

電界効果型素子構造におけるフラーレン薄膜構造と物性の研究

谷垣 勝己^{a,b}, 平井 俊成^a, 大橋 弘孝^a, 熊代 良太郎^b, 加藤 健一^c, 青柳 忍^c, 木村 滋^c,
高田 昌樹^{c,d}

^a大阪市立大学大学院理学研究科, ^bCREST/JST, ^cJASRI/SPring-8, ^d名古屋大学大学院工学研究科

背景: 近年、IV族元素多面体のネットワークを基本構造として階層構造設計されるナノクラスタ関連固体は、ナノスケールにおける材料設計という観点において、これまでの概念を大きく変革させたといっても過言ではない。それまで、微細加工や原子マニピレーションによりナノマテリアルの開拓を目指していた科学技術が、自己組織化という新しい”キーワード”に基づく物質開発が始まったからである。現在、このような単位積み上げ型の物質設計をボトムアップ型と称している。また、ナノクラスタ関連固体の示す物性においては、特にフラーレン C_{60} 化合物ならびに多面体IV族元素ネットワーク物質が高い臨界温度を有する超伝導を示す事で現在多くの注目を集めている。

ナノクラスタ系物質のデバイス応用への展開として、最近、電界効果型素子構造を利用した薄膜デバイスが注目を集めている。これらのデバイス構造においては半導体薄膜層に物理的にキャリアを注入することができ、よって基礎科学の観点からも、ナノサイズ領域で高精度に制御された構造における物性研究という面で非常に興味深い。しかしながら、薄膜状態で発現する物性を理解するためには、薄膜状態における界面近傍の結晶状態を詳細に把握することが重要であるにもかかわらず、これまでナノクラスタ関連固体薄膜の物性に対する、その構造とい

う観点からの詳細な検討は殆どなされていない。

本研究では種々の条件下で基板上に成膜したフラーレン C_{60} 薄膜について、X線回折(XRD)測定により薄膜構造の詳細を明らかにし、さらにその薄膜構造と C_{60} フラーレンを半導体層とした電界効果トランジスタ(C_{60} -FET)の示す物性との関連を調べることを目的とする。近年、カーボンナノチューブをはじめとする炭素系ナノクラスタ関連物質を用いたFETが新規ナノデバイスとして注目され¹⁾、国際的な開発競争が進められている。したがって、FET構造におけるナノクラスタ半導体薄膜の構造と物性との関係を明らかにすることで、ナノクラスタ固体での構造と物性の関連についての基礎的な知見を得ることを目的とした本研究は、ナノテクノロジー分野における研究として大変重要であると認識している。

実験: C_{60} 薄膜試料はSiおよび SiO_2 基板上に真空蒸着により成膜することで作成した。蒸着は基板温度 25°C および 150°C でそれぞれ行った。また C_{60} 薄膜試料は真空下でのアニール処理を所定の時間、 200°C で行った。XRD測定はBL02B2に設置された、イメージングプレートを用いたX線回折計を用いて行った。測定は室温において、薄膜試料表面に対するX線の入射角を 2° とする配置で行った。 C_{60} -FETにおいてはXRD測定に

用いた薄膜試料と同様の成膜条件で FET 構造を作成し、所定の時間アニール処理を行った後、室温で I-V 測定を行った。

結果および考察： Si 基板上に基板温度 25°C で蒸着した C₆₀ 薄膜試料における、アニール処理前後の XRD パターンを図 1 に示す。C₆₀ 薄膜に起因する回折ピークがそれぞれ観測されたが、各回折ピークの半値幅と相対強度比はアニール処理前後においてほとんど変化していないことがわかる。SiO₂ 基板上に蒸着した試料においても同様の結果が得られた。これらの結果は、アニール処理による C₆₀ 薄膜における結晶子のサイズおよび配向性の変化がほとんど無いことを示唆している。基板温度 150°C で蒸着した C₆₀ 薄膜試料についても、アニール処理前後において同様の結果が得られている。また、基板温度 25°C および 150°C で蒸着した C₆₀ 薄膜試料について結晶子サイズを見積もった結果、それぞれ 100 Å および 500 Å という値が得られた。C₆₀-FET における I-V 測定の結果、n 型のトランジスタ特性を示すことがわかった。しかしながら、その特性を評価する指標である移動度の値がアニール時間に依存し、アニール時間が増加するとともに移動度が向上することが明らかになった。

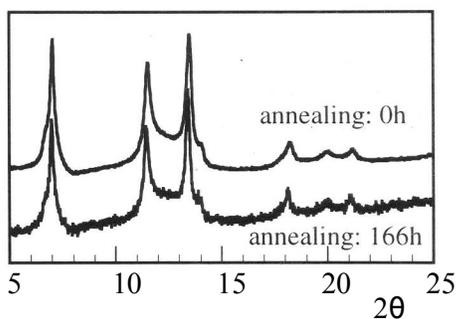


図 1 アニール前後での C₆₀ 薄膜試料の XRD パターン。

以上の結果から、C₆₀-FET における移動度のアニ

ール時間依存の原因となるファクターは、C₆₀ 薄膜中の結晶子レベルにおけるそのサイズと配向性ではないことが明らかになった。

今後の課題： 今回の実験結果より、ナノクラスタ薄膜を用いた電界効果型素子構造における、薄膜構造と物性との関係についての知見が得られた。本課題で得られた知見はナノクラスタ固体を用いた新規ナノデバイスの創製において役立つものであり、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、様々な興味深い物性を有する IV 族元素多面体ネットワーク物質を用いた薄膜デバイス創製への展開を目指した実験を計画している。

参考文献

1) S.J.Tans, A.R.M.Verschueren, and C.Dekker, Nature **393** (1998), 49.

発表論文

[1] K. Tanigaki, H. Ohashi, R. Kumashiro, K. Kato, S. Aoyagi, S. Kimura and M. Takata, Structure and Physical Properties of C₆₀ Field Effect Transistor, Proc. Electrochemical Soc., 2003, paris, in press.

[2] R. Kumashiro, H. Ohashi, S. Sugihara, N. Hiroshiba, K. Tanigaki, N. Tagmatarchis, H. Kato, H. Shinohara, T. Akasaka, K. Kato, S. Aoyagi, S. Kimura, and M. Takata, 第25回フラーレン・ナノチューブ記念シンポジウム (口頭発表) .