

透明セラミックを用いた 新しい画像蓄積・表示材料

A New Transparent Ceramic Image Storage and Display Material

熊田明生* Akio Kumada

A new material for image storage and display devices is introduced along with its physical properties and device applications. This transparently hot-pressed lanthanum modified lead zirconate-titanate ceramic material, recently developed by Hitachi, is applicable to high contrast ratio image display due to the electrooptic light scattering mode of the electric field-induced ferroelectric state in the antiferroelectric and non-light scattering ceramic material.

A ceramic material with a composition of PLZT-7.6/70/30 was selected as most suitable for device application after numerous experiments on transparency ($\div 70\%$), practically operable temperature range, $\Delta T (>15^\circ\text{C})$ and contrast ratio ($>20:1$). An experimental device for projection display consisting of a four-layer structure of a PLZT-7.6/70/30 ceramic plate, a photo-conductive polyvinyle carbazole film, and $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$ sputtered films was constructed and operated to display a stored image in a scattering mode by the method of selective stopping for non-scattered light. The device was successful in giving a display of a card matching game as a demonstration of its selective erasing and image rewriting capabilities. The projection and reflection type display devices trially manufactured using this new material proved its high suitability for use in image storage and display devices.

1 緒 言

セラミックスは陶磁器で代表されるように、全く不透明なものと考えられていた。しかし、大方のセラミックスの原料で単結晶を作ると透明になる。つまり、セラミックスを構成している無数の微結晶そのものは透明である。ではなぜ多結晶であるセラミックスは不透明なのであろうか。これは主にセラミック中に存在する微細な気孔のためと考えられる。結晶の屈折率 n は一般に、空気の $n = 1$ よりかなり大きいので、微結晶と気孔との光学的マッチングが悪く、表面反射が生じ、無数の界面での多重反射を繰り返すうちに光損失として吸収され、不透明になるものと思われる。

このような界面反射は、屈折率のミスマッチングによるのであるから、屈折率の値が方向によって異なる光学異方性微結晶の集合体では、気孔を除去しただけでは解決できない。屈折率に異方性のない等方体か、異方性があったとしてもわずかであり、等方体とみなせる物質を適当な方法で焼結し、気孔を拡散除去すると透明なセラミックスが得られる。

ところで最近、透明なセラミックスを用いてディスプレイ素子、メモリ素子を開発する研究に力が注がれている。ここでは、このような研究の一端を紹介しようと思う。これまでも、ディスプレイ素子、メモリ素子は多種多様のものが開発されているが、更に便利で、安価なものが期待されている。その期待を具体的な仕様として示したのが表1である。

以下、同表を念頭に置いて、これから紹介する透明セラミ

ックPLZTが、フレームメモリ付デジタルアナログディスプレイと言う理想的な画像蓄積素子の材料であることを順を追って述べる。

2 透明な強誘電セラミックPLZT

透明セラミックスの代表例にはアルミナ (Al_2O_3)、イットリア (Y_2O_3) 及びイットリア-トリウム ($\text{Y}_2\text{O}_3\text{-ThO}_2$) などがある。これらは強度、耐熱性などにおいてガラスよりも優れているので、高圧放電灯管球など高温で透明な容器としても用いられている。

表1 画像蓄積・表示素子への要望 将来の画像蓄積・表示素子への要望の中から主なものを定量的に表示した。

Table 1 Future Needs for Image Storage and Display Devices

コントラスト比	絵素	表示速度	消費電力	寿命*	コスト**
$>25:1$	$>10^6$ ビット	>10 フレーム/秒	$<10 \mu$ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	$>10^5$ 回	<1 円/ビット

注：* テレビなら10年、時計で10年以上、一般の表示素子又は写真記録などの用途では一生がいに相当する。

** 容量による。例えば10ビットでは10円以下、 10^3 ビットでは1円以下、 10^6 ビットでは0.1円以下であることが望ましい。

* 日立製作所中央研究所 工学博士

従来の透明セラミックスは、外部から電圧、応力及び磁場などを印加しても、特別に変化を示さない安定な材料である。それゆえ、機能素子材料の観点からは利用価値がない。一方、強誘電体は一般に電気絶縁性が優れているから、透明な結晶が多く、セラミックスに焼結しても透明になりそうであり、実用的な電気光学機能素子ができるものと考えられる。この考えは、ガスの電子着火石で知られるPZTがセラミック圧電体であり、単結晶圧電体より利用の自由度が大きくて低コストのため、実用価値が高いことから納得できる。

すべての強誘電体単結晶は、物が二重に見える複屈折結晶であり、電圧を印加すると屈折率が変化する電気光学効果を示す。なかでも横方向の電圧で分極が横を向き、結晶軸の方向が変化する強弾性を示す強誘電体では複屈折が電圧に対し履歴曲線を描くので、電気光学メモリ素子に利用できる。一方、この屈折率の異方性のため強誘電セラミックスは本質的に不

透明なのである。

この原則論をかみ砕くと、透明な強誘電セラミックスを作るには複屈折が小さく、印加電圧で結晶軸の向きがほぼそろったような構造の強弾性材料（例えば、ペロブスカイト形菱面体晶系）を用いるのが良いと言える。この条件を満たす強誘電性透明セラミックスがPLZTである。

3 PLZTの合成方法

PLZTとは、 $Pb(Zr \cdot Ti)O_3$ 系固溶体にLaを添加したセラミックス $Pb_{(1-x)}La_x(Zr_{(1-y)}Ti_y)_{1-x}O_3$ の略称である。原料粉を成形し、約1,200°Cで2,000psiの圧力を印加するホットプレス法で焼結すると、透明なセラミックスが得られる。その透光性は酸素ふんい気中でホットプレスすると改善できる。これは窒素ガスの拡散速度が酸素に比べて著しく遅いため、焼結体中に気泡として残存するからであり、酸素ガスで置換したふんい気中でホットプレスすると、図1に示したように、気泡のない透明なセラミックスが得られる。以上述べたPLZTの合成プロセスの詳細は、表2に示すとおりである。

