
デジタル機におけるOPC光減衰カーブについて

OPC Photoinduced Discharge Curve in Digital Electrophotographic Printing Machine

増田 潔*

Kiyoshi MASUDA

要 旨

デジタル機におけるOPC光減衰カーブの特徴の一つは、表面電荷を打ち消すのに十分な露光エネルギーを与えても表面電位が0(V)にならないことである。このようなデジタル機におけるOPCの光減衰カーブを評価するために「汎用実機感度シミュレータ」を開発した。そのシミュレータを使用して得られた光減衰カーブでは、「低照度—長時間連続露光(アナログ機の露光条件に相当)」における光減衰カーブと「強照度—短時間露光(レーザー使用のデジタル機の露光条件に相当)」の光減衰カーブは一致せず、いわゆる相反則不軌が見られた。また、「強照度—短時間露光」の光減衰データには露光後電位計測時間依存性が認められた。この相反則不軌や、露光後電位の計測時間依存性の程度は電荷発生材料としてフタロシアニン顔料系を用いたOPCとアゾ顔料系を用いたOPCで異なることがわかった。

ABSTRACT

One of the characteristics for the photoinduced discharged curve (PIDC) of OPC irradiated in digital electrophotographic printing machine condition is that the PIDC does not reach to 0 volts even if the sufficient exposure is given to OPC. The measurement system named "sensitivity simulator of OPC in the digital electrophotographic printing machine" is developed in order to measure and analyze the photoinduced discharged curve (PIDC) of OPC. From the PIDC data obtained with using the "simulator", the deviation was observed between the PIDC with "low intensity- continuous exposure (it corresponds to an exposure condition for an analog machine)" and with "high intensity - flash exposure (it corresponds to that for a digital machine using laser diode as an illumination source)", which is known as a reciprocity law failure. The PIDC with "high intensity - flash exposure" was observed to be dependent on a measured time after exposure. The magnitude of the reciprocity law failure and the dependence on measured time after exposure are different between OPC's using a photogeneration material such as phthalocyanine and azo pigment.

* 画像技術開発本部 ES開発室
Electro-Photography Supply Development
Imaging Technology Division

1. 背景と目的

デジタル機(レーザースキャナー搭載)におけるOPCの光減衰カーブ(Photoinduced Discharge Curve以下「PIDC」と表現する)はOPC表面の静電荷を消すのに十分な露光エネルギーを与えても0電位にならないことが知られている。OPCの光減衰特性は1. 光キャリアのCTL(電荷移動層)への注入量, 2. CTL内のキャリアトランジットタイム(あるいはドリフトモビリティ)で決まるが, 帯電したOPC表面の静電荷を消すために, デジタル機ではOPC上の1点の露光は $(1\sim 10)\times 10^{10}(\mu\text{W}/\text{m}^2)$ の強度, $(10\sim 200)\times 10^{-9}(\text{s})$ の照射時間であり, これに対し従来のアナログ機では $(1\sim 10)\times 10^4(\mu\text{W}/\text{m}^2)$, $0.1\sim 1(\text{s})$ であり, 露光のスケールが大きく異なるのが特徴である。また, 光発生したキャリアが, 露光から現像までの時間内にCTL中の走行を終了しているか, 走行の途中であるかで, 計測される表面電位が異なる, いわゆるトランジットタイム制限の問題もある。今回デジタル機の露光条件でのOPCのPIDCを評価する装置を製作したので, 装置とこれから得られたPIDCに関する知見を紹介する。

2. 計測

2-1 計測技術

2-1-1 デジタル機の露光条件に対するPIDC評価装置

本装置の特徴はデジタル機と同じスケールの強照度-短時間露光の条件を確保するため, 露光部としてデジタル機のLD光学系と同様の露光系を適用したことにある。評価装置の主たる仕様をTable 1に, 装置構成の概略をFig.1に示す。

