

ペラペラセンサで健康管理

竹下 俊弘

IoT時代の到来とともに、いたる所にセンサを搭載してデータ取得を行う研究開発が盛んに行われている。それは、車、インフラ、工場から人体にまで及ぶ。これまでの機械や構造物を対象としたセンサは信頼性を重視し、重く、頑丈なものであった。そのため、人が装着する場合、その装着感が問題となり、簡単に人体に転用することができなかつた。そこで、人体を対象とするスマートなセンサ実現のために注目されている技術が、FHE (flexible hybrid electronics) と呼ばれる技術である。FHEは従来のIC・MEMS技術と、以下に示すプリントエレクトロニクス技術を組み合わせ「薄い・軽い・曲がる」を特徴とする製造技術であり、これらの特徴は、人体を対象とする応用に非常に相性が良い。本稿ではプリントエレクトロニクス技術の概要およびFHE技術の現状と、そのヘルスケア応用に関して紹介したい。

プリントエレクトロニクス技術とは、従来の印刷技術を応用して、電子回路や部品を印刷形成する技術であり、低コスト、大面積、一括形成が可能という特徴をもつ。東京大学桜井教授・染谷教授の研究室ではプリントエレクトロニクス技術を用いたセンサデバイスの研究開発を行っている。インクジェット印刷を用いて12.5 μm のフィルム基板に有機ダイオード、トランジスタ、キャパシタを含む有機集積回路を形成することで、柔らかい水分センサの作製に成功した¹⁾。このデバイスはワイヤレス給電および通信が可能であり、表面に付着する水分の検知を行う。簡単な構成ではあるものの、完全なシート型のワイヤレスセンサであり、おむつや絆創膏などへの応用が期待される。しかし、現状では印刷電子部品は既存の電子部品と比較して、性能・消費電力・安定性などで劣る。特に信号処理や無線通信を行うために高速な動作が必要なMCU (micro controller unit), RF-IC (radio frequency IC) などの印刷技術での作製は実現できていない。イリノイ大学RojersグループはICチップ、LED、ディスクリット部品(抵抗、コンデンサなど)を皮膚に貼り付くほど薄いフィルム上に実装し、筋電、脈拍、血中酸素飽和度などの生体情報を取得可能な、高機能なタトゥー型のセンサデバイスの開発を行った^{2,3)}。このデバイスはフィルムが極薄であるため皮膚に貼りつけることが可能であるが、それでも硬いICチップやディスクリット部品が使われている点で装着感に難がある。

そこで、既存の高機能なICチップを使用し、かつフ

レキシブル性を実現するために、ベアダイ(シリコンウエハから切り出し、パッケージング前状態)のオペアンプ・MCU・RF-ICなどを加工し薄化する手法がとられている。加工方法としては、一般的にはチップ裏面を研磨するCMP (chemical mechanical polishing) が用いられる。薄化されたデバイスの耐久性は加工面の表面粗さによって決まるが、CMPでは加工面を鏡面まで仕上げることが可能であるため、高耐久性をもつ極薄チップが作製可能である。ベルギーの国際研究機関であるInteruniversity Microelectronics Center (IMEC) のVanfleterenグループはMCUを20 μm まで薄化し、そのフレキシビリティと性能に関して報告した⁴⁾。厚さ20 μm のMCUは、曲率半径3.3 mmの条件においても動作し、また薄化することで、曲げによる性能変化を低減できることが示された。同論文では、薄化したMCUやRF-ICを用いたパッチ型センサデバイス(厚さ150 μm)に関する報告されている。すべての部品が極薄というわけではないが、このデバイスがFHEデバイスの一つの形であるといえよう。

これらは衣類や皮膚に実装する、いわゆるウェアラブルセンサデバイスとして開発されているが、体内に装着する形態のデバイスも研究が進められている。内蔵に直接貼り付けるデバイス⁵⁾から、「デジタル薬剤」と呼ばれるものまである⁶⁾。患者が飲み込んだデジタル薬剤は、胃の中に留まり、特定の薬の服用を検知すると信号を発する。その信号を体表面のパッチ型受信機が検出し、患者が正しく服薬を行っているかモニタリングする仕組みとなっている。

以上のように、技術の進歩により体内外で生体情報を取得するスマートなセンサが実用レベルで完成しつつある。日本のみならず世界中で高齢化が進むなか、これらセンサデバイスの、さらなる開発・発展が期待される。

- 1) Fuketa, H. et al.: 2014 IEEE International Solid-State Circuits Conference Digest of Technical Papers (ISSCC), p. 490 (2014).
- 2) Baoxing, X. et al.: *Adv. Mater.*, **28**, 4462 (2016).
- 3) Jeonghyun, K. et al.: *Sci. Adv.*, **2**, e1600418 (2106).
- 4) Jeroen, V. D. B. et al.: *Solid-State Electron.*, **113**, 116 (2015).
- 5) Kazunori, K. et al.: *Nat. Commun.*, **3**, 723 (2012).
- 6) Hooman, H. et al.: *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, **62**, 99 (2015).