4 PLZTを用いた複屈折モードの画像蓄積・表示素子

ホットプレス法で、透明なPLZTを合成できることはSandia研究所(アメリカ)のHaertling(元、同研究所員)ら⁽¹⁾⁽²⁾が偶然の機会に発見し(1968年)、開発した技術である。Laの添加量を数パーセント以上に増量すると透明度が良くなることに注目したMeitzler(元、ベル社研究所員)ら⁽³⁾⁽⁴⁾は分極方向による複屈折の変化を利用した複屈折モードの画像蓄積・表示素子を開発し(1969年)、フェルピック(Ferpic)と名付けた。

フェルピックは強誘電(FE)セラミックPLZTと光導電膜(PC)とを組み合わせ、透明電極膜でサンドイッチした4層構造の、いわゆるFE/PC素子である。フェルピックに画像を蓄積するには、所望の画像をPC膜上に結像し、電圧を印加するとPCの抵抗が画像に応じて変調され、PLZT上に電荷分布ができるのを利用する。すなわち、面内にそろえられていたPLZTの分極がこの電荷で厚さ方向を向くので、画像の濃淡に応じた複屈折の分布ができ、画像を蓄積するのである。

ここで、厚さが70μmのPLZTを用いると、画像書込み前の分極が面内にそろっている状態では半波長板として作用し、画像を明るく書込み分極が完全に厚さ方向を向いた場合は複屈折がほとんどゼロになる。振動面が互いに平行になるように配置した2枚の偏光板間にこの試料を挿入すると、半波長板の所は暗く、複屈折がゼロの個所は明るく見え、原画に対応した画像をスクリーン上に再生できる。

画像を消去するには、厚さ方向の分極と逆極性の電圧を印加すれば良い⁽⁴⁾。これは素子を湾曲しておき、常に張力を作用させることによる強弾性を利用した優れたアイディアであるが、フェルピックは、(1)機構が不安定である。(2)複屈折モードではコントラストの視角依存性が大きい。(3)複屈折の干渉像が現われ画質が低下する。(4)強誘電性に基づく散乱光のため、再生画像のコントラスト比が低くなるなどの理由で実用化が断念された素子である。

5 透明で不透明になる新しい画像蓄積・表示材料

強誘電性のPLZTは透明であると言っても、本質的な屈折率のミスマッチングのため、くもりガラスのようにかなりの光散乱を示す。一方、組成を変えて立方晶系すなわち、等方体のPLZTを作ると、真に透明なセラミックになる。けれど

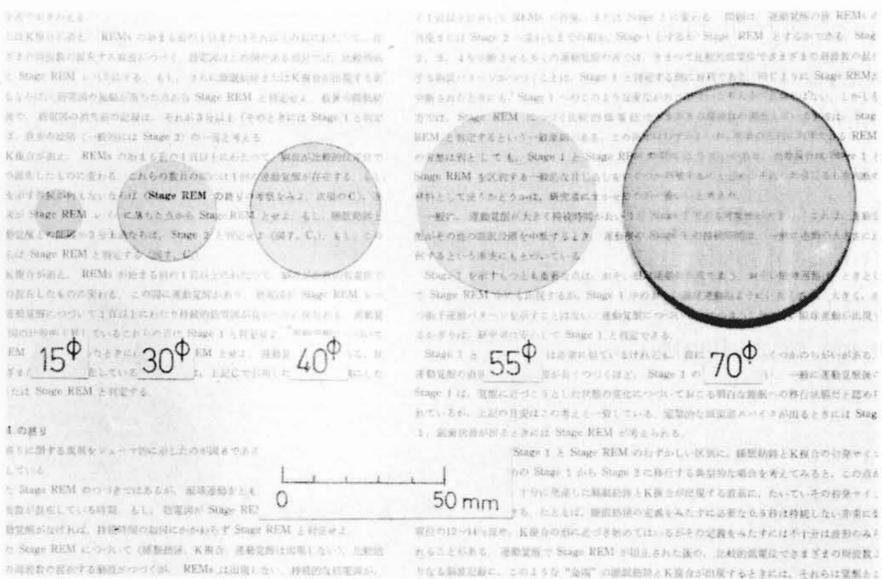


図1 合成できた透明セラミックPLZT 直径15mmφから70mmφまで種々のサイズを種々の厚さに研磨した。0.2mm厚の55mmφの試料は、10mm厚70mmφの試料より、文字が鮮明に見える。

Fig. 1 Photographs of Transparently Polished PLZT Ceramics

表2 PLZT合成プロセス 透明なPLZTは原料粉を1,200°C、2,000psiでホットプレスして合成するが、そのプロセスを詳細に表示した。

Table 2 Flow Sheet for Hot-pressing Process of PLZT Ceramics

合成プロセス	装置	条件
PbO, La ₂ O ₃ , ZrO ₂ , TiO ₂	化学てんびん	精度 10 ⁻⁵ wt%
混合	ボールミル	蒸留水中2時間
乾燥	定温乾燥器	90°C, ほぼ乾固するまで
仮焼	管状炉・白金ポート	800~900°C, 1時間
粉碎	ボールミル	アセトン中, 2時間
乾燥		90°C, ほぼ乾固するまで
二次仮焼	管状炉・白金ポート	700°C, 1時間
ふるい	ナイロン製ふるい	60メッシュ
成形	プレス装置	300~500kg/cm ²
ホットプレス	油圧式 max2t	1,200°C, 2,000psi 20時間
PLZT焼結体		O ₂ 2l/min, 降温200°C/h

