

大面積フレキシブル光センサー

染谷 隆夫

Large-Area, Flexible Image Sensors

Takao SOMEYA

A large-area, flexible, and lightweight sheet image scanner has been successfully manufactured on a plastic film with integrating high-quality organic transistors and organic photodetectors. Since this area-type image-capturing device does not require any optics or any mechanical scanning devices, it is innovatively light to carry, shock-resistant and potentially inexpensive to manufacture.

Key words: organic semiconductors, organic transistors, image sensors, flexible sensors

有機半導体の薄型・軽量性、フレキシビリティ、低コスト性を活用した新しいエレクトロニクスが注目を集めている。特に、有機半導体をチャンネル層に用いた柔らかい電子スイッチ（有機トランジスター）の性能が近年大幅に向上し、曲がるディスプレイ、無線タグ、大面積センサーなど応用研究が活発になってきている。

筆者らは、大面積エレクトロニクスの新たな展開として、有機トランジスターで超薄型スキャナーを実現した¹⁻³⁾。このスキャナーは、光センサーと電気回路が同時にプラスチック・フィルム上に集積されて、はじめて試作が可能となったものである。従来のスキャナーは、光センサーが一直線上に並んだ次元アレイを機械的に上から下に動かして、文字や絵などの画像データをコンピューターに読み込んでいた。それに対して、今回は、有機ダイオードからなる光センサーを二次元状に並べ、機械的に掃引するかわりに、有機トランジスターで電子的にスキャンして画像を取り込む方式を採用した。有機トランジスターを使ったことで、機械的に動かす部品やレンズなどの光学部品を用いることなく画像のスキャン取り込みができるようになった。その結果、薄くて軽いスキャナーを実現できた。また、プラスチック・フィルム上に作製されており、曲げることができる。このため、モバイル用途に最適のスキャナーであり、ポケットに丸めて持ち運ぶこともできる。今までスキャンがむずかしかった本の曲がったペー

ジにも、ぴったりフィットして画像スキャンができる。ワインのレベルも剥がさずにボトルについたまま画像スキャンできるなど、ユニークな使用法が広がりそうだ（図1）。本稿では、このシート型スキャナーの製造技術・回路技術について解説する。

1. デバイスの構造

スキャナーの構造模式図と各層の化学構造式を図2に示す。有機トランジスター・マトリックスと有機ダイオード・マトリックスは、それぞれ別のプラスチック・フィルム上に製造される。2枚のフィルムの端子同士がパターンニングされた銀ペーストで貼り合わされている。全体写真と回路図を図3に示す。

試作したスキャナーの1セルの大きさは、 $700 \times 700 \mu\text{m}^2$ で、これは、36 dpi（1インチあたりの画素数）に相当する。画像取り込み面積は $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 、厚さは0.4 mm、重さは1 g以下である。72×72のアクティブマトリックスは、ペンタセンをチャンネル層にした有機トランジスターで構成されている。有機半導体層と電極層は真空蒸着法で形成され、メタルマスクでパターンニングが施されている。基材として、厚み125 μm のポリエチレンナフタレート（PEN）を用いている。ポリイミド前駆体をスピコートで塗布し、180°Cで硬化後に厚み630 nmのゲート絶縁層を得る。有機トランジスターのチャンネル長は18 μm 、移動度は $0.7 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ である。有機ダイオードは、抵抗率

東京大学大学院工学系研究科量子相エレクトロニクス研究センター（〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1）
E-mail: someya@ap.t.u-tokyo.ac.jp



