

透明樹脂基体を用いた内部露光型有機感光体の開発

A Transparency Photoconductor for an Internal Image Exposure Process

望月文貴* 時松宏行**

Mochiduki, Fumitaka Tokimatsu, Hiroyuki

We examined the photoconductor to be exposed from the inside. By choosing a bridged acrylic acid resin pipe (cast by Centrifugal polymerization) and ITO dispersed resin layer, we have developed a photoconductor which enables Internal exposure process in the high sensitivity and durability.

1 はじめに

電子写真の市場は、カラー-LBP市場の立ち上がりや、オンデマンド印刷などの軽印刷市場への進出など、より高速化、小型化が求められている。しかし、現在の電子写真プロセスでは、帯電、露光、現像、転写、クリーニング、感光体の除電、とと言うように多くの工程を有し、そのための様々なパーツを感光体の周辺に配置する必要があるために、機械の小型化においては限界があった。特に、カラー画像を出力するためには4色分(黒、イエロー、マゼンタ、シアン)の機構が必要のため、どうしても本体が大型化してしまう問題を有している。

このような機械本体の小型化に対する要求に対し、感光体の基体を透過性とし、従来ほとんど使用されることのなかった感光体内部に露光装置を組み込むことによって、小型化と高速化を両立するプロセスが考えられている。

そこで我々は、「感光体の基体を透明化する」という技術開発に着手することとした。

2 感光体の構成

一般的に、電子写真プロセス用の感光体は、高精度に加工されたアルミニウム製パイプ(30~200mm)に、下引き層(UCL)、電荷発生層(CGL)、電荷輸送層(CTL)を積層塗布、乾燥することによって得られる。内部からの露光によるプロセスを実現するためには、基体が像露光用光源に対して透過性を有し、かつ感光体の基体が接地されるよう、導電性を持つことが求められる。この他にも、低コストであることや、内部に露光源を有する為に交換作業が複雑になることから、実用化に当たっては、従来以上に耐久性が優れていることが望ましい。

単一素材において透明性と導電性を同時に付与することは、現在の技術においては困難であることから、透明な基体と透明な導電層との組み合わせによる機能分離によって、導電性透明基体の基本構成とした。

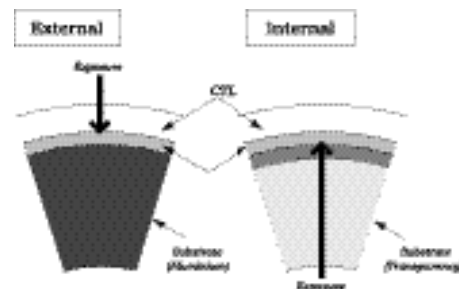


Fig.1 Cross section view of OPC and exposure methods

3 各構成の問題点と重要技術

3.1 透明基体材質の検討

透明な素材としては、ガラス、プラスチックがまず挙げられる。電子写真用の基体に求められる機能を以下にまとめた。

(a) 透過性

感光体として十分な感度特性を得るためには、露光波長に対して出来るだけ高い透過率を有することが望まれる。また、均一な画質を得るためには、基体の内周表面、外周表面、バルク中に、照射光を散乱させるような傷や歪みがないことも要求される。

(b) 基体の寸法精度

電子写真プロセスの高画質化、高速化に伴い、機械本体はもちろんのこと、感光体の機械精度も高レベルが求められる。例えば、非接触現像であるKNCプロセスに対応するためには、感光体表面と現像スリーブとの距離を一定に保つ必要があり、高画質を達成するためには、真直度、真円度がそれぞれ20 μm、真円度30 μmという

