

# ナノフレキシブルシステムの バイオ医療応用

研究代表者

染谷 隆夫

Takao Someya

東京大学大学院工学系研究科 教授



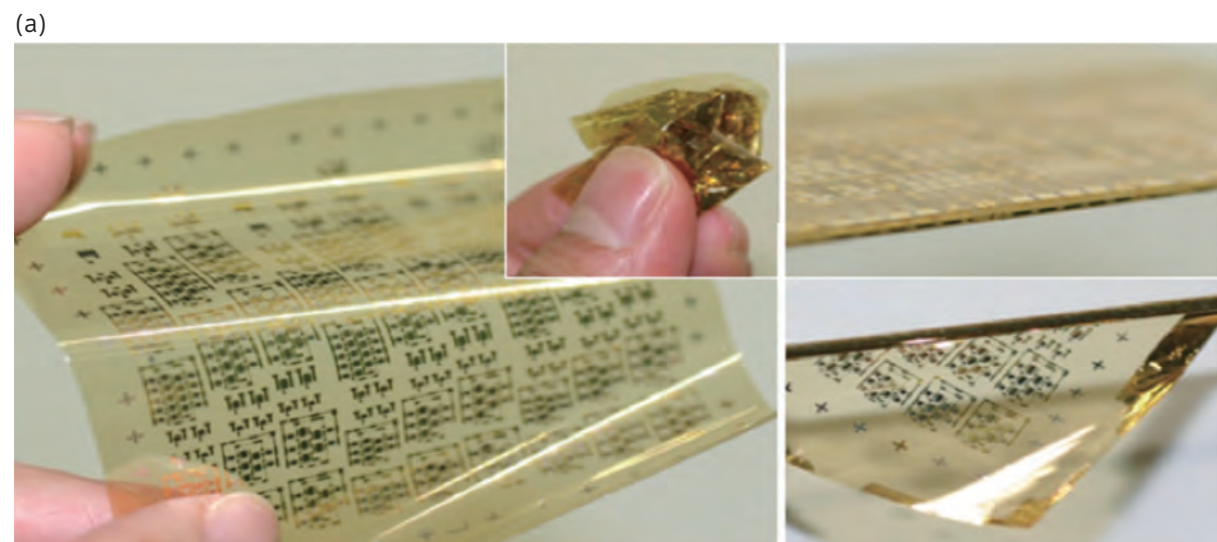
関谷 毅

Tsuyoshi Sekitani

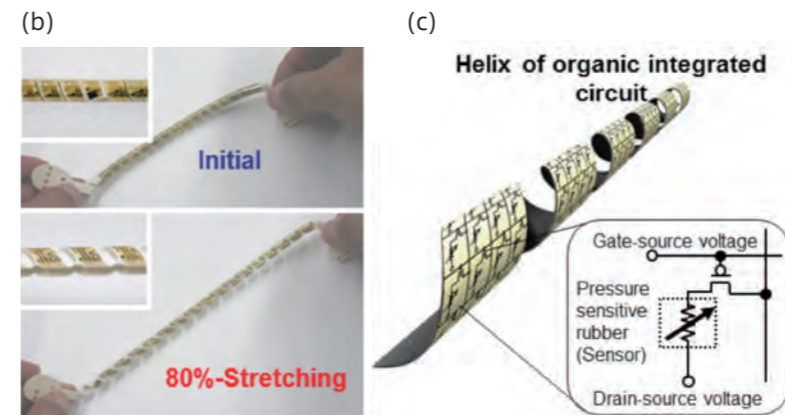
東京大学大学院工学系研究科 准教授

有機トランジスタは、有機半導体をチャンネル層に用いた電子スイッチで、有機ELなどに続いて実用化が期待されている。有機トランジスタは、インクジェットなど低温プロセスによってプラスチック基材上に容易に製造することができる。そのため、軽量・薄型性、可とう性、大面積性に優れる。この特徴はシリコンなど無機半導体を中心とした既存のエレクトロニクスとは相補的であり、有機材料の柔らかさなどを生かした次世代のコピキタス情報エレクトロニクスへの期待が高まっている。特に、電子ペーパーなどフレキシブルディスプレイや曲がるシート型無線タグなど一部の用途は企業における実用化フェーズの研究となった。さらに、電子人工皮膚や電子人工鼻など有機トランジスタの新応用も続々と報告されている[1-3]。

