

印刷法によるフレキシブルメモリ素子の作製

全印刷フレキシブル表示デバイスの実現に向けて

らせん構造のポリペプチドや DNA といった生体高分子材料を用いて、印刷法により強誘電性電界効果トランジスタ型のメモリ素子を作製する技術を開発した。これは、生体高分子間の相互作用を制御することによって実現した。この技術で全印刷によるフレキシブルディスプレイをはじめ、さまざまなユビキタス情報端末の開発が加速するものと期待できる。

We have developed novel ferroelectric materials with helical biopolymers, such as polypeptides and DNA. Using the materials, a memory device of ferroelectric field-effect transistor was fabricated with a printing method. This technology will accelerate the development of all-printed fabrication of ubiquitous information terminal such as a flexible display.

メモリ素子のフレキシブル化の問題点

次世代の携帯情報端末機器の開発では、携帯の利便性向上などの点から、フレキシブルデバイスに対する期待が高まっている。フレキシブルデバイスの作製には、高温加工が使えないことや、大量生産性が要求されることから、印刷法による生産が期待されている。特にフレキシブルディスプレイについては、これまでに印刷法による表示部や薄膜トランジスタ (TFT) 回路部などの研究が進められてきた。最近、これらの素子にメモリ機能を持たせることで消費電力が低下し、携帯情報端末としての普及が進むと期待されている。こうした背景から、印刷によるメ

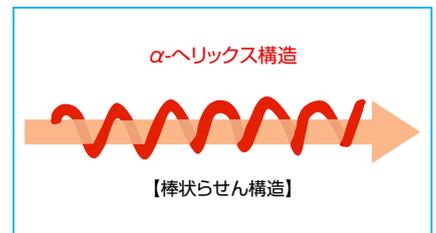


図1 ポリペプチドのヘリックス(らせん)構造

モリの作製技術が盛んに研究されるようになってきた。これまで、印刷可能な素子として、溶媒に溶ける強誘電性高分子材料を用いた強誘電体 TFT 型のメモリ素子などが研究されているが、均一な膜の製造や素子間の特性のばらつきの抑制が困難、作製プロセスが複雑、駆動電圧が著しく高いといっ

植村 聖 うえむら せい
sei-uemura@aist.go.jp

光技術研究部門
有機半導体デバイスグループ
(つくばセンター)

入所以来、有機半導体を用いた受光素子や電界効果トランジスタの研究開発に従事してきた。近年は特に印刷法によって作製した FET で液晶ディスプレイを駆動させることを目的に、印刷保護膜や絶縁膜の開発に重点を置いている。そして、フレキシブル電子デバイスの印刷法による作製技術を、実用化のレベルに押し上げることを目標として努力している。

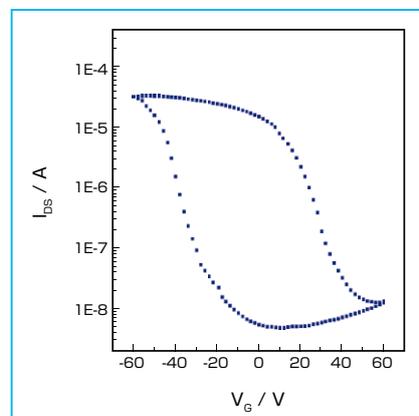


図2 伝達特性で観察されるヒステリシス挙動
ゲート絶縁膜をポリペプチド、活性層を有機半導体とした場合のドレイン電流 vs. ゲート電圧特性

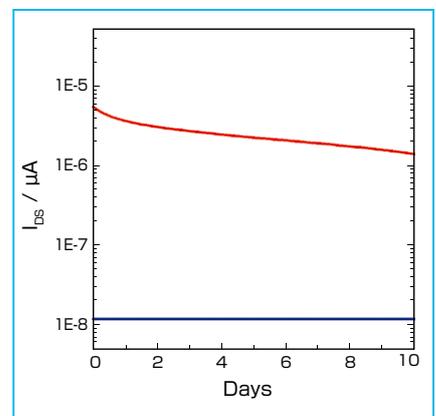


図3 メモリ保持特性

た理由から、実用化できる素子を開発する目処がついていなかった。

生体高分子材料の利用

われわれは、溶液プロセスが容易な有機材料の特性を生かして、迅速かつ大量供給が可能な印刷による各種電子デバイスの開発を目指している。そのなかで、有機メモリ素子の実現を目標に、強誘電性有機材料の研究をしてきた。高分子材料は溶媒に溶けるものが多く、インク化して印刷法を適用することができる。図1のような棒状のらせん構造をとっているポリペプチドやDNAといった生体高分子材料は、その棒状構造のため単純な塗布工程でも分子軸が基板面に平行に配列した均質性の高い薄膜を作製することができる。このような生体高分子膜は、強誘電性を示すので、半導体層に有機半導体を用いた有機 TFT 型のメモリ素子を作製した。その素子のドレイン電流-ゲート電圧特性は大きなヒステリシスを示し、メモリ性があることを示した(図2)。さらに、ドレイン電流のオン/オフ比は、ゲート電圧が0Vの時に3桁以上あり、実用レベルに近いスイッチング特性を示した。