も、立方晶形の等方体では当然強誘電性はなく、メモリ作用も示さない。

日立製作所は、この自然の条理を直視し、発想の転換を図り、より優れた電気光学メモリ材料を開発した⁽⁵⁾。前述したように、強誘電性のない等方体ならば透明なPLZTは容易に作られる。また、不透明ならば強誘電性のPLZTも容易に作られる。そこで、非強誘電性の透明なPLZTの中に、画像に対応させて、透明度が悪くメモリ性を示す強誘電状態を共存させようと考えた。興味あることに、このアイデアでは透明な強誘電セラミックを作ろうという今までの考え方とは逆に、強誘電状態では透明度が悪いほど都合がよいことになる。

このアイデアから直ちに、次のような理論的見通しを立てた。一般に強誘電体では温度上昇につれて、対称性の良い結晶構造に変態する。変態が一次の相転移ならば、温度変化に対して上昇時と下降時とでは転移温度が異なる熱履歴の現象が現われる。そこで、この変態が強誘電性の消える相転移点ならば、熱履歴の温度範囲で強誘電状態と非強誘電状態と

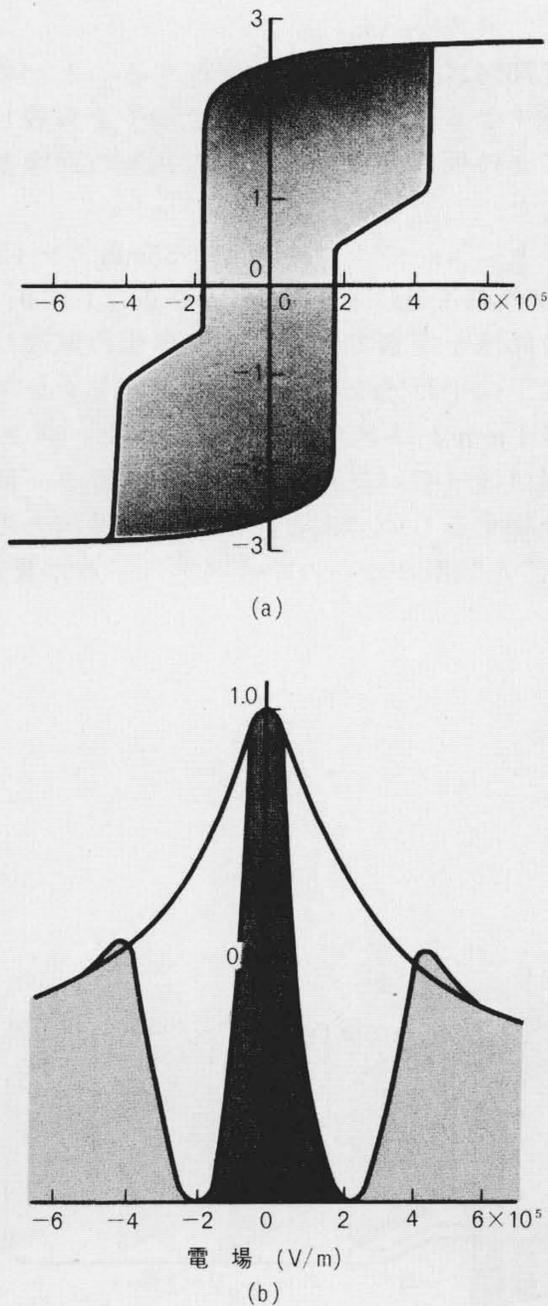


図2 新材料AFE/FE共存PLZTのD-E履歴曲線(a)と同時に記録した散乱光量の変化曲線(b) 新材料PLZT-7.6/70/30は光散乱のない反強誘電体であるが、一定値以上の電圧が印加されると光散乱の激しい強誘電相が誘起され、二重履歴曲線(a)を描く。

Fig. 2 Double Hysteresis Loop(a) and Light Scattering Characteristic(b) of a New AFE/FE Coexisting PLZT Ceramic

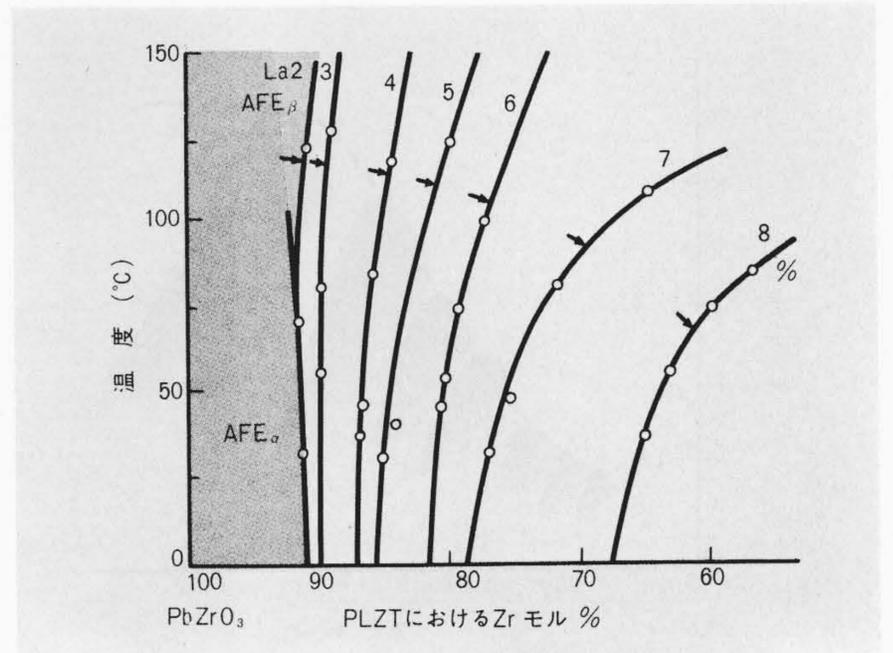


図3 PLZT固溶系におけるLa濃度をパラメータにしたMPBを示す相図 La濃度を増していくと反強誘電(AFE β)相と強誘電(FE)相との組成変態相境界(MPB)がPbTiO₃側にシフトしていく様子を示している。
Fig. 3 Phase Relation Diagram in PLZT-Solid Solution System Indicating the Shift of MPB in Respect of La Contents