露光後電位の計測時間依存性(トランジットタイム制限に関係)を評価するため露光後電位を計測する電位計プローブ2の周方向の位置設定はレーザ入射光位置を基準に, OPCドラム回転方向に $20^\circ\sim 160^\circ$ の範囲で可変となっている。全体の動作タイミングは実機に準じた制御としている。表面電位計にはTrek社Model344+555P-4エンドビュープローブを用いた。

Table 1 Specification of the apparatus which measures PIDC which OPC drum shows in a digital printer or copier

評価装置	ドラム径 (mm φ)	OPC線速 (mm/s)	レーザ波長 (nm)	解像度 (DPI)	像面ビーム径 (μm)	ポリゴン回転数 (rpm)
1号機	24~200	~200	780	400 600	70×85 50×65	6,000~ 40,000
2号機	24~120	~200	655	400 600 1200*	70×85 50×60 40×50	10,000~ 32,000
		30mm φの場合	連続点灯	*2ビーム	アパチャ交換による	

* 光パワーはレーザ駆動電流と, 複数の減光フィルターとの組み合わせにより, $1\sim 1000(\text{arb. unit})$ で設定可能

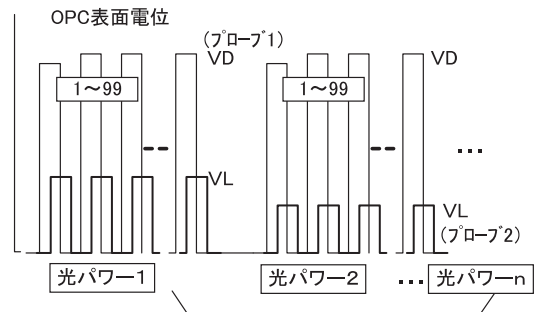
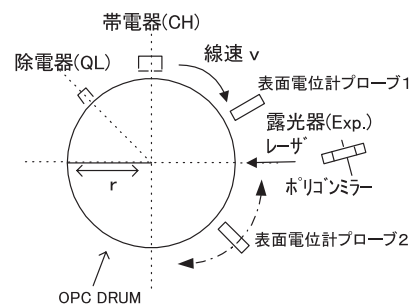


Fig.1 Simplified schematic of the apparatus for PIDC measurements

2-1-2 アナログ機の露光条件に対するPIDC評価

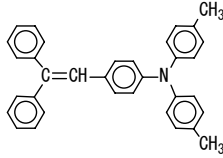
低照度-長時間露光のPIDCは, 帯電したOPCを静止させ, 光強度 $(1\times 10^4\mu\text{W}/\text{m}^2)$, 露光時間 $0.2\sim 0.5(\text{s})$ の連続露光のもとで測定した。表面電位計はTrek社 Model362A+3629A透明プローブを用いた。また, 同じ装置で光源をフラッシュランプに変え, XTOF法でトランジットタイムも測定した。

2-2 サンプル

Table 2に示す2種類のサンプルを使用した。

AはCGM(電荷発生材料)としてフタロシアニン顔料, Bはアゾ顔料を用いている。Aは評価装置の1号機を, Bは2号機を使用してデジタル機の露光条件に対するPIDCを測定した。

Table 2 Samples of used for this report

Sample	UL	CGL	CTL
A 60mm φ (ドラム径)	TiO ₂ /アルキッド・メラミン樹脂	フタロシアニン顔料/ブチラール樹脂	Donor*/Zボリカ膜厚 28 μm
B 30mm φ (ドラム径)	TiO ₂ /アルキッド・メラミン樹脂	アゾ顔料/ブチラール樹脂	Donor*/Zボリカ膜厚 27 μm
	*) 		

