



BSO単結晶を用いた高速画像メモリ素子

藤田 茂* 末元好郎* 峯本 工*

人間の五感の中で視覚が最もよく発達しており、感覚器官に比し格段に多くの情報を処理でき、日常生活や生産活動において欠くことができない重要性をもっている。肉眼では物体を認識することができるが、像を記録したり、適当に処理することができないので、必要に応じて種々の記録あるいは処理するシステムが用いられている。この際必要な画像メモリ素子は在来の銀塩などによるものでは現像処理に時間を要し、又記録を消去して再使用することができない。近年これらの欠点のない画像メモリ素子の研究開発が盛んに行われているが、 $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ (以下 BSO と略記) 単結晶を用いるものもその一つである。これは短時間で画像を書き込むことができ、現像処理が不要で、直ちにこれを読み出すことができ、さらに記録された像を簡単に消去して再使用することができるもので、例えばアナログ的な画像処理装置の素子として用いれば、処理の高速化に有効と考えられる。

BSO による画像メモリ素子は光電導効果と電気光学効果の両者を BSO 結晶が示すことを利用して像の書き込みと読み出しを行なうものである。両効果を示す結晶には BSO のほかに ZnS や ZnSe などがあるが、後二者では読み出しに必要な電圧が BSO の約3倍であり、さらに読み出しに用いる光 (赤色の He-Ne レーザー光、633nm) に対する書き込み用光 (青色の Ar イオンレーザー光 488nm、または水銀灯の光) の光電導度の比が ZnSe では ZnS や BSO の約 $\frac{1}{10}$ であることから、BSO が用いられている。われわれは住友

電気工業株式会社の好意により同結晶を入手することができ、これによる画像メモリ素子の研究を行ってきた。

構造と動作原理

BSO の単結晶をできるだけ薄く研磨した板を絶縁体薄膜を介して2個の透明電極で挟んだ構造 (図1) が基本であるが、BSO 薄板は小さな角度の楔型のを2枚組合わせて用いる。1枚が感光記録用で他は補償用である。これはコヒーレントなレーザー光を用いる場合に平行平板間で生ずる干渉縞の悪影響を除去するためである。

図2a に示すように電極間に電圧を印加し、結晶上に光学像を入射させると、照度に比例し

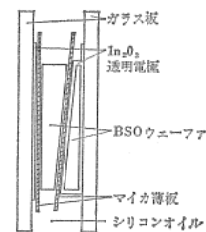


図1. 楔形 BSO ウェーフア2枚とマイカ薄板を用いた画像メモリ素子

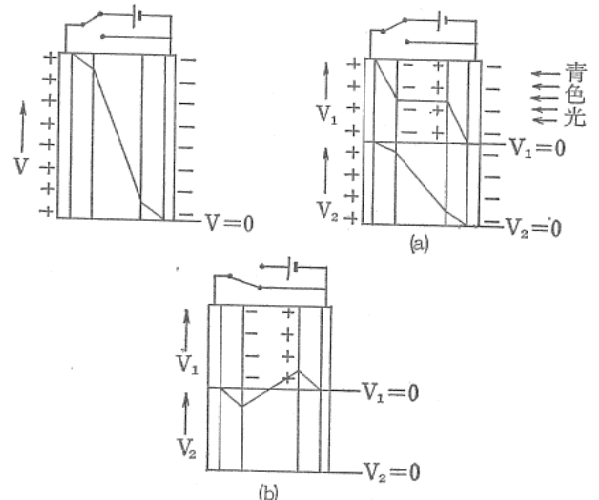


図2. BSO 画像メモリ素子の動作原理

*藤田 茂 (Shigeru FUJITA), 大阪大学工学部 応用物理学科, 教授, 理博, 光計測; 末元好郎 (Yoshiro SUEMOTO), 同学科, 講師, 工博, 光計測; 峯本工 (Takumi MINEMOTO), 神戸大学工学部計測工学科, 講師, 光計測

た光電流が流れるが、絶縁膜のため電荷は電極に到達することができず、結晶の両端面上に正負の電荷が蓄積され、これによる電場が外部電圧による電場を部分的に打消す。電荷分布は入射光学像の照度分布と一致し、明るい部分ほど電荷が多い。入射光が除去されると光電流はなくなり、BSOの暗抵抗が大きい ($8 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$) ので電荷は長時間保持されたままである。次にこの電荷分布を像として外部に読み出すためにポッケルス効果を利用する。図2bに示すように外部電圧を除き両電極を短絡すると、結晶端面の残留電荷による電場だけとなる。

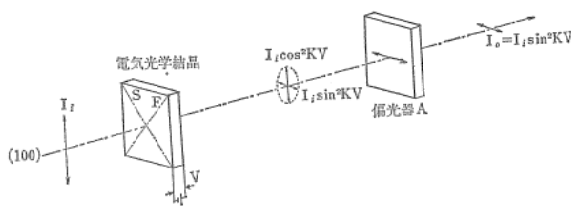


図3. 立方晶のポッケルス効果

ポッケルス効果により (図3参照), 例えば (100) 軸に垂直な面で切り出された結晶に (100) 軸方向に電場を加えると複屈折を生じ、一つの軸方向 (F) に振動する直線偏光が、それに垂直なS方向の直線偏光よりも高速で伝播する。この結晶にS F両方向の二等分線方向に振動する直線偏光 (強度 I_i) が入射すると、これがS F両方向に振動する二成分に分解されて結晶中を進むが、速度差があるため結晶を出る際位相の異なる状態で合成される結果楕円偏光となる。さらに入射直線偏光に垂直な偏光だけを通過させる偏光器Aを通過すると、強度が次式で与えられる。

$$I_0 = I_i \sin^2 KV \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 $K = \pi/2V_0$