を共存させることができるはずである。この予想の成功の可否は、試料に交番電圧を印加すればD-Eヒステリシスループが二重履歴曲線と言う異常な形を示すことから、直ちに確認できる。

一般に熱履歴の温度幅は1°C程度しかなく、その範囲外では共存素子としては利用できないので、温度範囲の点で実用性が乏しい。しかしながら、特別な場合は熱履歴の温度幅が100°Cを超える好都合なこともある。それは固溶体の場合で、結晶構造が成分元素の固溶比に対しては変化するが、温度に対しては変化の少ない組成変態相境界、**Morphotropic Phase Boundary** (以下、MPBと略す)にあるときに期待できる。幸いPLZTは反強誘電PbZrO₃と強誘電PbTiO₃の固溶体であり、Laを増量すると結晶構造が立方晶に近づき、MPBはPbTiO₃側へシフトする。このMPBではかなりの熱履歴が期待される。

6 新材料; AFE/FE共存PLZT

PLZT固溶系において、画像蓄積・表示素子に利用できる最適組成を探索し、反強誘電相と強誘電相とが共存するMPB組成の中からPLZT-7.6/70/30を選んだ。図2は、新材料PLZT-7.6/70/30に10⁻²Hzの交番電圧を印加し、室温で観測したD-E履歴曲線(a)と、同時に記録した散乱光量の変化曲線(b)である。新材料は光を全く散乱しない反強誘電体であり、電圧を印加すると結晶構造の異なる強誘電相が誘起され、光を激しく散乱する。両状態とも無電圧で安定であり、同一試料中に両相を共存させることができ、しかも両相間を電圧で任意にスイッチさせる。動作温度幅は約15°Cである。

新材料としてはPLZT固溶体において、La濃度をパラメータに数百種の試料を作り、これらの試料が示す特性上の傾向を求め、妥当な組成を選出したものである。以下、簡単にその経過について述べる。図3は、D-E履歴曲線の温度変化から求めたMPBを相図上に示した。同図からMPBが室温になるZrの固溶比yをLa濃度xの関数として、

$$y = 900x^4 + 34x^2 + 0.067 \pm 0.01 \dots \dots \dots (1)$$

なる実験式で表わすことができる。これらの試料をすべて

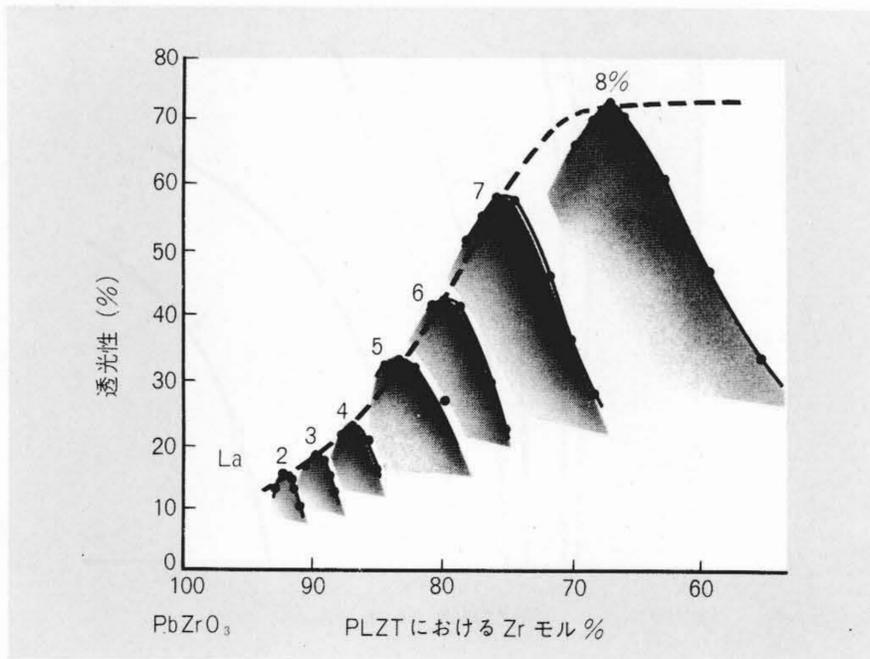


図4 PLZT固溶系におけるLa濃度をパラメータにした透光性の測定図 各La濃度に対する透光性は山形を示し、山頂を示すのはMPB(h)の組成である。すなわち、PLZTの透光性は $T_h = r.t.$ の組成で最大になる。

Fig. 4 Transparency of PLZT-Solid Solution with Respect to the La-Contents

200 μ mの厚さに研磨して透光性を測定した。図4に示すように、各La濃度ごとに透光性は山形になり、ピークをつないだ透光性が最大になる組成は、MPBが室温になる(1)式の組成と一致することが分かった。透光性はZrの固溶比が減少するにつれて増大し、約70モル%付近でほぼ飽和し、それ以下では一定値を保つ。