* ODカンパニー 機器サプライ生産事業部 第1開発センター
** ODカンパニー 機器開発統括部 第2開発センター

高精度が要求されている。

(c) 耐熱性、耐溶剤性

基体表面に感光層を成膜する工程において、有機溶剤との接触、及び加熱乾燥（100～120℃）が行われることから、これらに対する耐性が求められる。

(d) 量産性

感光体の生産を考慮する場合に、基体の量産性はコストに大きな影響を及ぼす。まずは(a)から(c)の特性を満たすことが必要となるが、量産性はその次に考えなければならない項目である。これらの要求項目に対して、ガラスは透過性、耐熱性、耐溶剤性には優れているものの、寸法精度や機械強度については改善の必要がある。最大の問題は、従来のアルミニウムに対して20倍以上のコストアップとなることである。一方、プラスチックは耐熱性、耐溶剤性が劣るものの、強度やコストについては有利であり、また樹脂の選択や成型方法によっては種々の要求性能を満足出来ることから、後者に絞って検討を行った。プラスチックをパイプ状に成型する方法としては、熱可塑性樹脂を加熱溶解しながら行う押出し成型が一般的である。しかしながら、寸法精度は真直度が200μm以上とかなり悪く、基体としての使用には不十分である。射出成型については、目標に近い精度を得られる見通しはあるが、金型からパイプを抜き取る際に、ある程度の傾き（テーパー）が必要であったり、金型が2つ以上になった場合には、継ぎ目（パーティングライン）がでてしまうことは避けられず、後加工が必須となる。また、熱可塑性樹脂一般に言えることであるが、加熱-冷却工程によって発生する応力歪みや、金型へ樹脂が流れた跡（ウエルドライン）も、内部からの露光においては露光像のゆがみ等の問題となる。

一方、遠心重合法と呼ばれる、アクリルモノマーを円筒状金型に注入し、回転させながら加熱することによって硬化、成型する方式のパイプは、優れた寸法精度と透過性を有しており、印刷の分野で使用されるドラムスキャナー（スキャンする写真などをドラムに貼り付け、これを高速回転しながら画像情報を読みとる高解像度用スキャナ）などにも採用されている。

このアクリルパイプは、透過率が92%以上という優れた透明性を有し、かつ真直度、真円度などの精度も十分なものである。また、ガラスに対して15倍程度の耐衝撃性を持つことから、機械本体内部での使用にも適している。

しかし、一般的なアクリル材料では感光層の成膜工程時に必要とされる耐熱性や耐溶剤性を満足することが出来ない。そこで、アクリルモノマーを重合する際に、架橋剤を添加することによって、3次元的な結合を導入して、よりガラスに近い特性を持たせることが考えられる。

アクリル樹脂に架橋剤を添加した場合、分子鎖間が3次元的に結合されるため、有機溶剤への溶解性や、加熱

時の分子運動増加による変形が抑制されるなどの利点がある。しかし、架橋剤の種類によっては樹脂が着色し、透明性を低下させてしまう問題があるため、材料の選択には注意を要する。

架橋剤を添加したときの耐熱性の向上を確認するため、比較的着色が起り難い架橋剤を添加したアクリル樹脂サンプルのガラス転移点測定を、示差走査型熱量測定器(PERKIN ELMER社製：DSC-7)にて行った。

このように、架橋剤を添加することにより、無添加のアクリル樹脂に対して、5～6℃前後のガラス転移点温度の上昇が確認された。また、耐溶剤性の確認も併せて実施したが、感光層の塗布工程にて使用される溶剤への浸漬テストにおいて、十分な耐性を有していることが確認された。

Table 1 Glass transition temperature of acrylic acid resin pieces

Sample		Tg(℃)
Acrylic acid resin		125.0
Bridged acrylic acid resin	Sample A	130.9
	Sample B	131.8

そこで、実際に遠心重合によって、80×360×3tのパイプ成型を行い、120℃で加熱前後の寸法精度の変化量を確認したところ、通常のアクリルパイプが5～10倍程度の精度低下を起こしているのに対して、架橋剤を添加したアクリルパイプは、加熱前後の真直度、真円度の変化が抑制され、特にBタイプの架橋剤を添加したアクリルパイプは、変化はほとんど認められなかった。

Table 2 Deformation of the dimension precision before and after heating

Sample	Deviation from straightness(μm)		Deviation from circularity(μm)		
	before heating	after heating	before heating	after heating	
Acrylic acid resin	23.3	214.6	42	242.2	
Bridged acrylic acid resin	SampleA	28.1	112	23.9	92.9
	SampleB	19.2	22.3	20.7	21.8

3.2 透明導電層

透過性を有する導電層を設置する場合、金属酸化物の蒸着やスパッタリングが一般的である。しかしながら円筒状の基体に行おうとした場合には、製造コストがかなり高くなってしまいう問題がある。

一方、金属酸化物を微粒化し、バインダー樹脂と混合することによって得られる透過性導電インキは、透明性

や導電性についてはやや劣るものの、一般的な浸漬塗布やスプレー塗布などによる成膜が可能であり、低コストで透過性に優れた導電層を設置することが出来る。透過性については、目視ではやや着色が認められるが、半導体レーザーやLEDアレイなどの光源（600～800nm）に対して、金属酸化物の微粒子がこれらの波長以下の粒径の場合、十分な透過性を有する。代表的な材料として、ITO、SnO₂などの金属酸化物分散型、ポリピロールなどの導電性ポリマーの透過性及び表面抵抗値について確認した。