3. 測定結果

測定はすべて常温, 常湿の環境で行った。

- Fig.2, 3に示すように, A, Bいずれのサンプルでもアナログ機の露光条件に相当する低照度一連続露光のPIDC(Cont. Expo.)とデジタル機の露光条件に相当する強照度一短時間露光のPIDC(マーカを結んだライン)との間には相反則不軌があり, その程度はサンプルAで大きく, Bで小さい。図中のデジタル機の露光条件に相当するPIDCプロットは横軸を右に行くほど光パワーは強くなっているが, 両サンプルとも光パワーを大きくしても露光後表面電位は0電位にならない。
- デジタル機の露光条件に相当するPIDCデータは露光後電位の計測時間依存性が露光量 $1 \times 10^{-3}(\text{J}/\text{m}^2)$ 以上で明らかに現れ, サンプルAで顕著であり, サンプルBでは依存性は小さい。サンプルAでは露光後電位を計測した時間の最長は1(s)であるが, 一つ前の

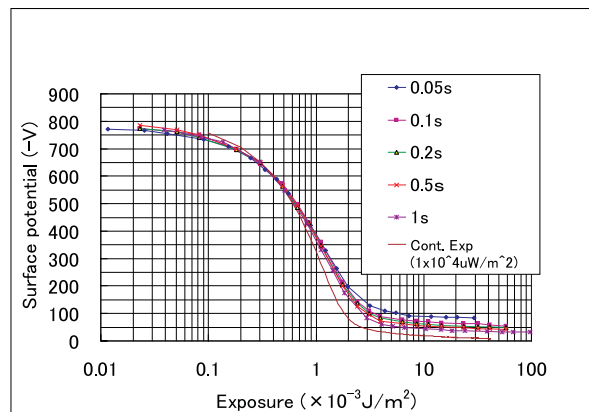


Fig.2 Measured PIDC of the sample A: A parameters are measurement times of the surface potential after exposure. LD:780nm 400DPI 70 × 85 μm

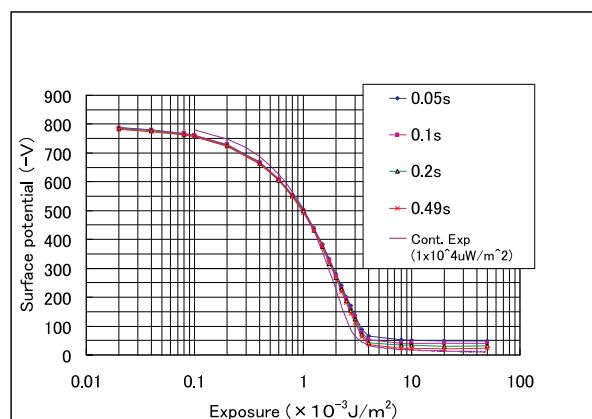


Fig.3 Measured PIDC of the sample B: A parameters are is measurement times of the surface potential after exposure. LD:655nm 400DPI 70 × 85 μm

0.5(s)のPIDCとも重ならない。露光後0.5~1(s)でもCTL中のキャリアの移動が終了していないことを示している。

4. 結果の検討

光発生した自由電子と自由ホールの再結合はこれらキャリア濃度の積に比例するので, 強い露光で再結合効果は顕著になる。低いモビリティ材料における再結合はLangevinによる理論で記述される¹⁾。この理論ではキャリアの平均自由行程がクーロン半径に比較し小さい場合に成立する。再結合がLangevin再結合モデルに従い, 露光時間がキャリアトランジットタイムに比較して十分短い条件では, トランジットタイムを十分経過した時間における, 表面電位に対して, 次の

ような式が導出されている。

$$V(\xi) = V_0 \exp\left(\frac{-e\eta\xi}{\varepsilon\varepsilon_0 E_0}\right) \dots\dots\dots(1)$$