次に履歴曲線の温度変化から動作温度幅 ΔT を求め、図5に示した。 ΔT の大きい組成は透光性が悪く、透光性の良い組成は ΔT が小さい。この相反する傾向は実用上避けたいが、解決策は得ていない。次いで、コントラスト比の変化を求めた。試料を直交偏光板間に挿入し、白色光を照射すると反強誘電相を透過した光は検光板でしゃ光されるが、強誘電相を透過した光は偏光面が散乱で乱され自然光の状態になっているので検光子を透過する成分が生ずる。反強誘電相と強誘電相との両相間を電圧で交互にスイッチさせたときの光量比をコントラスト比として示すと、図5のようになる。

透光性、動作温度幅及びコントラスト比に関する上述したすべての傾向を考慮した結果、PLZT-7.6/70/30を電気光学メモリ材料の最適組成として選定したものである。ただし、使用目的に応じてLa濃度を $7.3 \leq x \leq 8.1$ (モル%) の範囲で変え、低温用又は高温用の素子材料を選択することができる。

以上が日立製作所で開発した反強誘電相と強誘電相とが共存するAFE/FE共存PLZTに関する研究の指針であり、この指針に基づいて開発したのが、透明な反強誘電セラミックに電圧を印加して光散乱の激しい強誘電相を誘起する光散乱モードの新電気光学メモリ材料PLZT-7.6/70/30である。

7 新材料を用いた画像蓄積・表示素子⁽⁶⁾

FE/PC素子には透過形と反射形とがある。PLZT-7.6/70/30を200 μ mの厚さの光学平坦面をもつ薄板に加工し、裏面に $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$ の固溶体 (91:9モル%) を高周波スパッタして、抵抗約 $10\Omega/\square$ の透明電極 (ITO膜と呼ぶ) を付けた。表側の面には光導電PVCzを1.2 μ m厚に塗布し、120 $^\circ\text{C}$ 以下でITO膜をスパッタして抵抗約 $200\Omega/\square$ 程度の膜を得た。これら電極膜はある程度反射防止を兼ねるので、素子の

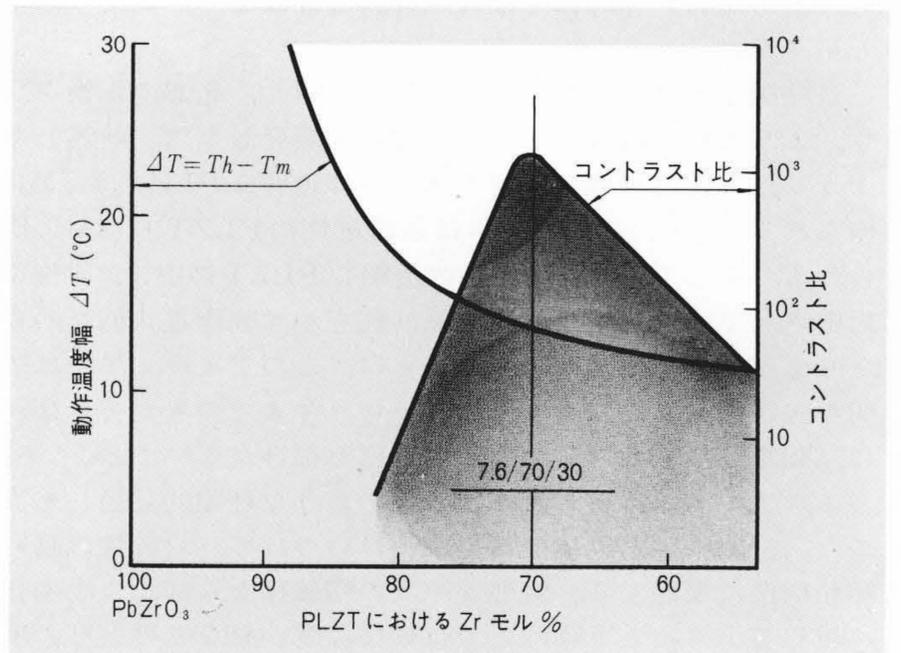


図5 PLZT固溶体におけるMPB組成での動作温度幅 ΔT とコントラスト比 La濃度を変えて作ったMPB組織のPLZTにおける書込み、表示、メモリ及び消去の全動作が可能な温度範囲 ΔT と直交配置した2枚の偏光板間に挿入し測定した光量比、すなわちコントラスト比を示す。

Fig. 5 Practical Temperature Range and Contrast Ratio of MPB Composition in PLZT-Solid Solution

状態にして70%以上の透光性を保証することができた。裏面は図6に示すように、電流を流す金端子を蒸着し、リード線を接続して支持板にマウントし、透過形の画像蓄積・表示素子を試作した。

試作素子上にXe-ランプを用いて35mmスライドの原画を結像し、120Vの直流電圧をPVCz側を正にして0.1秒間印加すると、この画像を定着できた。画像再生の原理は図7に示すように、素子に平行光を照射し、透過光をレンズで集光した焦点に直径1mm ϕ ほどの黒い円板 (以下、ストップと呼ぶ) か、又は開口板 (アパーチャと呼ぶ) を置き、散乱光と非散乱光とを分離するものである。素子が画像消去の反強誘電状態にあると、光散乱がないので透過光は一点に集光する。画像

