

繊維あるいは編物と導電性高分子を複合化することによりウェアラブル電極を作製することができる。複合化する手法としては化学酸化重合法、電解酸化重合法、気相重合法および導電性高分子を含浸する方法があるが、どの方法が最も適切か考えてみる。ただし、予め何らかの方法で基材を導電化する必要がある電解酸化重合法は、ウェアラブル電極には不適であるので、この比較から除外した。

ウェアラブル電極に要求される基本的な性能としては簡易な製造法、高い歩留まり、高い電気伝導度、均一な導電性および基材との良好な密着性が挙げられる。特に、ウェアラブル電極は折り曲げおよび洗濯に対して十分な耐久性が要求されるので、基材との密着性が良好なことは必須条件である。

化学酸化重合法および気相重合法は、繊維や織物の存在下に重合を行う、いわゆる *in situ* 重合であるが、化学重合法に比較して、気相重合法は電気伝導度およびその均一性、基材との密着性のいずれの点においても優れている（表）。基材と良好な密着性を持たせるには基材の繊維あるいは編物を構成しているポリマーと導電性高分子が絡み合うことが重要である。化学重合法では導電性高分子の一部に絡み合いが期待できるが、それ以外は単独のポリマーとして基材上に析出するため、良好な密着性は得られない。また、導電性の均一性は導電性高分子の繊維あるいは編物中での分布の均一性に関係し、化学重合では上記と同じ理由により導電性の均一性の確保は難しい。一方、気相重合法では酸化剤が繊維あるいは編物の中に均一に分布した条件下であれば、酸化剤とモノマー蒸気との反応で重合が進行するので、基材のポリマーとの絡み合いも高い確率で起こり、密着性および導電性の均一性とも良好なものが得られる。Column1の“PEDOTの高導電化とその応用”で述べたように、気相重合では適切な重合条件を選べば3,000 S/cmを超える高い電気伝導度が得られる。他方、化学重合法では電気伝導度は高々数百 S/cmであり、この点でも気相重合法の方が優れている。

次にポリマー含浸法について考えてみる。例えば、含浸するポリマーとして PEDOT/PSS を選択した場合、高沸点極性有機溶媒を添加することにより高い生産性と高い電気伝導度が期待できる。特に、生産性では気相法よりはるかに優れている。しかし、PEDOT/PSS は水分散系であり、基材ポリマーとの絡み合いは期待できず、基材との良好な密着性は期待できない。

表 繊維あるいは織物との導電性高分子の複合化方法の比較

方法	生産性	歩留り	電気伝導度	基材との密着性	導電性の均一性
化学酸化重合法	○	×	×	△	×
気相重合法	△	○	○	○	○
ポリマー含浸法	○	△	○	×	×

次に、具体的に導電性高分子を用いてウェアラブル電極を作製した文献をみてゆく。まず最初に、化学酸化重合法でポリエステル(PET)織物にポリピロール(PPy)を付着させたケースをみてみる。生成した PPy の一部は基材の PET の中に侵入し、PET と絡み合っている様子が観えるが(図1の(a))、多くの PPy は PET 糸上に析出しているのが観測される(図1の(b))。PET 糸上に析出した PPy は溶媒に不溶であり、簡単に除去することは出来ない。基材との密着性が十分でなく、導電性の均一性も低いと考えられる。電気伝導度に関する記述はないので正確な値は不明であるが、SEM 写真から電気伝導度は低いと考えられる。