図1 製造されたシート型スキャナーのイメージ写真。ワインボトルのラベルもそのままスキャンできるなど、ユニークな利用方法が期待できる。

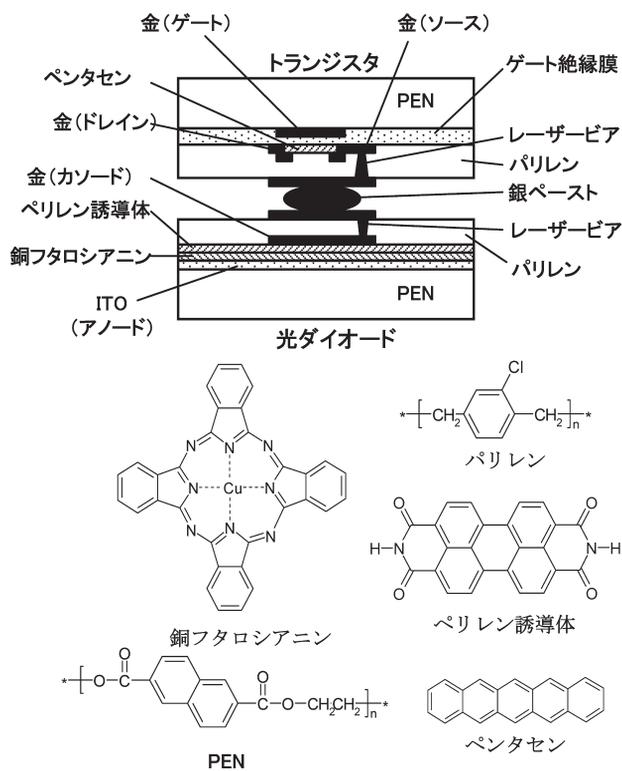


図2 シート型スキャナーの断面模式図と各層の化学構造式。有機トランジスタシートと有機ダイオードシートをそれぞれ別のフィルムに製造し、銀ペーストで貼り合わせている。

95 Ω/□のITOをコートしたPENフィルムを基材としている。まずp型半導体として銅フタロシアニン、n型半導体としてペリレン誘導体を蒸着し、金層をカソード電極として成膜する。銀ペーストを用いて端子同士を貼り合わ

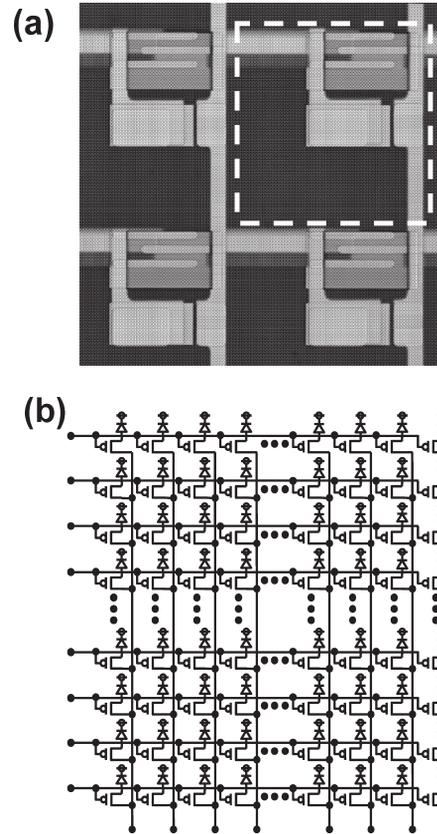


図3 (a) シート型スキャナーの拡大写真。1セルの大きさは、700×700 μm²で、これは、36 dpi (1インチあたりの画素数)に相当する。(b) スキャナーの回路図。

せ、有機トランジスタとダイオードを集積化する。

2. 動作原理と電気特性

シート型スキャナーが、どのようにして白と黒を判別しているか説明する(図4参照)。白い部分と黒い部分がある紙の上に、格子状に光センサーを並べたシートを置いて見る。実は、ただ光センサーを並べただけでは、直接光センサーに入射してくる光のために、どちらのセンサーにも電気信号が発生し、黒と白を判別できない。そこで、筆者らは、「遮光層」を導入して、この問題を解決した。光センサーの真上に反射ミラーを載せて、直接光がセンサーに届かないように工夫した。

遮光層のない部分は透明で、光はシートを透過して、紙に到達する。入射した光の約半分が紙に到達するように設計されている。紙に到達した光は、白い部分では反射されて光センサーに到達し、電気信号を発生する。一方で、黒い部分では、光は反射されないため、センサーは電気信号を発生しない。このようにして、シート型スキャナーは黒と白を区別している。