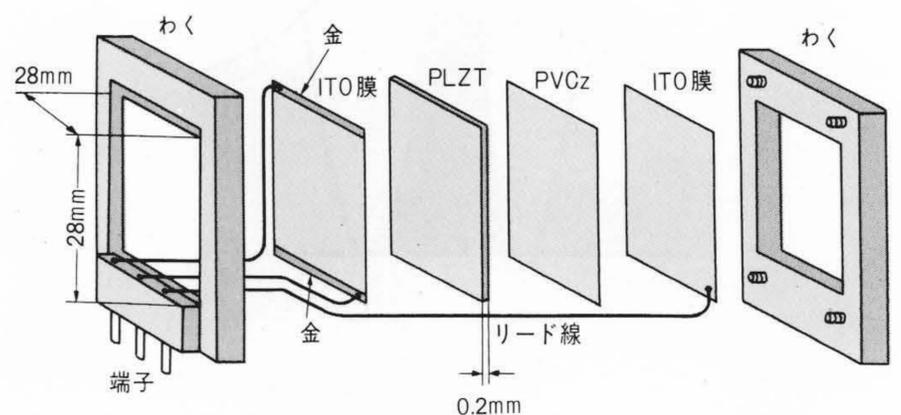


図6 画像蓄積・表示素子の構造図 ITO, PLZT, PVCz及びITOの4層構造の素子を28mm \times 28mmの大きさのわくにマウントする画像蓄積・表示素子の構造を示す。

Fig. 6 Construction of Image Storage and Display Device Using PLZT Ceramic

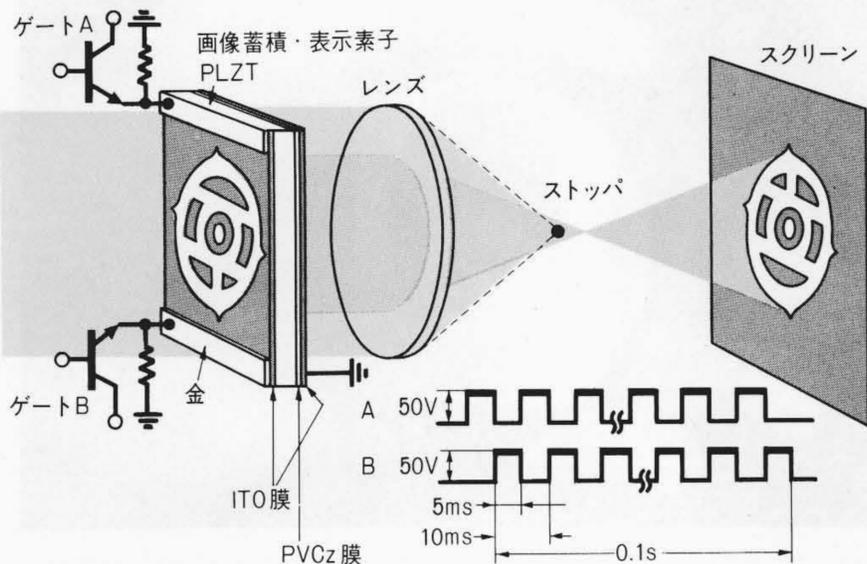


図7 ストッパによる画像再生方式及び完全消去回路の説明図
試料に平行光を照射し、焦点にストッパを置くと非散乱光はカットされ、散乱光のみで画像の再生ができる。蓄積画像は逆電圧を印加すると同時に加熱して消去される。

Fig. 7 Illustration of Image Display of Stopper Method and Erasure Circuit

を定着した強誘電部分は激しく光を散乱するので、透過光は非散乱光と同位置には集光されない。この差を利用してアパーチャ方式では直接光で、ストッパ方式では散乱光でそれぞれ画像を再生する。両者の違いはアパーチャ方式では原画と再生像がネガポジ逆の関係になり、低次のフーリエ成分による赤味がかかったソフトな画像になり、ストッパ方式では高次成分のため輪郭が強調された白黒画像となり、試料やレンズなどの汚れが強調されることである。アパーチャ方式で画像が赤味がかかるのは長波長になるほど散乱角が小さいためと思われる。白色自然光での再生画像のコントラスト比は両方式とも20:1程度であるが、短波長の青い光を用いアパーチャ方式で再生すると100:1に近い高コントラスト像が得られる。

8 画像の合成と部分書換え

前述の素子を用いて、画像の蓄積・再生及び消去を繰り返えし動作し得る装置(図10)を試作した。連続動作させたとき、前の絵が少しでも残っていると都合が悪い。試作機では図7に示す完全消去回路でこれを解決した。表側の電極を接地し、ゲートA及びBを周期10msで交互に10回開閉すると、裏面の透明電極に50Vのパルス電圧が印加され、面内に電流が交互に流れる。このとき、電極面上の電位は時間的にも場所的にも変動するが、時間平均をとると表裏両電極間に一様な逆電圧として作用し、同時にジュール熱で強誘電性のなくなる温度以上に加熱されるので、画像は0.1秒間で完全に消去される。図8は電圧をパラメータにした消去効果で、-50Vでは0.1秒で消去できることを示している。一方、光をしゃ断するとたとえ-50V印加しても、画像はほとんど変化しない。

この原理を応用した画像の部分書換えは、図9に示すとおりである。素子上に縦、横4行×4列に16画像を別々に順次定着して、画像合成ができる。同図は、絵合せゲームの途中を示すものである。画面には所定の8対の絵がばらばらに伏せてあり、任意の場所を選んで1枚ずつ素子上に絵を定着し、順次絵の対ができていけばゲームを続行し、対の絵が出てこないときはその絵を消去して対の絵が出るまで探す。図は