分子間相互作用の制御と膜の均質化

しかし全ての棒状構造のポリペプチドやDNAが強誘電性を示すわけではなく、その特性は分子の1次構造や分子量などに大きく影響される。そこでわれわれは、分子間相互作用の強さが大きな要因であることを見出し、その相互作用を最適の状態に制御することで、強誘電性を持つ薄膜の作製に成功した。さらにポリペプチドやDNAなどに、それらと分子の1次構造が似通った非晶性の合成高分子を混合した高分子ブレンドを用いると、動作電圧が低く、素子間のバラツキの少ない優

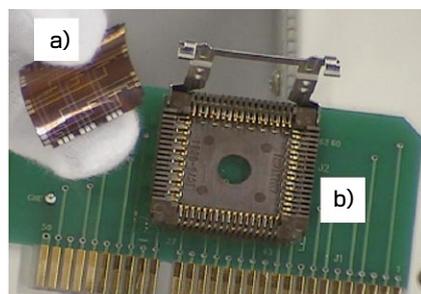


図4 a) フレキシブル基板上に作製した3×3個のメモリ素子と、b) 測定用ソケット。

れたメモリ性を示す素子ができた。一般的に、結晶性が高い高分子材料は、密度が疎な部分と密な部分に分かれることが多く、それが素子特性のバラツキを引き起こす原因になっていた。そこに、非晶性高分子を混合すると、生体高分子間の分子間距離が長くなり、分子間の相互作用が小さくなって結晶性が低下して、より均質な膜が作製できるようになったのである。

印刷メモリ素子の保持特性と動作検証

誘電体層にポリペプチド膜、半導体層に有機半導体を用いたメモリ素子を試作し、メモリ保持特性を測定した。その結果、この素子は、ゲート電圧がオフの状態でも記録状態を安定に保持することができ、10日以上経っても2桁のドレイン電流のオン/オフ比を保持できることが確認できた(図3)。今

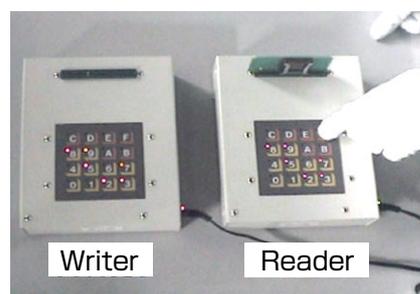


図5 メモリ検証実験

各番号のLEDはメモリ素子1つ1つに対応している。Writer(書込み器)はデータを書き込んだ場所のLEDが点灯。Reader(読出し器)は読み出された箇所のLEDのみ点灯。

回開発した強誘電性生体高分子薄膜を用いて、プラスチックフィルム上への塗布ならびにスクリーン印刷法により3×3のメモリアレイを試作した(図4)。その結果、ばらツキの少ない特性が得られ、その書き込みと読み出しの検証を行ったところ、メモリとしての動作が確認できた。

今後の展開

今回の試作では、3×3という小さなアレイでの動作確認であったが、今後は集積化技術の開発に取り組み、より大容量のメモリ素子を作る技術の開発に取り組んでいく。また、この成果は、表示デバイスにメモリ性を付与し消費電力の削減を実現する技術としても期待できることから、表示デバイスへの組み込み技術の開発にも取り組んでいきたい。

関連情報：

- 共同研究者：鎌田俊英（光技術研究部門）
- 本研究開発成果の一部は、NEDO 技術開発機構の委託事業「高効率有機デバイスの開発（平成14～18年度）」で得られたものである。
- 特願2005-083732「情報記録素子」植村 聖、鎌田 俊英
- 産総研プレス発表：2005年12月19日「印刷によりプラスチック基板上にメモリ素子を作製—全印刷フレキシブル電子デバイスの実現に向けて—」
- 投稿論文：S. Uemura, A. Komukai, R. Sakaida, T. Kawai, M. Yoshida, S. Hoshino, T. Kodzasa, T. Kamata, Synth. Met., vol.153, pp.405-408 (2005)