

# 高画質デジタルミニラボ R2Super 用プリントヘッド

Development of a Print Head for the High Image Quality Digital Minilab R2 SUPER

藤井 雄一\*  
Fujii, Yuichi

北野 博久\*\*  
Kitano, Hirohisa

## 要旨

PLZTの光導電性によって発生した電荷は光シャッタの動作領域に残留し光学的な性能を徐々に劣化させる。

我々は光シャッタの表面抵抗値を低下させることによって、厳しい性能が要求されるデジタルミニラボにおいても安定した高画質プリントの出力が可能なプリントヘッドを開発した。また、このプリントヘッドはコニカミノルタフォトイメージング(株)が販売する高画質デジタルミニラボR2 SUPERに搭載されている。

## Abstract

In a digital minilab employing a PLZT shutter, the electric charge generated by the photoconductivity of PLZT remains in the area of optical shutter operation, and this gradually degrades optical performance. By reducing the surface resistance of the optical shutter, we developed an exposure head that facilitates stable high-definition prints from a digital minilab meeting strict standards of performance. This exposure head is used in the high-definition Digital Minilab R2 SUPER manufactured by Konica Minolta Photo Imaging, Inc.

## 1 はじめに

近年、急速に進化した銀塩ラボシステムのデジタル化に対応するために我々は電気光学セラミックスであるPLZTを用いた光シャッターアレイの開発を行ってきた。

今回、極めて要求性能が厳しい銀塩露光に対しても良好な露光性能を安定して発揮するプリントヘッドを開発することができたので報告する。

## 2 PLZT セラミックスの課題

PLZT[(Pb,La)(Zr,Ti)O<sub>3</sub>]は、圧電体材料であるPZT[Pb(Zr,Ti)O<sub>3</sub>]のPbの一部をLaで置換した固溶体の総称であり、1969年に米国Sandia研究所のG.H.Heartringらによって発見された透光性強誘電体セラミックスである<sup>1)</sup>。

\*コニカミノルタフォトイメージング(株)  
フォトビジネス事業部 開発部機器開発G  
\*\*コニカミノルタフォトイメージング(株)  
フォトビジネス事業部 開発部機器生産G

(本文は日本画像学会 Japan Hardcopy 2004 論文集<sup>4)</sup> より転載。)

一般式は、 $[Pb_{1-x}La_x][(Zr_yTi_{1-y})_{1-x/4}]O_3$ で表され、通常、一般式のLa,Zr,Tiの各成分の比(x/y/1-y)を用いてPLZT(100x/100y/100(1-y))と表記される。PLZTはその組成により、異なった電気光学効果、すなわち、1次電気光学効果(Pockels効果)、2次電気光学効果(Kerr効果)、メモリー効果を示す。特に2次電気光学効果は、PLZTに印加される電界と、電界によってPLZT内部に誘起される複屈折が2次の関係にあり、電界がゼロで複屈折もゼロとなることから光シャッターとして使いやすく、電気光学効果の大きさ、安定性、温度特性などを考慮して通常はPLZT(9/65/35)の組成に近いものが用いられる。

我々はこの素材を用いてFig.1のような立体型の光シャッターアレイをかねてより提案してきた<sup>2)</sup>。PLZT素材を挟んで対向する1対の電極がそれぞれ独立して駆動できるように構成されており各変調可能な窓(ドット)の形状は平行四辺形になっている。