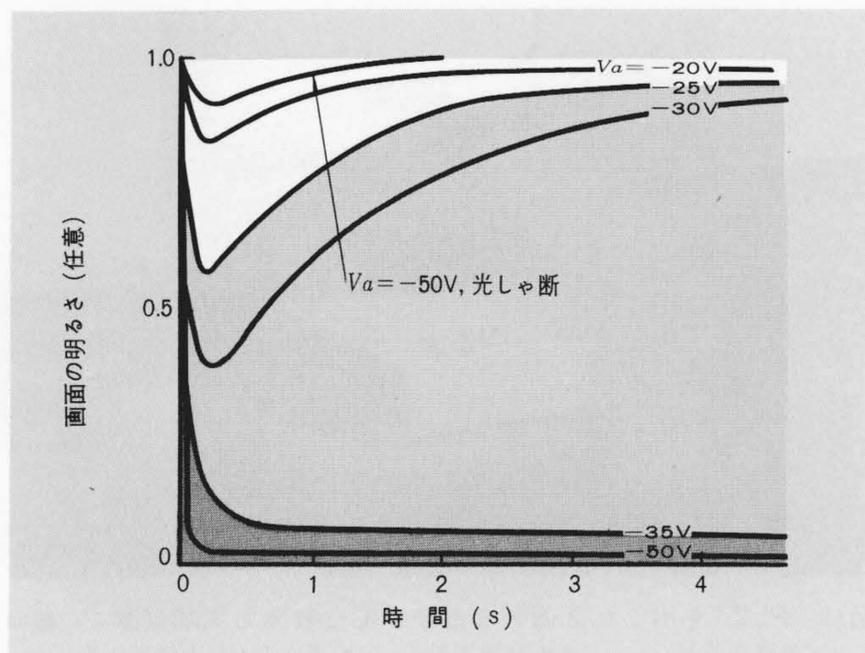


図8 逆電圧による画像消去効果 図7に示した完全消去回路で周期10msの逆電圧を10回、通算0.1秒間印加したときの消去効果を電圧の大きさをパラメータに示す。光を照射しないと消去できない。

Fig. 8 Erasure Effect Displayed by the Magnitude of the Applied Reverse Voltage

3組の対ができ、今、魚の絵を探がしているところを示すもので、8対16画面全部を表示し終わるまでの時間が記録され勝負を決するゲームである。

この装置で、対にならない絵を消去するにはその部分のみに光を照射して消去パルスを印加する。他の部分は、消去パルスが印加されてもPVCzの高抵抗のため画像が妨害されず、光の当たった部分のみ消去される。この試作機は、PLZTが部分書換え可能な画像蓄積・表示素子であることを示す原理実験装置であり、将来この種の装置を用いて遠方の人と電話回線で囲碁に興ずることも可能となるであろう。

PLZT-7.6/70/30を用いた素子は、レーザ光の干渉性を損なわないので、書面からのインコヒーレントな反射光による像を定着し、レーザホログラフィメモリに必要なコヒーレント画像の入力装置に利用でき、文献情報の入力を検討し好結果を得ている。

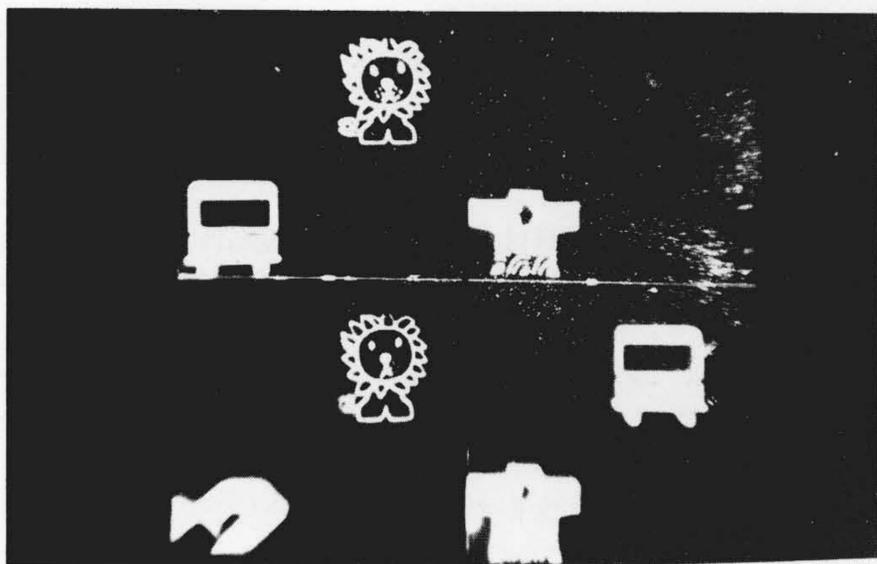


図9 PLZT素子が画像の部分書換えのできる機能を持つことを応用した絵合せゲーム 4行×4列16画面8対の絵が伏せてあり、任意の場所を1枚ずつ出していき、対の絵ができれば続行、できなければ消去して対の絵が出るまで探す。今、3組とって魚の絵を探しているところを示す。8組全部そろえる早さを競う。

Fig. 9 Cards Matching Game Using PLZT Device Which Has a Function of Partially Erasing and Rewriting an Image

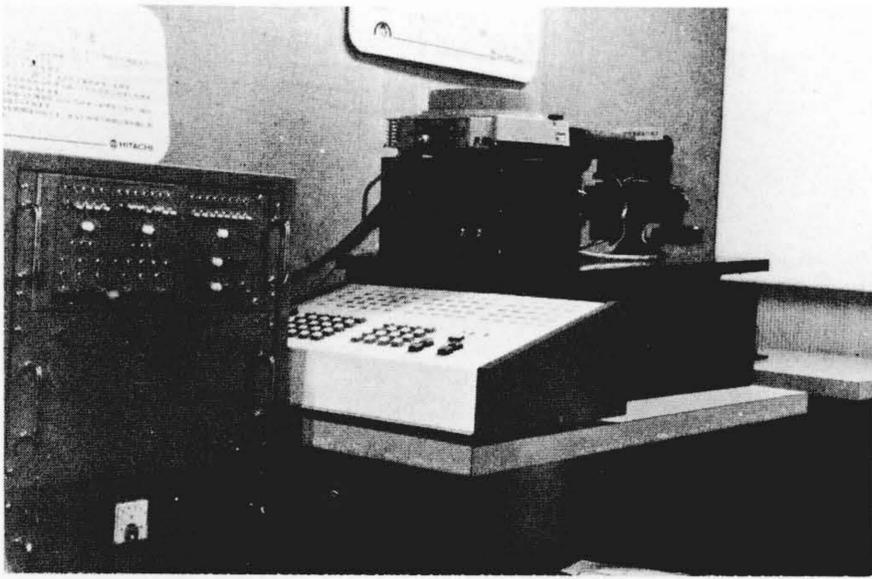


図10 PLZTを用いた画像の合成及び部分書換え実験装置 総合合せなど数種類のゲームができる装置である。81枚の原画が右上のスライドホルダに収納されており、中央の操作盤を用いてゲームを行なう。画面は左端の制御装置によって自動的に右端のスクリーン上に投写される。

