

硬く高性能な材料や素子を用いた柔らかく伸縮可能な電子デバイス

早稲田大学 岩瀬英治

近年、フレキシブルなセンサやディスプレイ、太陽電池などフレキシブルデバイスが盛んに行われている。このようなフレキシブルデバイスを実現するために、多くの研究では有機 EL や有機半導体のような有機材料を用いている。有機材料は、半導体材料や金属材料と比べた場合、機械的変形に対しては良い特性を持つかもしれないが、電気的特性は及ばない場合が多い。そこで我々は、良い電気的特性をもつ“硬い”材料を用いて、“柔軟な”デバイスを実現することを考えた。本発表において、「スタンピング転写」と呼ぶフレキシブル基板上への Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) デバイスの統合手法や、「自己修復型金属配線」と呼ぶ伸縮デバイス用の配線の研究などについて紹介する。

「スタンピング転写」とは、別々の基板上で製作した半導体・MEMS 素子などの微小構造を、フレキシブルな基板上へ 3 次元的に統合可能な手法である [1]-[3]。この「スタンピング転写」だけでも曲げ変形可能なフレキシブルデバイスの実現は可能である。しかしながら、伸縮変形を行うと、配線が断線してしまう。逆に、配線部が伸縮耐性を有すれば、センサ素子などの機能部は小型であることから、デバイス全体としての伸縮耐性を獲得することが可能である。そこで、伸縮可能なフレキシブルデバイスを実現するために、“硬い”金属配線に自己修復機能を付与した「自己修復型金属配線」の研究を行った [4]-[7]。「自己修復型金属配線」とは、金属配線を覆うように金属ナノ粒子分散溶液が配置されているおり、き裂に生じた電界により、き裂部のみが選択的に金属ナノ粒子により修復されるものである。

曲げ変形や伸縮変形可能なフレキシブルデバイスの研究において、有機材料など変形耐性を有する材料を用いると共にその電気的特性の性能向上を目指すアプローチが多く取られている。一方で、半導体デバイスや MEMS デバイスはすでに非常に高性能・高感度なデバイスが実現されている。これらに変形耐性を付与するアプローチもあり得るのではないかとというのが、我々の研究の根底にあるものである。

参考文献

- [1] Hiroaki Onoe, Eiji Iwase, *et al.*, *J. Micromech. Microeng.*, vol. 17, no. 9, pp. 1818-1827, 2007.
- [2] Hiroaki Onoe, Akihito Nakai, Eiji Iwase, *et al.*, *J. Micromech. Microeng.*, vol. 19, no. 7, 075015, 2009.
- [3] Kentaro Noda, Hiroaki Onoe, Eiji Iwase, *et al.*, *J. Micromech. Microeng.*, vol. 22, no. 11, 115025, 2012.
- [4] Tomoya Koshi, Eiji Iwase, *Jap. J. Appl. Phys.*, vol. 54, no. 6S1, 06FP03, 2015.
- [5] 岩瀬英治, 古志知也, “自己修復型金属配線の開発とウェアラブル機器への応用可能性,” in “ウェアラブルデバイスの小型、薄型化と伸縮、柔軟性の向上技術,” pp. 146-154 (第 2 章 第 6 節), 技術情報協会, 2015.
- [6] 古志知也, 岩瀬英治, *日本機械学会論文集*, vol. 82, no. 834, 15-00470, 2016
- [7] 岩瀬英治, 古志知也, “断線を自己修復する金属配線の開発,” in “自己修復材料、自己組織化、形状記憶材料の開発と応用事例,” pp. 141-150 (第 2 章 第 2 節), 技術情報協会, 2020.