実際に、遮光層を有する光センサーを用いて、反射の配置で実験を行った。紙の黒い部分と白い部分のそれぞれの

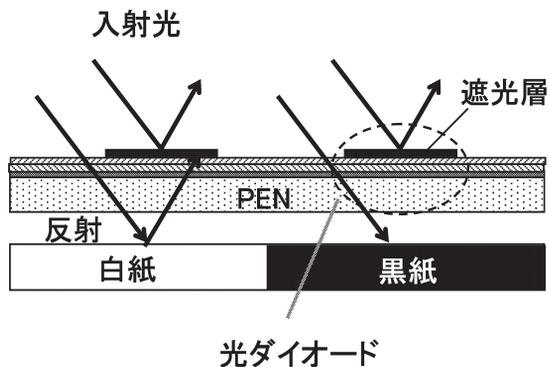


図4 シート型スキャナーの動作原理。シートの透明な部分を通じた光は、紙の表面に到達する。この光は、白い部分では反射されて光センサーに到達し、電気信号を発生する。一方で、黒い部分では、光は反射されず、電気信号も発生しないので、黒と白を判別できる。

上に光センサーシートを載せ、光は一様に正面から照射した。黒い部分は、通常のレーザープリンターで黒のトナーを印刷したところである。下地が白と黒の場合に応じて、光電流の大きさが異なり、 -4 V の逆バイアス印加時に、8:1のコントラスト比が得られた。

ここで、シート上に配列された光センサーによって、反射型の配置で本当にイメージが取れるかどうか原理実験を行った。用いられたデバイスは、 $100\ \mu\text{m}$ 間隔 (250 dpi 相当) で 8×8 の格子状に並べられたダイオードのアレイで、有機トランジスターは集積されていない。ダイオードのカソード電極の寸法は $50\times 50\ \mu\text{m}^2$ である。このシートデバイスを紙に通常のレーザープリンターで印刷された白い「T」の文字の上に重ねて、光を照射した ($80\ \text{mW}/\text{cm}^2$)。ターゲットとした「T」の顕微鏡写真と光センサーシートの光電流分布を図5に示した。「T」の文字に対応した分布が得られている様子が示されており、原理の正しさを立証している。

有機トランジスターはシリコンに比べて遅いという欠点を有する。このため、シート光センサーの解像度が将来向上し、かつ実効面積が増加すると、単純ワード・ビット線構造ではスキャン時間に数千秒も要すると試算される。また、感度の低下も懸念される。この欠点を解決するため、筆者らは、有機トランジスター製造したプラスチック・

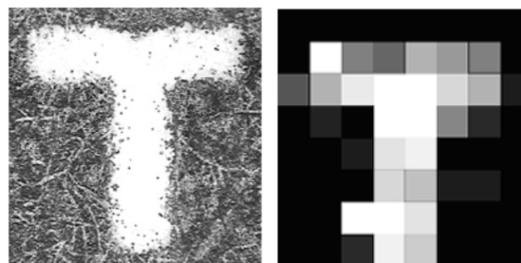


図5 シート上に配列された光センサーによるイメージングの実験。図は、ターゲットとした「T」の顕微鏡写真(左)と光センサーシートの光電流分布(右)を示している。

フィルムを2層積み重ねた新しい有機回路手法を試作した。その結果、動作速度を5倍、消費電力を7分の1に低減することが示された。この2重ワード・ビット線はシート型スキャナーのみならず、電子人工皮膚などの他の大面積センサーに対しても応用することができる。大面積エレクトロニクスには必須の技術である。もちろん、同様の手法は、電子ペーパーの駆動回路などディスプレイ応用にも有用である。今後は、有機デバイスの信頼性に関する問題を解決する一方で、遅くてばらつきが大きな有機トランジスターを使いこなす回路技術の開拓を進めることによって、有機トランジスターの応用範囲がより一層広がっていくことを期待したい。

本研究の一部は、文科省ITプログラム、科研費の助成を受けて進められた。

文 献

- 1) H. Kawaguchi, S. Iba, Y. Kato, T. Sekitani, T. Someya and T. Sakurai: "A 3-D-stack organic sheet-type scanner with double-wordline and double-bitline structure," *IEEE Sensors J.*, **6** (2006) 1209-1217.
- 2) T. Someya, S. Iba, Y. Kato, T. Sekitani, Y. Noguchi, Y. Murase, H. Kawaguchi and T. Sakurai: "A large-area, flexible, and lightweight sheet image scanner," *2004 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM)*, #15.1 (2004) pp. 365-368.
- 3) T. Someya, Y. Kato, S. Iba, H. Kawaguchi and T. Sakurai: "Integration of organic field-effect transistors with organic photodiodes for a large-area, flexible, and lightweight sheet image scanner," *IEEE Trans. Electron Devices*, **52** (2005) 2502-2511.

(2006年7月4日受理)