Fig. 10 Experimental Device for Image Display and Partially Rewriting the Image

以上、述べてきた画像蓄積・表示素子は透過形であるが、図11に示した直径55mmφの素子は裏面を鏡にして反射像を直視したものである。

また、PLZTはカメラのように画像を記録し、これを表示する能力に加えて、電気信号でパターンを表示する機能も有する⁽⁸⁾⁽⁹⁾。変調器と変向器とを組み合わせ、電気信号でレーザー光を変調、走査して濃淡像を表示することもできる⁽⁷⁾。あるいは、マトリックス素子を用いて電気信号を入力し、文字・数字表示素子を作ることにもできる。更に、大容量、高速のマトリックス形画像メモリ・ディスプレイパネルはディスプレイ技術の将来の発展を可能にするキーデバイスであり、その素子材料と目されるPLZTに寄せられる期待は大きい。

9 結 言

以上、AFE/FE共存PLZTを用いた画像蓄積・表示素子の特長は、

- (1) 電気信号により画像の定着、消去が任意に制御できる。
- (2) 表示画像のコントラスト比が高い（特にPLZT-7.6/70/30では）。
- (3) 原画と再生像のネガフィルム—ポジフィルム関係の組み合わせを任意にできる。
- (4) 暗室不要の感光記録材で、直射日光でも画像を再生できる。
- (5) 書込み、消去は瞬時に行なわれ、反射形の場合は表示電力が不要である。
- (6) 画像合成、部分書換えが可能である。
- (7) コヒーレント光で利用できる。
- (8) 電気信号で画像表示ができる。
- (9) 蓄積画像は永久に保存できる。
- (10) 長寿命であり、かつ耐環境性にも優れている。

すなわち、PLZTは将来の発展が期待できる夢多い材料と言える。

今後は、よりコントラスト比の高い材料を開発して、素子を薄くし、低電圧動作、高解像度にする事及び高速応答、カラー画像表示などの可能な素子材料を開発することなどの点があげられる。



図11 PLZTを用いた反射形画像蓄積・表示素子に定着した画像直径55mmφのPLZT-7.6/70/30の薄板で作ったFE/PC素子に定着した画像で裏面が反射鏡になっているので周囲光で画像を直視できる。

Fig. 11 Photograph Displaying of the Image Stored on a Reflective Mode PLZT/PVCz Device

参考文献

- (1) G. H. Haertling, "Hot-Pressed Ceramics for Electrooptic Applications" *J. Am. Ceram. Soc. Bull.*, **47**, 389 (1968). 強誘電性透明セラミックに関する最初の文献である。
- (2) G. H. Haertling and C. E. Land, "Hot-Pressed (Pb, La) (Zr, Ti)O₃ Ferroelectric Ceramics for Electrooptic Applications", *J. Am. Ceram. Soc.*, **54**, 1 (1971), and G. H. Haertling and C. E. Land, "Recent Improvements in the optical and Electrooptic Properties of PLZT Ceramics", *Ferroelectrics*, **3**, (Joint Issue) 269 (1972). PLZTのホットプレス法に関する技術的問題点が詳細に記載されている。
- (3) A. H. Meitzler, J. R. Maldonado and D. B. Fraser, "Image Storage and Display Devices Using Fine-Grain Ferroelectric Ceramics", *Bell System Tech. Journal*, **49**, 953 (July—Aug.) 1970.
- (4) J. R. Maldonado and A. H. Meitzler, "Strain-biased ferroelectric-Photoconductor Image Storage and Display Devices", *Proc. IEEE*, **59**, 368 Mar. (1971).
- (5) A. Kumada, G. Toda and Y. Otomo, "A New Proposal for Electrooptic Image Storage Devices", *Suppl. Japan J. Appl. Phys.*, **43**, 150, (1973). 1973 Inter. Conf. on Solid State Devices, Paper S8-7, Tokyo, Aug. 31, also presented by the same authors at the Third Inter. Meet. on Ferroelectrics, Edinburgh, Sept. (1973). 強誘電相が共存する反強誘電セラミックスにおける電場による強誘電相の導入に伴って光散乱が生ずる現象を利用すると、高コントラストの画像蓄積素子が可能であると提案している。
- (6) A. Kumada, "Ferroic Erase-Write Image Storage Device" 1973 Tokyo Symposium on P. S. E., Paper-20, Nov. 13 (1973). 上記提案に基づいて試作した画像蓄積・表示素子に関して報告している。
- (7) J. R. Maldonado and D. B. Fraser, "PLZT Ceramic Display Devices for Slow-Scan Graphic Projection Displays", *Proc IEEE*, **61**, 975 (1973).
- (8) H. N. Roberts, "Strain-Biased PLZT Input Devices (Page Composers) for Holographic Memories and Optical Data Processing", *Applied Optics*, **11**, 397 (1972).
- (9) M. D. Drake, "PLZT Matrix-Type Block Data Composers" *Applied Optics* **13**, 347 (1974).