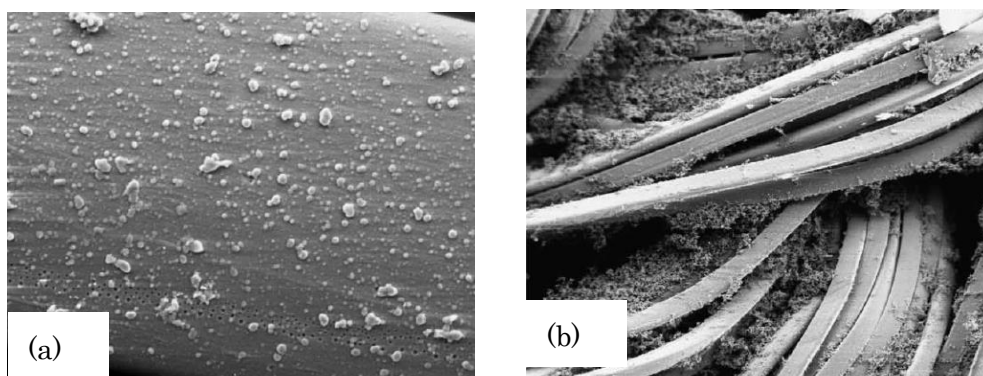


図1 化学重合法で生成した PPy で被覆した 1PET 織物の SEM 写真。(a) 10,000 倍, (b) 500,000 倍

Ding²⁾らは PEDOT/PSS (w/ 2 wt% sorbitol) 分散液に Spandex (ポリウレタン弾性繊維) を数回浸漬することによりウェアラブル電極を作製している(図2)。浸漬を 10 回繰り返すことにより 1.71 S/cm の電気伝導度が得られる。PEDOT/PSS は PET 織物表面に均一に付着しているものの、繊維の中には侵入していない、そのため、延伸すると繊維(束)間の接触抵抗が増加し、電気伝導度が低下する現象が観測される。

最後に気相重合法でウェアラブル電極を作製した例を紹介する³⁾(図3)。ビスコース糸を基材に気相重合法により PEDOT と複合化することにより 15 S/cm と高い電気伝導度が

得られている。ただし、ビスコース系は酸化剤の FeCl_3 により酸分解し機械的強度が低下する。PET を基材に用いることによりこの強度低下を抑えることが出来る。

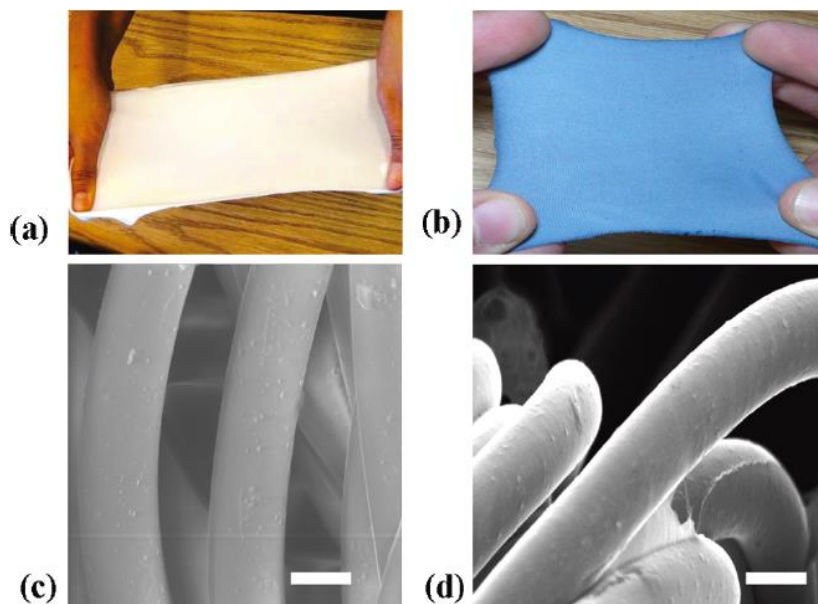


図2 (a) Spandex, (b) PEDOT/PSS に浸漬させた Spandex, (c) Spandex の拡大写真, (d) PEDOT/PSS に浸漬させた Spandex の拡大写真

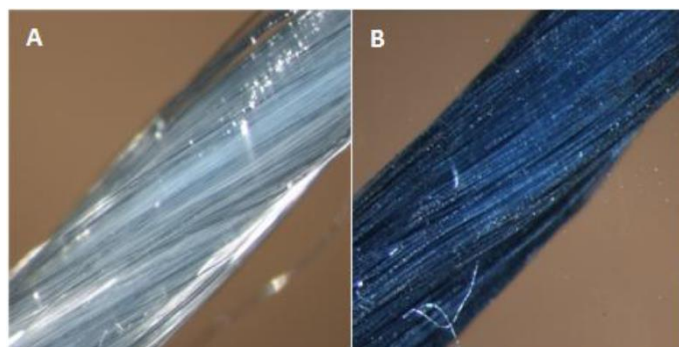


図3 用いたビスコース系 (A), 気相重合法で PEDOT と複合化したもの (B)

参考文献

- 1) E. Hakansson et al., Synth. Met. 2004, 144, 21
- 2) Y. Ding et al., ACS Appl. Mater. Interfaces 2010, 2, 1588
- 3) T. Bashir, Thesis for PhD (University of Borås)

以上

HP のトップへ: <http://www5d.biglobe.ne.jp/~hightech/>