

次元性の観点からの C_{60} ナノウィスカーの構造解析
Structural Analysis of C_{60} nanowhisker from low-dimensionality
point of view

谷垣 勝己^{a,b}、熊代 良太郎^a、大橋 弘孝^a、廣芝 伸哉^a、
赤田 美佐保^a、藤城 太樹^a、宮田 直樹^a、渡辺 麻子^a、加藤 健一^c、
木村 滋^c、高田 昌樹^c
Katsumi TANIGAKI^{a,b}, Ryotaro KUMASHIRO^a, Hirotaka OHASHI^a, Nobuya HIROSHIBA^a,
Misaho AKADA^a, Taiju FUJIKI^a, Naoki MIYATA^a, Asako WATANABE^a, Kenichi KATO^c,
Shigeru KIMURA^c, and Masaki TAKATA^c

^a 東北大学, ^b CREST/独立行政法人科学技術振興機構, ^c JASRI/SPring-8
^a Tohoku University, ^b CREST/JST, ^c JASRI/SPring-8

ヨウ素ドープした C_{60} ナノウィスカーの結晶構造を調べ、構造的特徴について電気伝導特性との関連について検討した。X線回折測定の結果から、 C_{60} ナノウィスカーにおいてヨウ素ドープにより現れる $2\theta 15^\circ$ から 20° の範囲の鋭い回折ピークの相対強度が、温度によって変化することがわかった。電気伝導測定の結果と考え合わせて、ヨウ素ドープ C_{60} ナノウィスカーにおける特異な抵抗率の変化挙動が C_{60} ナノウィスカー結晶の構造相転移によるものであると推測した。

The aims of this study are to investigate the crystal structure of the iodine doped C_{60} nanowhisker, and discuss their structural characteristics in relation to their electrical properties. XRD results clearly shown that the relative intensities of several sharp diffraction peaks in the 2θ range from 15 to 20, which were appeared by iodine doping in C_{60} nanowhisker sample, were changed by the temperature varying. Taking into account electrical resistivity results, we assumed that the specificity of resistivity changes was attributed to the phase transition in the C_{60} nanowhisker crystal structure.

背景

近年の材料・物質科学の進展における重要なトピックとしてクラスタ物質を挙げることができる。多面体ネットワーク構造による階層的な構造設計が可能なクラスタ物質は、これまでの材料設計の概念を一変させたといえ

よう。それまで微細加工あるいは原子マニキュレーション手法によりナノ構造を有する材料開拓を目指していた技術が、“自己組織化”という新しい概念に基づいて、ボトムアップ型と称される単位積み上げ型手法による物質開発へと展開している。炭素元素からなるナ

ノクラスタ物質であるフラーレンならびにその関連物質は特異的な電気的性質を有することから、電子デバイス材料として注目を集めている。近年新たに見い出されたフラーレン物質結晶である C_{60} ナノウィスカーは、 C_{60} 分子が結晶成長軸方向に一次元的に配列した特徴的な構造を有すると考えられ[1]、またそのナノスケール構造に由來した新たな電気的性質の発現が期待されることから、ナノ電子材料としても興味深い物質である。

本研究課題申請は C_{60} ナノウィスカーに化学ドープして調製される結晶の示す伝導特性について、 C_{60} ナノウィスカーの有する構造の次元性との関連を明らかにするための X 線精密構造解析に関する研究である。ここではヨウ素をドープした C_{60} ナノウィスカーについて、結晶構造と伝導特性との関連を報告する。

実験

C_{60} ナノウィスカー試料はイソプロパノール／トルエン溶媒による液-液界面法により合成した[1]。ヨウ素ドープは真空熱処理した試料に対して気相で行った。X 線回折測定は BL02B2 において粉末法で行った。窒素吹き付けによる温度コントロールを行い、80K から 400K の温度範囲で測定を行った。

結果および考察

Fig.1 にヨウ素をドープした C_{60} ナノウィスカー試料についての、X 線回折パターンの温度依存性を示す。ヨウ素ドープによって新たに出現した $2\theta \sim 20^\circ$ 付近のシャープな回折ピークは温度によってそれらの相対強度比が変化することがわかった。また、ヨウ素

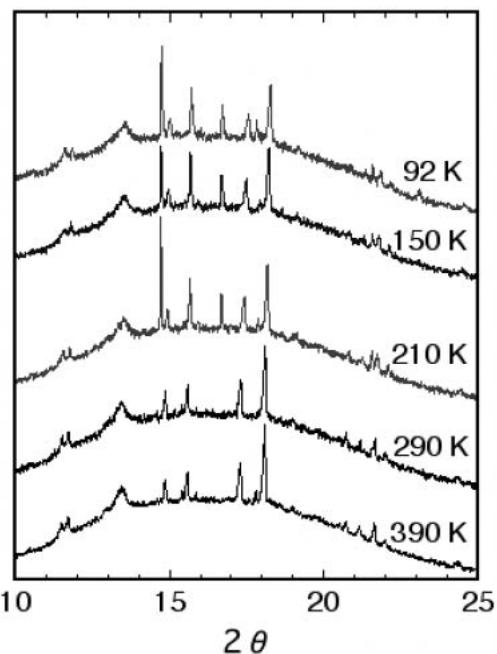


Figure 1 溫度に対する X 線回折パターンの変化

をドープした C_{60} ナノウィスカー試料についての、電気抵抗率の温度依存性においては、低温になるにつれて抵抗率の値が上昇する半導体的挙動を示すが、少なくとも 150K 付近、200~215K 付近、および 260K 付近において抵抗率の傾きが変化する特徴的な挙動を示すことがわかった。そして、その変化の挙動が X 線回折ピークの相対強度比の変化に対応していることがわかった。アルカリ金属ドープ C_{60} 固体における、温度に依存した結晶構造の変化に関する報告も考慮し[2]、特異的な抵抗率の変化は C_{60} ナノウィスカー結晶構造の相転移に起因するものであると推測した。

今後の課題

本研究結果より、化学ドープした C_{60} ナノウィスカーでの電気伝導特性の温度依存における特異性は構造相転移によるものであると示唆された。また、高輝度光を用いた構造解析がナノスケールにおける材料設計に非常に有効であることを示した。今後引き続き、 C_{60}

ナノウィスカーオーにおける伝導特性と結晶構造との関係を明らかにし、デバイス創製への展開を目指した実験を計画したい。

発表論文

- [1] 熊代 良太郎, 谷垣 勝己, 藤城 太樹,
高云 燕, 村田 靖次郎, 小松 紘一, 赤坂 健,
宮澤 薫一, 第 28 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム (2005 年 1 月)

文献

- [1] M. Tachibana, K. Kobayashi, T. Uchida, K. Kojima, M. Tanimura and K. Miyazawa, *Chem. Phys. Lett.*, 374, 279 (2003).
- [2] M. Kosaka, K. Tanigaki, T. Tanaka, T. Atake, A. Lappas and K. Prassides, *Phys. Rev. B*, 51, 12018 (1995).