

最近の技術から

液晶ライトバルブ

西田 信夫

日本電気(株)光エレクトロニクス研究所 〒213 川崎市宮前区宮崎 4-1-1

ライトバルブ(光弁)は、入射した光に空間的(2次元)な変調を与える画像を実時間(瞬間あるいはそれに近い時間)で形成する光学素子で、主に大画面ディスプレイ用、画像処理用として研究・開発されている。その画像形成媒体には、油膜、電気光学結晶、液晶などが用いられており、媒体に応じてライトバルブの特性や画像書き込み手段が異なる^{1,2)}。

油膜に電子ビームで画像を書き込むタイプのライトバルブ(油膜ライトバルブ)は1950年代に開発され、これを用いたディスプレイ装置(アイトホール)は今も使われている。電気光学結晶を用いたライトバルブには、電子ビームで画像を書き込むタイプ(TITUSなど)と光で画像を書き込むタイプ(PHOTOTITUS, PROMなど)があり、前者はディスプレイ用、後者は画像処理など光情報処理用として使われている。液晶を用いたライトバルブ(液晶ライトバルブ)も1968年頃から研究され、画像を電子ビーム走査で書き込むタイプ、2次元画像の投影で書き込むタイプ、レーザー光走査で書き込むタイプなどが報告されている。

これらのライトバルブはすでに実用化されているが、ライトバルブの需要が高くなるにつれて、油膜ライトバルブの真空が必要、保守が容易でないという欠点、また電気光学ライトバルブの高電圧が必要、大きな結晶を得るのが容易でないという欠点がなく、性能向上の余地が大きい液晶ライトバルブが注目されるようになった。以下液晶ライトバルブの構成、種類、特徴などについて述べる。

液晶ライトバルブは大まかにいうと、液晶層と、書き込みエネルギーを液晶層に伝達する層(エネルギー伝達層)とで構成されている。液晶材はネマチック液晶やスメクチック液晶で、そのハイブリッド電界効果や光散乱現象が利用される。エネルギー伝達層は光伝導体や光吸収膜で、これらは画像書き込み手段に応じて選択される。

最初に現われた液晶ライトバルブは、電子ビームにより画像を書き込むもので、1968年に提案された²⁾。続い

て、1970年に光伝導体を介して2次元画像を液晶層に書き込むもの(光書き込み型液晶ライトバルブ)、1972年にレーザービームで光吸収膜を走査して熱的に画像を書き込むもの(レーザー熱書き込み型液晶ライトバルブ)が発表された²⁾。これらはすべて投写型大画面ディスプレイを志向したものである。

最近では、レーザー熱書き込み型液晶ライトバルブはテレコンファレンス、航空管制などで必要とされる高解像度ディスプレイ装置用³⁾として、光書き込み型液晶ライトバルブは光双安定⁴⁾、インコヒーレント-コヒーレント変換(I-C変換)^{5,6)}、光論理演算⁷⁾など光情報処理用として期待されている。また最初からテレビ画像を光学的に処理することを目的として、CCD(電荷結合素子)と液晶を組み合わせたライトバルブ(CCD液晶ライトバルブ)²⁾も研究されている。

レーザー熱書き込み型液晶ライトバルブの構成を図1に示す²⁾。光吸収膜は書き込みレーザー光に応じて選択される(Arレーザー光の場合はCdTe膜)。光反射膜、透明電極、液晶配向膜はそれぞれAl膜、インジウム錫オキサイド(ITO)膜、SiO膜で、液晶は昇温後の急冷により光散乱性を示すスメクチック液晶である。

細く絞られたレーザー光が照射されると、光吸収膜がレーザー光を吸収して発熱し、液晶の温度が上昇する。液晶の温度は、レーザー光が取り除かれると急激に下がり、液晶は散乱状態になる。すなわち散乱画素として書き込まれる。このようにして書き込まれた散乱画像はシュリーレン光学系により濃淡画像に変換される。画像の消去は、透明電極間に電圧をかけて、液晶分子の配列を整えることによって行なう。

このライトバルブの特徴は分解能が高いことで、100 TV line/mmの分解能が得られる。すなわち1インチのライトバルブで2,500×2,500画素の解像度が可能である。10cm×10cmのライトバルブと32個の半導体レーザーアレイを用いて8,000×8,000画素の画像の表示に成功したという報告⁸⁾もある。ただし、書き込み速度は遅

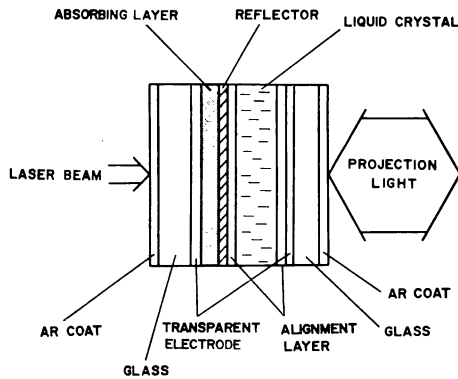


図 1 レーザー熱書込み型液晶ライトバルブの構造 (断面図)