ここで V_0 は初期表面電位、 ξ は単位面積当たりのフォトン数(Photon/cm²)、 η は光キャリア生成効率、 ε_0 は真空の誘電率、 ε はCTLの比誘電率、 e は電気素量、 E_0 は初期CTLに印加される電界である。Fig.2の露光1(s)後、Fig.3の露光0.5(s)後の測定データと(1)式によるPIDCの計算結果との比較をFig.4、5に示す。図中、露光時間は一定なので横軸のExposureの値が大きいほど照射光パワーは大きい。サンプルAのPIDC測定データは $3 \times 10^{-3}(\text{J}/\text{m}^2)$ 以上の強照度領域で理論式の予測より悪くなっている。サンプルBは $1.5 \times 10^{-3}(\text{J}/\text{m}^2)$ 以上で理論式の予測より高い感度を示す。両サンプルともLangevin再結合モデルの予測からはずれるが、特にサンプルBに関しては、再結合による光キャリアの失活が極めて少ないと考えられる。CGM(電荷発生材)にアゾ顔料を用いた積層層OPCの光キャリア発生機構において、フリーになったキャリアの再結合がほとんど生じず、移動層に注入される例が報告されている⁶⁾。本結果はこれによって説明することができる。これに対し、サンプルAのPIDCデータは再結合効果の他に露光後の電位を計測した時間1(s)が「露光後、トランジットタイムを十分経過した時間」を満足していなかったため理論による予測と乖離していると考えられる。この場合、Fig.6に示すようにXTOF法によるトランジットタイム測定からCTL中を移動するキャリアは-100(V)の表面電位のもとでも最速のキャリアは0.02(s)以下で移動を終えているが、キャリアが瞬間・大量に発生した場合、露光から1(s)以上の時間を経過しても移動しているキャリアが存在することになる。あるいはこの事を含め、サンプルAでは、CGMよりCTM(電荷移動材)のイオン化ポテンシャルが高いためキャリア(ホール)の注入速度が遅くなっているとも考えられるが本稿の目的をはずれるのでこれ以上の言及は控える。

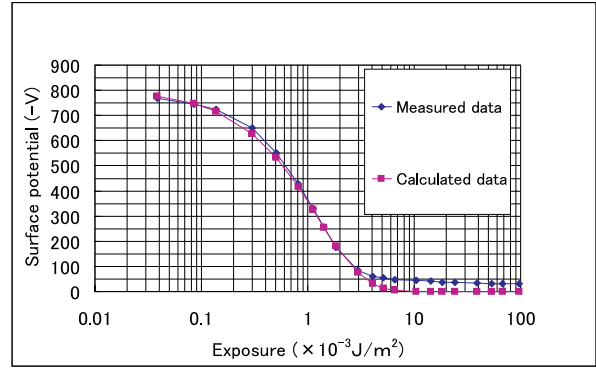


Fig.4 The PIDC for Sample A: the blue curve is measured data(measured time=1.0s), and the violet curve is the prediction of the Langevin recombination model ($\eta = 0.84$).

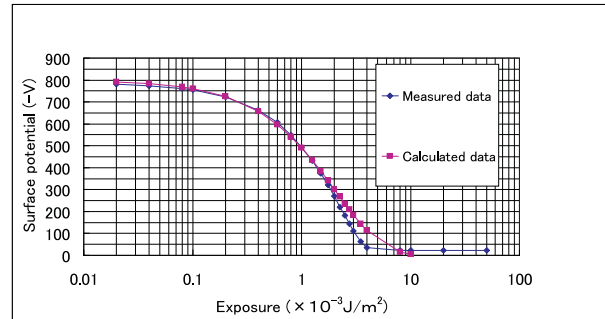


Fig.5 The PIDC for Sample B: the blue curve is measured data (measured time=0.49s), and violet curve is the prediction of the Langevin recombination model ($\eta = 0.63$).