V : 結晶の両端面の電圧

V_0 : 半波長電圧

従って直交する偏光器の間に上述の BSO 素子を置くと、電荷分布すなわち入射光学像に対応し透過度分布となるので、光電効果をできるだけ生じない波長の赤色光を照射することにより記憶された像を読み出すことができる。露光 (書き込み) 後電極間電圧を 0 とすれば、明る

い像を書き込んだ部分が明るく読み出されるので、この場合をポジブモードと呼ぶが、電圧をそのままにして (図2 a) 読み出すと、明暗が反転した像が得られる (ネガティブモード)。さらに、この中間の電圧では、中間状態の明るさの部分で内部の電場が 0 となり、最も暗く読み出され、これより明るい部分がポジティブモードで、暗い部分がネガティブモードで読み出される。これは通常の感光記憶素子では不可能なことである。

われわれが現在用いている素子では、絶縁体としてマイカを、透過電極として In_2O_3 を用い、また電極間の放電を防ぐためシリコンオイルに浸して用いる。

応用例

上記の素子を透過型で読み出した場合、上記 (1) 式によく一致する特性が得られた。半波長電圧は 3.9kV であった。以下書き込みに Ar イオンレーザー光 (488nm) または高圧水銀灯の光をそのまま用い、読み出しに He-Ne の赤色レーザー光 (633nm) を用いて行った応用例について紹介する。

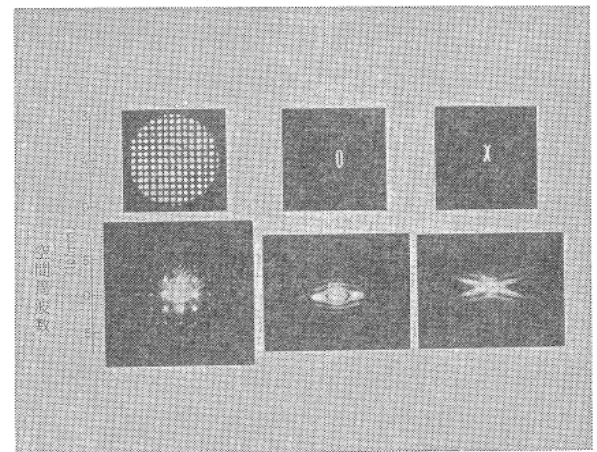


図4. 上: メッシュ, 文字OおよびXの再生像, 下: 上図の像のブラウンホーファ回折図形

図4は物体としてメッシュ, 文字OおよびXを高圧水銀灯の光で素子に書き込み, これを赤色レーザー光により読み出したものであるが, 上は通常の像で, 下は読み出し光による記憶像のブラウンホーファ回折図形を示すものである。ブラウンホーファ回折図形は二次元のフー

リエ変換の絶対値の2乗に対応するものである。高圧水銀灯はインコヒーレント光であるから、この例はインコヒーレントな光からコヒーレントな光に変換した例と考えることができ

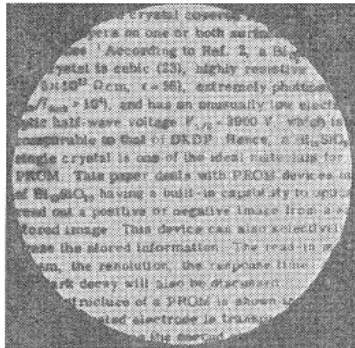


図5. 印刷文字の再生像

る。

図5に印刷された文字を書き込み、記憶された像を読み出して原文字を再生した例を示す。原文字の中で大文字の高さは2.3mmである。現在解像度は20本/mmよりやや高い程度であるが、素子の製法や光学系の改善により向上できる可能性がある。

以上簡単にBSO単結晶を用いた高速画像メモリ素子について紹介したが、単に画像メモリとして用いる場合のほか、上例のようにインコヒーレント光からコヒーレント光への変換用に用いるので、種々の画像処理光学系の素子として用いることにより有用な応用面が開拓できるのではないかと考えられる。

塩素法酸化チタン **タイパーク**®

硫酸法 **タイパーク**と同様安定した最高の品質が特長です。

| | |
|--------------|--------------|
| 耐候性を必要とする用途に | CR-80 |
| 一般工業用には | CR-50 |
| 印刷インキ用には | CR-58, CR-67 |
| プラスチック着色用には | CR-60 |

△ 石原産業株式会社

本 社 大阪市西区江戸堀1丁目3番11号 〒550 電話 (06) 444-1451(代)
 東京本社 東京都千代田区富士見2丁目10番30号 〒102 電話 (03) 230-8617~8622
 名古屋支店 名古屋市中区錦1丁目17番13号 〒460 電話 (052) 231-8191(代)
 福岡営業所 福岡市中央区天神1丁目12番14号 〒810 電話 (092) 751-0431(代)
 四日市工場 三重県四日市市石原町1番地 〒510 電話 (0593) 45-2151(代)