

“Nanowires and Nanobelts—Materials, Properties and Devices”

(Springer, ed. Zhong Lin Wang)

産業技術総合研究所 環境化学技術研究部門

神 哲 郎

Tetsuro Jin

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Research Institute for Innovation in Sustainable Chemistry

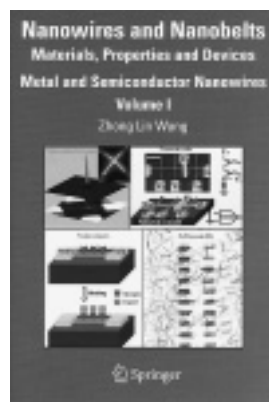
本書は Springer より出版された、ナノサイ
ズの 1 次元物質の材料創成と物性に関する解説
本である。構成は Volume I および II からなり
総ページ数は 600 を越える。各ボリュームのサ
ブタイトルならびにコンテンツは以下の通りで
ある。

Vol. I ~Metal and Semiconductor Nanowires

- I. Nanodevices and Nanocircuits Based on Nanowires
- II. Theory of nanowires
- III. Molecular Nanowires and Metallic Nanowires
- IV. Semiconductor and Nitride Nanowires

Vol. II ~Nanowires and Nanobelts of Functional Materials

- I. Nanodevices Based on Nanowires and Nanobelts
- II. Functional Oxide Nanowires and Nanobelts



- III. Sulphide, Polymer and Composite Nanowires

これまで 1 次元 (one dimensional, 1 D) 構造を有する機能性材料としてはカーボンナノチューブ (CN) が広く知られており、間違いなくこの物質が今日の 1 D 材料の火付け役になった (S. Iijima, Nature 354, 56 (1991).)。CN 以外にも TiO_2 や ZnO もナノチューブやナノロッドとして合成され、湿式太陽電池において高い光電変換効率を示したとする報告がある。一般的にマイクロメーターサイズの材料がナノメーターサイズで且つこのような 1 D 構造で合成されると劇的に物性が向上する、あるいはこれま

で構築できなかった回路などを1D物質を用いることで可能になるなど、興味深い展開が期待できることがわかってきており、報告も急増している。

ガラスの世界でもレンズや導波路、光ファイバーなど技術革新が急がれているものが多い。これら材料群も将来、高密度デバイス化されることが予想されるが、ここで紹介されるナノワイヤやナノチューブの創成技術が十分に応用展開可能になるから、本書で基礎を蓄積することはガラスに携わる者にとって無駄なことではない。

本書では、このようなユニークな特性を示すことが知られている1D物質群について理論、合成および物性について詳細に記述されている。

ナノワイヤやナノベルトの物性向上については、ガスセンサー特性、光電変換率、熱伝導、電界効果トランジスタ(FET)について述べられ、これらの物理的な考察が理論の章で詳細に論じられている。

特に注目したいのは、1Dシリカの章である。物理的手法(レーザーアブレーション)や化学的手法(ゾル-ゲル法やテンプレートとしてCNを添加するなど)など様々な手法を用いてアモルファスシリカのナノワイヤやナノチューブを比較的容易に合成している。一つの例としてここで紹介されている1Dシリカは径が約70nm程度でアスペクト比は与えられているSEM写真から推察するに1000を軽く越えており、繊維形状である。作り方は至って簡単で、シリコン、ナノサイズの鉄粉、シリカをボールミリングして高純度アルゴンをフローしながら1180~1250℃で焼成すると繊維状でシリカ

のナノワイヤが得られる。また、窒素ガスをフローしながら焼成すると窒化ケイ素ナノワイヤとアモルファスシリカナノワイヤの混合物が得られる。

興味深いことに、ノンドープのシリカナノワイヤは260nmの励起で465nmにメインのピークを持つ青色発光を示すことである。また、炭化ケイ素や酸化ニッケルを含有するシリカナノチューブを生成することも可能で、これらの材料は硫化水素の直接酸化で非常に良好な触媒特性を示すことが紹介されている。このように、1Dシリカには制限無く様々な化学種の添加が可能なので、ガラスの工学材料の微細化には特に有用な合成技術になるのではないだろうか。

シリカ以外の酸化物としてはMgO, SnO₂, In₂O₃, ZnO, BaTiO₃, TiO₂が取り上げられており、触媒、透明導電体、ならびにセンサー材料としての検討がされている。

酸化物以外では、硫化物、金属、窒化物、炭化物が挙げられている。金属に至っては原子レベルでつなぎ合わせて線とする技術も紹介されている。将来、電子回路の配線はナノレベルからピコレベルになると想像できる。これらの材料については酸化物とのコンビジットについても議論されており、物性の緻密な制御技術に使えそうだ。

本書では、SEMやTEMイメージを多用して直感的に理解できる工夫と物理学や結晶学、化学的理論をバランスよく取り入れており、研究者技術者には実際に1D材料を取り扱って問題に直面したときには教科書的な存在になるはずである。