromated gelatin," Proc. SPIE, **1667** (1992) 233-238.
- 3) 小関健一, 久保慎二, 山岡亜夫, 小原光晴, 伊藤幸良, 清水幾夫: "ホログラム記録用化学増幅ネガ型フォトレジスト", 第53回応用物理学学会学術講演会講演予稿集, No. 3 (1992) p. 817.
- 4) A. M. Weber, W. K. Smothers, T. J. Troul and D. J. Mickish: "Hologram recording in Du Pont's new photopolymer materials," Proc. SPIE, **1212** (1990) 30-39.
- 5) 生井秀一, 山岡亜夫: "リアルタイムホログラム記録用フォトポリマー (I)", 第39回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, No. 3 (1992) p. 850.
- 6) 川畑政巳, 佐藤昌彦, 住吉岩夫: "ホログラム記録用フォトポリマー", 文献5)に同じ.
- 7) 佐藤昌彦, 川畑政巳, 住吉岩夫, 久保田敏弘: "ホログラム記録用フォトポリマー (II)", 第53回応用物理学学会学術講演会講演予稿集, No. 3 (1992) p. 816.
- 8) 谷川英夫, 市橋太一, 永田 章: "多成分モノマー材料によるホログラム記録", 光学, **20** (1991) 227-231.
- 9) 例えば, 志村 努, S. A. プースロイド, J. クロストフスキー: "100 ps パルス光による Gap へのホログラフィック回折格子の記録", 第53回応用物理学学会学術講演会講演予稿集, No. 3 (1992) p. 806.
- 10) J. Amako and T. Sonehara: "Kinoform using an electrically controlled birefringent liquid-crystal spatial light modulator," Appl. Opt., **30** (1991) 4622-4628.
- 11) 高橋 毅, 石井行弘: "液晶 SLM を用いる位相格子の反復アレー発生", 第39回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, No. 3 (1992) p. 843.

(1992年11月11日受理)