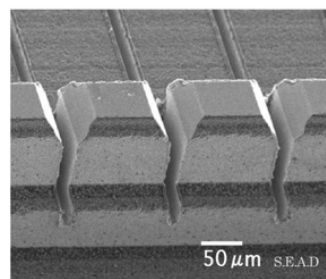


Fig.1 SEM micrograph of PLZT optical shutter

実際プリンタで使用する場合は、数万Luxの高い強度の照明光と1V/μmを超える高い電界が印加されるため、

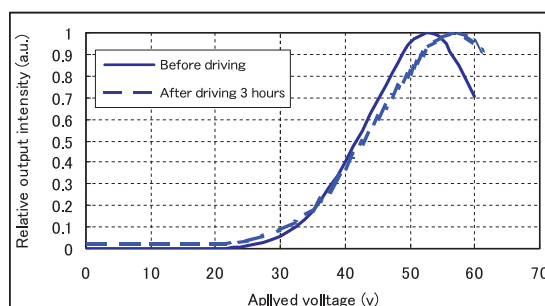


Fig.2 Instability of relative output intensity

Fig. 2のように長時間の動作で性能が大きく劣化する現象が認められる。Fig. 2は初期と実際のプリンタ使用条件で3時間駆動した場合の印加電圧-出力光量特性をそれぞれプロットしたものである。このような変動は厳しい安定性が要求される銀塩プリントヘッドとして許容されるものではなく何らかの対策が必要である。

### 3 PLZTの光導電特性

Fig. 3に示すような測定回路にPLZT光シャッターを接続しPLZT動作時の光導電電流をTable 1の各条件で測定した。照射光はλ450のLEDを使用した。

Fig. 4の通り照射する光強度を上げるに伴い、略リニアな関係の光導電電流が検出された。

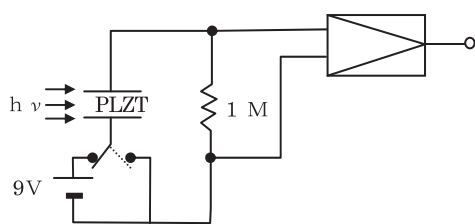


Fig.3 Photocurrent measurement circuit

Table 1 Measurement conditions

	Light intensity	Electric field
Power 1	0 mW/cm <sup>2</sup>	0.15 V/μm
Power 2	5 mW/cm <sup>2</sup>	0.15 V/μm
Power 3	10 mW/cm <sup>2</sup>	0.15 V/μm
Power 4	15 mW/cm <sup>2</sup>	0.15 V/μm
Power 5	21 mW/cm <sup>2</sup>	0.15 V/μm

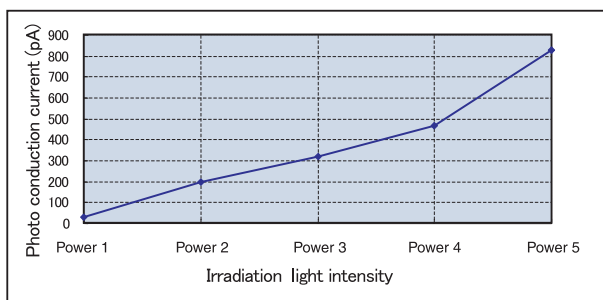


Fig.4 Photoconductive current characteristics of PLZT

次に前実験の光強度Power 3の条件で60分間継続して光導電電流の変化を調べた結果をFig. 5に示す (A領域)。光導電電流は徐々に低下する傾向を示し、60分後には初期値の約60%になった。

その時点でPLZTに印加する電圧はそのままにして、照射していた光を10分間停止させてみたところ、電流は殆ど検出されなかった (B領域)。

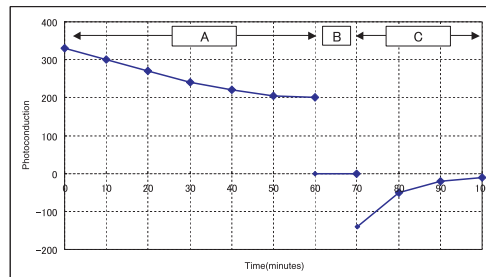


Fig.5 Current characteristics upon change of measurement conditions

更に、Fig. 3のスイッチを切替えてPLZTへの印加電圧を停止し回路を短絡した状態で、光照射 (Power 3)のみを行い検出される電流を30分間測定した (C領域)。その結果、これまでとは逆方向の電流が検出され時間とともに電流値は減少する傾向を示した。

以上の結果より、PLZTを光シャッターとして使用する条件で僅かではあるがPLZTの光導電性によりキャリアが発生し、しかも完全に外部回路へ排出されることなく素子内に残留していると考えられる。更には、回路を短絡した状態で光のみを照射することで、前記残留する電荷は消滅させることができる。