Table 3 Transmittance and surface resistivity of conductive layers

Sample	Metal oxide dispersion layer		Conductive Polymer
	ITO	SnO ₂	Polypyrrole
Transmittance (%T)	87	90	68
Surface resistivity (/)	1.1 × 10 ⁴	7 × 10 ⁵	5 × 10 ⁴

導電性ポリマーは、表面抵抗値については優れているものの、露光波長（680nm）における透過率が低いため、感光体の感度低下が予想される。一方、金属酸化物の樹脂分散液については、透過率、表面抵抗値の何れも優れた特性を示す。

これらの導電層と、感光層を組み合わせる場合、以下の項目に挙げられる電子写真特性を満足する必要がある。

- (1) 帯電性が良好なこと
- (2) 暗減衰が小さいこと
- (3) 光減衰（感度）が良好なこと
- (4) 残留電位が少ないこと

実際に感光体の導電性基体として使用した場合、特に(1)と(2)が不十分であることが解った。これは、導電層から感光層へのホール(+ 電荷)注入が起きると、感光層の表面電荷(- 電荷)がうち消され、帯電性は低下

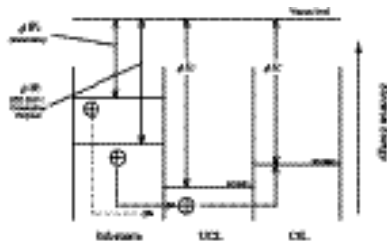


Fig. 2 Energetic diagram at the interface among substrate, UCL and CGL

導電層から感光層へホール(+ 電荷)注入が起きると、感光層の表面電荷(- 電荷)がうち消され、帯電性は低下

する。局所的な帯電電位の低下は、黒ボチやカブリなどの画像欠陥を引き起こす。

良好な画像特性を得るためには、感光層へのホールの注入をブロックする必要がある。アルミニウムなどの金属を用いた場合には、仕事関数(W)が十分に小さいため、下引き層との界面においてホールの注入が阻止され、十分な帯電性が得られる。そこで、各透明導電性材料の仕事関数を測定し、下引き層のイオン化ポテンシャルとの差を求めた。

Table 4 The difference between ionization potential of UCL(I) and work function of conductive layer(W)

	Aluminium	Metal oxide dispersion layer		Conductive Polymer
		ITO	SnO ₂	Polypyrrole
Delta eV (eV)	1.66	0.84	0.44	0.64

Table 4 に示す通り、透明導電材料の中では、ITO樹脂分散液が最も下引き層との仕事関数差が大きい。感光体の基体として使用したときの性能を確認するため、透過機能基体上にこれらの導電層を成膜し、簡易型静電試験器にて帯電特性を測定した。Fig .3 に示したように、エネルギー差と感光体の帯電性の間には相関が認められ、特にITO樹脂分散液については、アルミニウムと同等レベルの良好な帯電性が得られた。

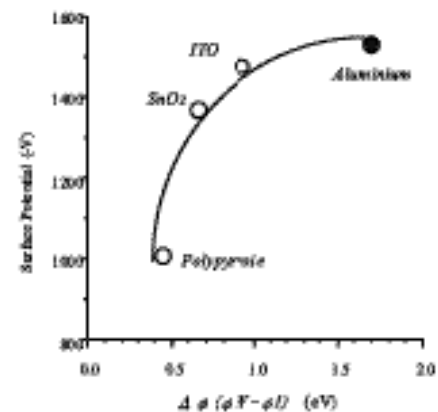


Fig. 3 Relationship between and surface potential

以上より、透明導電層としてITO樹脂分散液を採用することとした。

4 感光体の基本特性

これまで得られた結果を元に、Table 5 に示すような構成で感光体ドラムを試作した。

Table 5 Specification of the Transparency Photoconductor

Size	80 × 360, t=3mm
Substrate	Brigid acrylic acid resin pipe by centrifugal polymerization cast
	ITO dispersion layer (0.8 μm)
Under Coat Layer	Copolymerization polyamide (0.5 μm)
Charge Generation Layer	Y-Form Titanyl Phthalocyanine (0.3 μm)
Charge Transport Layer	Polycarbonate resin Stilbene compound