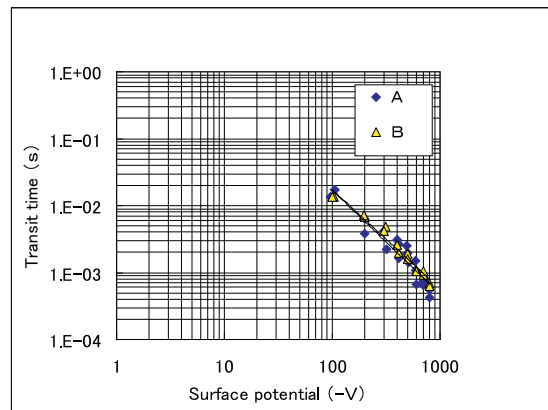


Fig.6 Transit time measured by XTOF – Surface potential for sample A, B

5. その他測定例

評価装置の2号機を使用し、レーザービーム径は $70 \times 85(\mu\text{m})$ 、OPCドラム線速は $157(\text{mm/s})$ に固定し、副走査方向の走査ピッチを400dpiと600dpiにして1ビーム走査露光した場合の露光0.1(s)後のPIDCをFig.7, 8に示す。それぞれの条件におけるビームの副走査方向での重なり具合はFi.9, 10にイメージとして示した。600dpiではビームの重なりにより、OPC上の一点でみる静止ビームパワーは大きく(かつフラットに)なるが、主走査方向の走査時間は400dpiの走査時間に比較して2/3となる。使用した評価装置のこの400dpiの露光条件ではレーザービームが主走査方向に1回走査するとき、OPC上の1点が露光される時間は概算113(ns)である。Fig.7, 8に示されるようにサンプルA, Bとも、400dpi(Δ)と600dpi(\times)の露光条件で測定されたPIDCのプロットはほぼ重なった。この強照度-短時間露光のスケール領域、露光条件ではサンプルA, Bとも相反則不軌はみられない事が分かった。

6. まとめ(成果)

デジタル機におけるOPCのPIDCを評価できる装置を作ることができた。OPCドラム線速および、副走査方向解像度、像面ビーム径、ポリゴンミラー回転数、等 レーザ露光条件を変えたときのPIDCデータを簡単に得ることができるようになった。その結果、

- (1) アナログ機の露光条件「低照度-連続露光」とデジタル機の露光条件「強照度-短時間露光」のPIDCには相反則不軌があること、露光後電位計測時間依存性に違いがあることが分かった。また、CGMに用いる顔料の違いで相反則不軌および、露光後電位の計測時間依存性の程度が異なることがわかった。
- (2) フタロシアニン顔料をCGMに使用したOPCサンプルでは「強照度-短時間露光」で瞬間・大量にキャリアが発生した場合、XTOF法のトランジットタイム測定から得られる時間に比較して遙かに長い時間経過しても、CTL中の電荷移動が終了していないキャリアが存在することがわかった。
- (3) デジタル機の「強照度-短時間露光」のスケール領域において、各種露光条件に対する相反則不軌の有無が

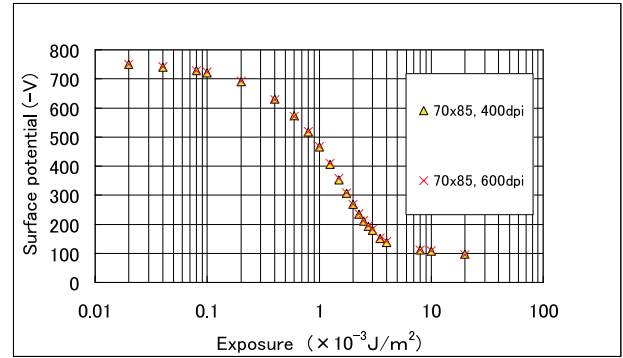


Fig.7 The PIDC for sample A. Here, the PIDC was measured at 0.1(s) after exposure, wavelength $\lambda = 655(\text{nm})$, beam spot size $70 \times 85(\mu\text{m})$, initial potential $VD = -750(\text{V})$, OPC linear velocity $v = 157(\text{mm/s})$. The triangle plot is 400dpi for sub scan, and the x plot is 600dpi for sub scan.