### 4 PLZT光シャッターの電位測定

対向する電極間に電圧を印加し続け残留電荷が発生したPLZT光シャッターアレイをクロスニコル状態の偏光子間で顕微鏡観察した代表的な写真をFig. 6に示す。外部から電圧を印加していないにもかかわらず、写真下部Electrode A (+)側に偏った領域で複屈折による漏れ光が観測されPLZT内部に電場が残留することを光学的に示唆している。



Fig.6 Photograph of light leak of deteriorated shutter

このような状態において、原子間力顕微鏡を用い、PLZT光シャッター窓の表面電位を測定した。Fig. 7に測定の要領を示す。Fig. 9は電極A-B間の表面電位を3箇所測定し、そのプロファイルを平滑化してプロットしたものである。Fig. 8は測定した窓の表面状態を示したものである。

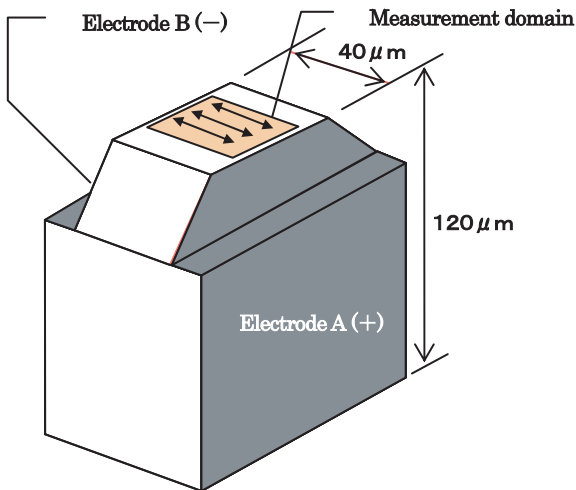


Fig.7 Location of area on optical shutter of surface potential measurement

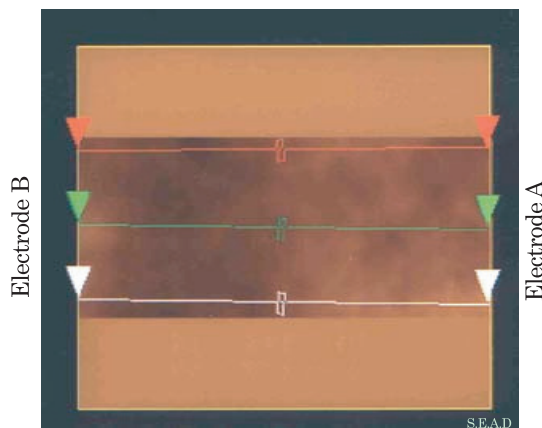


Fig.8 Photograph of area on optical shutter of surface potential measurement

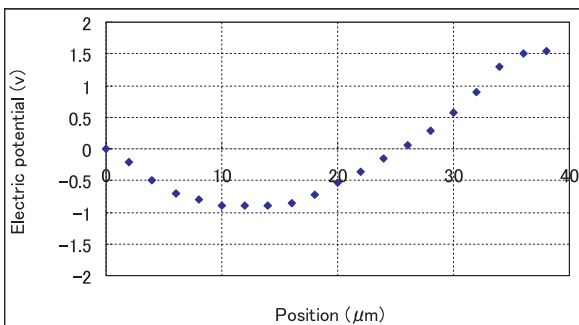


Fig.9 Distribution of electric potential on optical shutter surface

Fig. 9 から、各電極側で異なる極性の電場が残留しており、その電場は(+)電極側に偏って分布していること、(+)電極側の電位が高いことがわかる。これは、Fig. 6 で

(+)側の偏った領域で複屈折による漏れ光が観測された結果とよく一致している。

光シャッターを駆動するために外部より印加される電場に対して、前記のような残留電場が存在することで各領域での実効的な電場の大きさが異なることになる。つまり(+)電極側では加算される状態になる反面、(-)電極側ではキャンセルする方向に作用することになる。前述のFig. 2において長時間駆動した光シャッターの特性がピーク付近でブロードになる傾向を示しているのは、逆方向に作用した領域が混在することによるものと解釈できる。また、Fig. 2において印加電圧の無い状態でも漏れ光が若干存在するのは、この残留電場による複屈折が原因と考えることができる。

