

導電性高分子ナノファイバーのトポロジー制御と電子性キャリアの輸送現象

(農工大院 BASE) 下村 武史

【はじめに】

我々はこれまで導電性高分子をシクロデキストリンで被覆した分子被覆導線 1 本の電気伝導を測定するなど、分子導線の 1 本レベルにおけるキャリア輸送現象に注目してきた。しかし、今後の分子エレクトロニクス実現の鍵は、こうした分子が分岐した回路網にあると考えている。そこで、導電性高分子の極細ウィスカーに不純物を添加することで分岐構造を実現し、その分岐構造における輸送現象の解明を目指す。導電性高分子のキャリア輸送はホッピング伝導であり、導電経路の次元に電気伝導が依存すると期待されるため、特に分岐構造のトポロジーと輸送現象の関係に注目したい。

【結果と考察】

可溶性の代表的な導電性高分子である poly(3-alkylthiophene) (P3AT) は適当な溶媒から析出させることで、アスペクト比が数 100 にもおよぶ極細ウィスカー形態をとることが報告されている^{1,2)}。P3AT は側鎖の溶媒親和性と主鎖の π 電子間の引力相互作用が競合しながら溶媒に溶解しているが、降温により π 電子間の引力相互作用が優勢となり、ウィスカー形成が起こる。幅が 50 nm 程度、厚みが 5 nm 程度、長さが数 μm 程度のベルト状構造で、図 1 に示すような P3AT の折畳み鎖結晶である。

析出溶媒を変えることで、その厚みを 2nm (1 分子層) から 10nm まで制御することができた。このときの電気伝導の温度依存性を測定し、可変長ホッピングに関する関係式から輸送現象の次元を算出したところ、厚みが薄くなるにつれて、わずかではあるが次元が低くなっている様子を観察することができた。

次に、ウィスカー形成時に分子量の異なる導電性高分子を混ぜ合わせると、どのようなファイバーが得られるのであろうか。分子量 17,500 の P3AT に分子量 87,000 の P3AT を 0.002w% 添加し、ナノファイバーを形成させたところ、図 2 に示すような T 字分岐が随所に観察された。添加する長い P3HT の量により、分岐構造のトポロジーの制御が可能になると思われる。また、スターポリマーを加えた場合にも同様の分岐構造が実現した。この分岐構造の電気伝導の温度依存性を測定したところ、ドーピングしたもので次元が大きくなる様子が観測された。今後、分岐トポロジーとキャリア伝導次元の関係を明らかにしたいと考えている。

【参考文献】

- (1) S. Malik, and A. K. Nandi, J. Polym. Sci. B 40, 2073 (2002).
- (2) S. Samitsu, T. Shimomura, and K. Ito, Thin Solid Films, in press.

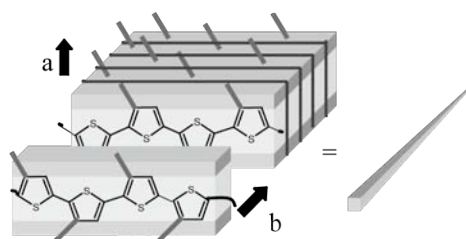


図 1 導電性高分子のウィスカー構造

表 1 ウィスカーの厚みと伝導の次元 ($\sigma \sim \exp(\Delta E / T)^{1/(d+1)}$ で算出)

平均の厚み	伝導の次元 d
9nm	1.24
5nm	1.15
3nm	1.06

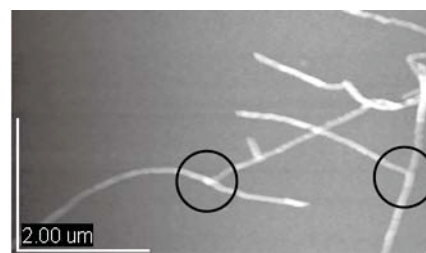


図 2 ウィスカーの T 字分岐の AFM 像