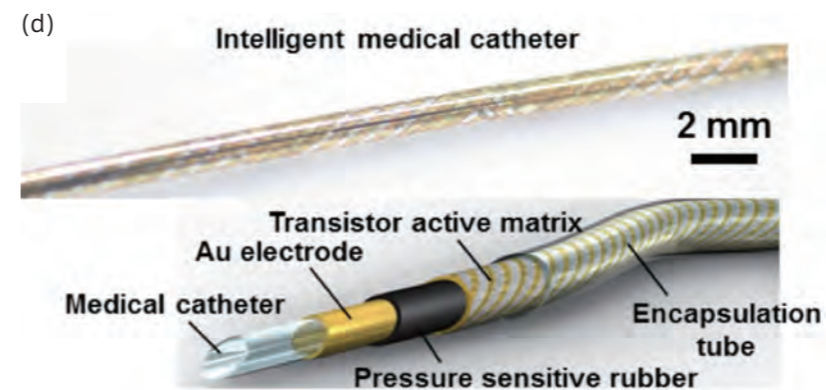
有機トランジスタの材料研究では、有機半導体の研究が中心であり、活発な研究の結果、移動度、オンオフ比、大気安定性などが著しく改善されている[4-8]。一方で、有機トランジスタの性能を最大限に引き出すために、有機半導体以外の材料にもより高度な特性が求められるようになってきた。特にプラスチックフィルムにダメージを与えない低温プロセスで、高い絶縁特性と高い機械的フレキシビリティが両立されたゲート絶縁膜を開発することは、有機トランジスタの高性能化、低電圧駆動において極めて重要である。これに関連して、ナノ寸法の単分子が持つ優れた電気的特性を利用して、エレクトロニクス素子の高性能化、高機能化を行う分子エレクトロニクスの応用研究が注目を集めている。



図(a) フレキシブル有機集積回路



図(b) 螺旋型フレキシブル圧力センサと  
(c)回路図



図(d) 医療用カテーテル表面に  
フレキシブルセンサを展開したイン  
テリジェントカテーテル

分子個々においては優れた電気的・機械的性能を発現させることは知られているが、これを大面積に展開させると、不均一性により機能が維持できない。我々の研究グループでは、ある種の自己組織化単分子は室温において自己組織化現象により、均一かつ緻密に製膜され、大面積に展開しても優れた機能発現を堅持できる性質を見出し、この現象をフレキシブルかつ高性能な有機集積回路の研究開発に用いてきた[9,10]。

その代表例が、トランジスタ構造において最も重要とされるゲート絶縁膜に高い絶縁性を有する自己組織化単分子膜を用いる研究である。実際に、ゲート絶縁膜に自己組織化単分子膜(n-オクタデシルホスホン酸)を用いた結果、100ミクロン以下の薄膜フィルム基材上に1~3Vというシリコンに匹敵する低電圧駆動と、折り曲げ半径0.1mm以下を持つ電気的性能と機械的性能を両立した有機トランジスタを実現した。さらにこれを応用したフローティングゲート型メモリ、低消費電力の有機CMOSロジック回路を実現してきた[11]。

本発表では、この大面積でも機能発現する自己組織化単分子技術を用いて、世界最薄膜1.2ミクロンフィルム基材上に高性能有機トランジスタ集積回路を作製したので

紹介する。特に、有機ナノ材料の柔らかさ、生体親和性を活かした新しいフレキシブル医療用デバイスの開発について紹介する。具体的には、有機トランジスタを高度に集積化した圧力センサネットワークを細径カテーテル表面に展開した次世代カテーテル(図参照)と、生体信号増幅回路を搭載した高感度フレキシブル筋電計測システムについて詳細に報告する。

## 謝辞

本研究は、JST/CREST、JST/ERATOの支援を受けて進められた。

## 参考文献

- [1] T. Someya et al., Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 101, 9966 (2004).
- [2] T. Someya et al., Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 102, 12321 (2005).
- [3] T. Sekitani et al., Nature Mater., 6, 413 (2007).
- [4] T. Yamamoto et al., J. Am. Chem. Soc. 129, 2224 (2007).
- [5] Y. Yamashita et al, Chemistry Letters, 38, 870 (2009).
- [6] T. Umeda, et al., J. Appl. Phys., 105, 024516 (2009).
- [7] S. A. DiBenedetto, et al., J. Am. Chem. Soc., 131, 11080 (2009).
- [8] H. Minemawari, et al., Nature 475, 364 (2011).
- [9] H. Klauk et al., Nature, 445, 745 (2007).
- [10] T. Sekitani et al, Nature Materials, 9, 1015 (2010).
- [11] T. Sekitani et al., Science, 326, 1516 (2008).