以上の状況を基に現象のモデルをFig.10のように考察した。

光シャッターがOPENの状態（外部より電圧が印加されている状態）で光導電性に伴うキャリアが発生し、それぞれ外部電場によりドリフトされホールは比較的容易に排出されるが、電子が空間的に残留してしまう。そして、外部電場が停止された状態でも、この電荷による電場が各電極に対して発生することになる。

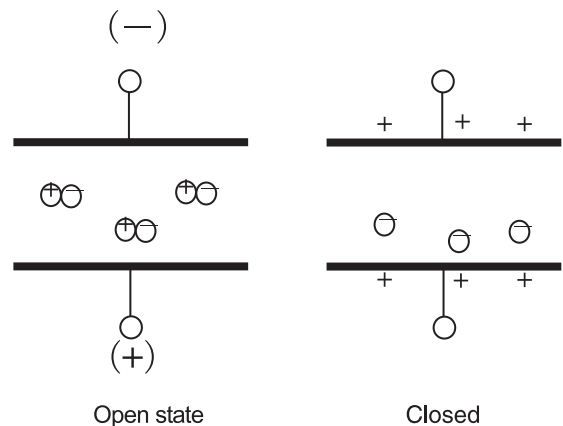


Fig. 10 Residual spatial electric charge

## 5 表面処理の効果

これまでの結果よりPLZTの僅かな光導電性により発生した電荷が空間的に残留し、光シャッター特性を劣化させることが判った。

PLZTのバルク抵抗を下げる方法も既に報告されているが<sup>3)</sup>、光学的透過率の低下を最小限に抑えるためにPLZT光シャッターの動作表面のみの抵抗値を下げる方法を試みた。具体的にはPLZT素材の片面にアルミ膜を設けた後、熱処理することで生じるPLZT/アルミ膜界面での酸化還元反応を利用した。この処理により達成した表面抵抗はTable 2 のようになる。

Table 2 Change in surface resistance after heat treatment

	Surface resistance
Without heat treatment	$5 \times 10^{12} \Omega/\square$
With heat treatment	$3 \times 10^8 \Omega/\square$

このように表面処理を施したPLZT光シャッターをFig. 2と同じ条件で動作させ特性の安定性を確認した結果、Fig.11の通りピーク付近が若干ブロードになる傾向は認められるものの、出力光量の最大値が得られる駆動電圧は殆ど変化しないことが判った。この結果より残留電荷はバルク全体よりも表面近傍に集中しているものと考えられる。

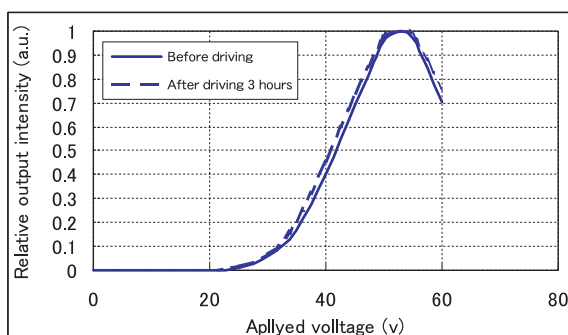


Fig.11 Enhanced stability of relative output intensity after reducing surface resistance of optical shutter

## 6 まとめ

PLZTの光導電性により生じる残留電荷が光シャッターとしての性能を劣化させる。光シャッター動作表面の電気抵抗値を下げることによって、その残留電荷は大幅に減少することが判明した。その結果、高安定性が要求される銀塩プリンタの品質レベルを実現することが可能となった。

## 7 謝辞

本研究にご協力を頂いた株式会社NOEMAX岡本研究員、同奥田研究員及びコニカミノルタテクノロジーセンター(株)松原氏に感謝致します。

### 参考文献

- 1) G.H.Haertling, J.Amer. Ceram.Soc., 54 (1971)
- 2) I.Saitoh, H.Kitano, S.Toyota and Y.Onishi, J.Japan Soc. Powder and Powder Metal., 40, 697 (1993)
- 3) S.Toyota, M.Takata, H.Kitano and I.Saitoh, Ferroelectrics, Vol.156,pp.55- 60 (1994)
- 4) Y.Fujii, Y.Ohsone, T.Kurimoto, H.Kitano, Japan Hardcopy 2004, 129 - 132 (2004)