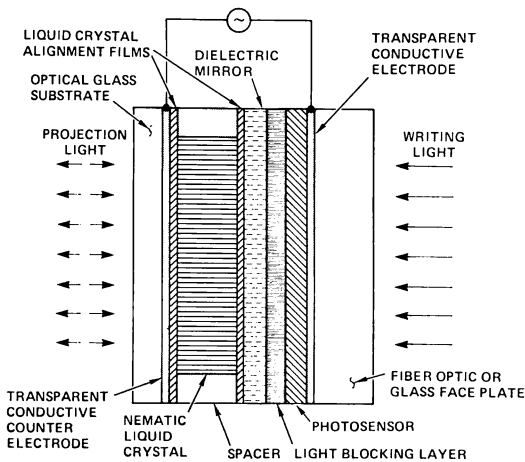


図 2 光書込み型液晶ライトバルブの構造 (断面図)

く、2,500×2,500 画素の書込みに5秒程度かかる。したがって静止画の高解像度表示に適している。

図2は光書込み型液晶ライトバルブの構造を示したものである²⁾。光伝導体は CdS と CdTe のヘテロ接合で、CdTe は遮光層としても働いている。液晶はネマチック液晶で、ハイブリッド電界効果モードで動作する。

光伝導体上に画像が投影されると、光が当たった所は光伝導体のインピーダンスが低下するため、画像に相当する電圧パターンが液晶に加わり、ハイブリッド電界効果を働かせる。この状態の液晶層に偏光した光を入射させると、偏光方向は電圧パターンに応じて回転されるので、偏光板を通すと、濃淡画像が得られる。

このライトバルブもそれ自身の分解能は 50 TV line/mm 以上と高い。しかし、ディスプレイに用いる場合には、CRT 画像を光伝導体上に投影する必要があり、CRT の解像度によっても制限されるので、表示画像の解像度は 1,000×1,000 画素程度である。ただし、表示

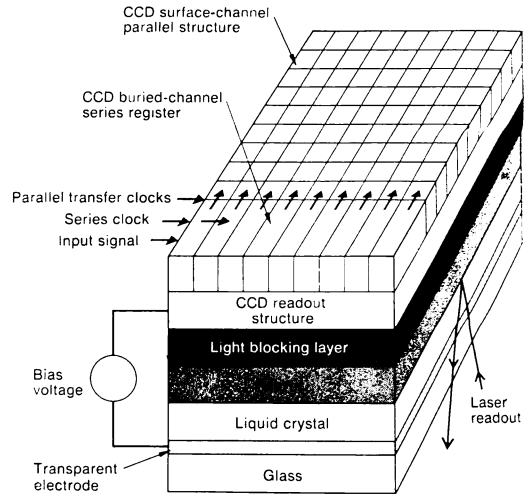


図 3 CCD 液晶ライトバルブの構造

速度は 30 枚/秒と早い。

このライトバルブにインコヒーレント光で画像を書き込み、レーザー光で読み出せば、ライトバルブは I-C 変換素子として動作したことになる。また前述したように、光双安定素子、光論理演算素子としても用いることができる^{6,9)}。

図3は CCD 液晶ライトバルブの構造である²⁾。テレビ画像信号が CCD に入力され、1本の新しいラインのデータが入ると、これと以前のライン全部は CCD 構造の中に完全な画像フレームができるまで下方にシフトされる。次にその電荷が液晶層に結合され、液晶全体にわたって電界分布が作られる。画素数は 1982 年現在まだ 64×64 であるが、1,000×1,000 画素は可能と考えられている⁹⁾。

上記の液晶ライトバルブのほかに、光伝導体を介してレーザー光走査で書き込むタイプのもも考えられる。現在のところ、1画素の書込み時間が 10 ns 程度、保持時間が 30 ms 程度という条件を満たす光伝導体と液晶の組合せを得るのが困難なために実現されていないが、実現されれば、高解像度と早い表示速度が同時に得られ、応用範囲も格段に広がると考えられるので、今後積極的に研究されることを期待したい。

文 献

- 1) A. G. Dewey : Projection light-valve technologies for high-information-content displays. J. Appl. Photogr. Eng., 6 (1980) 115.
- 2) 西田信夫 : 液晶の応用—大画面ディスプレイ—. 光学技術コンタクト, 20, 1 (1982) 30.
- 3) 西田信夫 : 液晶を用いた投写型高解像度大画面表示装置. 映像情報, 15, 10 (1983) 33.

- 4) U. K. Sengupta, *et al.* : Bistable optical spatial device using direct optical feedback. *Opt. Lett.*, **3** (1978) 199.
- 5) A. D. Gara : Real-time tracking of moving objects by optical correlation. *Appl. Opt.*, **18** (1979) 172.
- 6) J. Upatnieks : Portable real-time coherent optical correlator. *Appl. Opt.*, **22** (1983) 2798.
- 7) M. T. Fatehi, *et al.* : Optical logic gates using liquid crystal light valve : Implementation and application example. *Appl. Opt.*, **20** (1981) 2250.
- 8) A. G. Dewey, *et al.* : A 64-million pel liquid-crystal projection display. *Digest 1983 SID Int. Symp.* (1983) p. 36.
- 9) M. J. Little, *et al.* : CCD-addressed liquid crystal light valve. *Digest 1982 SID Int. Symp.* (1982) p. 250.

(1983年12月2日受理)