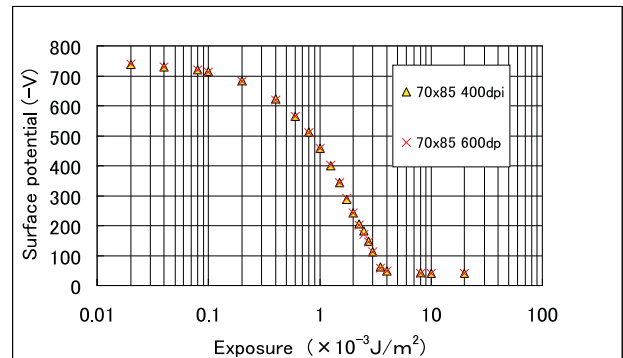


Fig.8 The PIDC for sample B. Here, the PIDC was measured at 0.1(s) after exposure, wavelength $\lambda = 655(\text{nm})$, beam spot size $70 \times 85(\mu\text{m})$, initial potential $VD = -750(\text{V})$, OPC linear velocity $v = 157(\text{mm/s})$. The triangle plot is 400dpi for sub scan, and the x plot is 600dpi for sub scan.

容易に評価できるようになった。

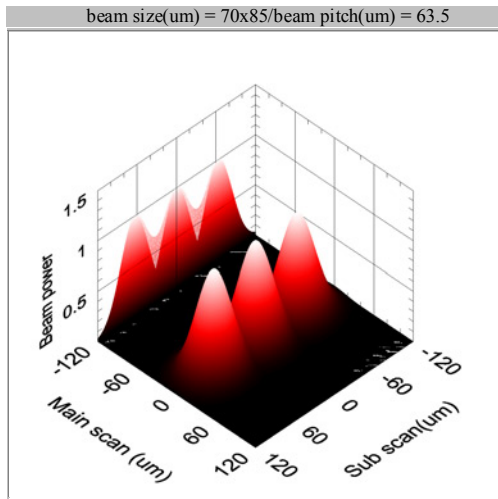


Fig.9 A overlap of a 1-D Gaussian Laser beam pattern of width 85(μm) in 400dpi scan (beam pitch 63.5 (μm)).

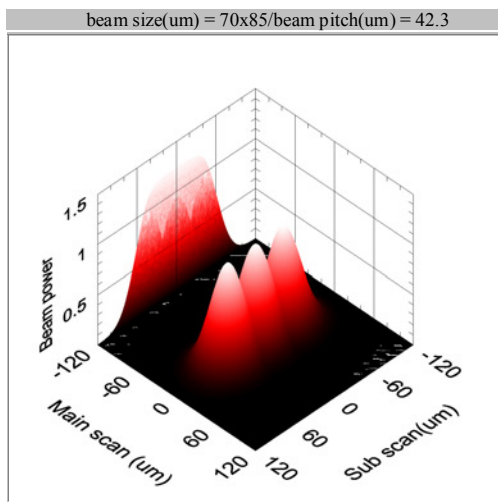


Fig.10 A overlap of a 1-D Gaussian Laser beam pattern of width 85(μm) in 600dpi scan (beam pitch 42.3 (μm)).

7. 謝辞

本評価装置の設計・製作は、リコー創造開発(株)に担当していただきました。またOPC開発・設計部署の皆様より、快く測定サンプルの提供をいただきました。この場を借りてお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) Paule M.Borsenberger, David S.Weiss: ORGANIC PHOTORECEPTORS FOR IMAGING SYSTEMS— Photoinduced discharge – (1998), p87

- 2) W.Mey, E.L.Pwaker, and D.C.Hoesterey:J. Appl. Phys., 5012.(1979)p8090
- 3) D. M. Pai and J. Yanus:Photo. Sci. and Eng. , Vo. 27, No. 1, (1983)p14
- 4) S. Jeydev and Damodar M. Pai :J. Img. Sci. and Tech. , Vol.40, No.4, (1996)p327
- 5) 島田, 新美, 梅田: 専門技術研修 OPC(有機光導電体)講座テキスト第3版, (2000)p18
- 6) 梅田: 日本化学会誌, No.11(1996)p932

注1) TREK Model 362A, 3629Aは米国トレック・インコーポレイテッド社の商標です。