この試作ドラムを、Table 6 に示すような内部露光型のフルカラープリンター試作機に投入し、基板の内部と外部からLEDアレイで露光したときの光減衰曲線を測定した。

Table 6 Specification of color printer

Printer Size	450H × 500W × 520D
Print Speed	15PPM (A4 size) 7PPM (A3 size)
Line Speed	75mm/sec
Photoconductor	Transparent drum 80
Image Exposure	Internal exposure Unit (4 LED heads 300dpi 685nm)
Charger	Scorotron chargers
Development	Two-component and non-contact development

Fig. 4 に示すように、機体内部からの露光によっても、十分な感度特性が得られており、背面露光プロセスへの対応が十分可能であることが確認された。

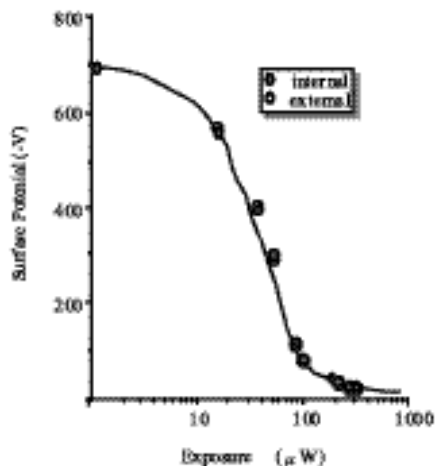


Fig. 4 Photo-induced discharge curve by internal exposure in comparison with external exposure

感度測定後、実際にフルカラー画像を出力したところ、感光体寸法精度の低下による歪みや、ホールの注入による黒ポチャやカブリなどは確認されず、当初の目的であった高画質画像を出力することが出来た。

また、耐久性について確認するため、コニカの中高速デジタル複写機 (Konica 7060) へ搭載し、連続コピー動作における電位特性推移を調べた。

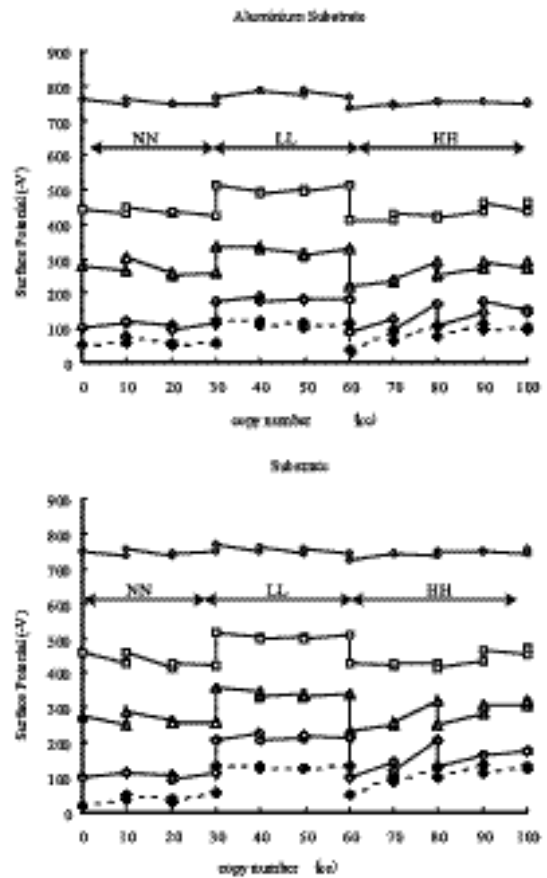


Fig. 5 Cyclic stability under various environmental conditions

一般環境の他に、低温低湿および高温高湿環境における感光体の表面電位推移を、通常のアリミニウムを用いた製品と比較した。Fig. 5 に示すように、連続コピー動作においてもアルミニウム基体を有する感光体と同等の繰り返し電位安定性を有していることが確認された。

5 まとめ

遠心重合法によって得られた、透明且つ高精度な架橋型アクリルパイプと、導電層としてITO樹脂分散層を用いることによって、内部露光プロセスに対応した高速カラー機用感光体の実用性に見通しを得ることが出来た。この技術が、現在の電子写真市場には見られないような、魅力ある製品を生み出すための素地となることを期待したい。

参考文献

- 1) 羽根田 哲 他: Japan Hardcopy, 95論文集, 1
- 2) 時松 宏行 他: Japan Hardcopy, 96論文集, 149
- 3) 小野寺 正泰 他: Konica Technical Report 99, 41