

## 多面体クラスタ結晶における構造と電子状態との相関

谷垣 勝己<sup>a</sup>, 平井 俊成<sup>a</sup>, 大橋 弘孝<sup>a</sup>, 小林 賢介<sup>a</sup>,  
熊代良太郎<sup>a</sup>, 広沢 一郎<sup>b</sup>, 加藤 健一<sup>c</sup>

<sup>a</sup>大阪市立大学大学院理学研究科, <sup>b</sup>高輝度光科学研究センター利用研究促進部門 1,  
<sup>c</sup>JASRI/SPRING-8

### 背景

ナノテクノロジーの進展の一つにクラスタ材料をあげることができる。それまで、数個から十個程度の金属および半導体元素のクラスタに関する基礎研究が、多面体クラスタの発見により、ナノ領域の新素材としての発展を遂げてきた。炭素系元素を中心とする元素から構成されるこれらの物質は、多面体構造特有の電子物性を発現する。炭素は地球上に豊富に存在する元素であり、環境的に悪影響が少ないことも特徴である。将来、C、Si、

GeなどのIV族元素から幾何学的ネットワーク構造を変化させることにより、バンドエンジニアリングによる物質開拓ができる可能性があるという状況は極めて重要である。

本研究課題申請では、炭素系ナノクラスタにおいて、特に薄膜系デバイスの結晶構造と電子物性との相関をSPRING-8(BL02B2)を利用して研究した。これまで、バルク結晶などに関する結晶構造と電子物性との相関は、様々な局面で報告されているが、ナノクラスタ薄膜デバイスにおける結晶構造と電子物性との相関に関する研究は、ナノ材料における新しい研究方向である。

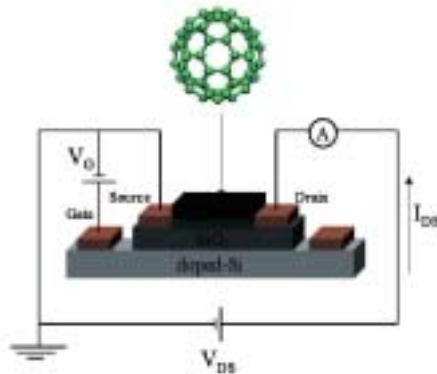


図1. FETデバイス上に成膜されたナノクラスタ薄膜。

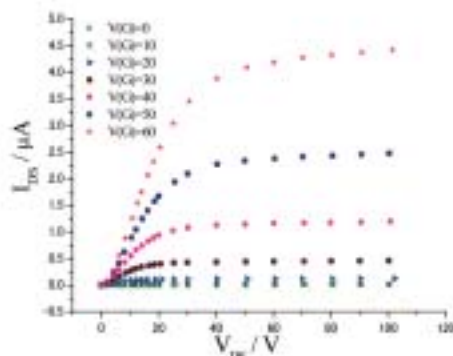


図2. C<sub>60</sub>FETで測定された電圧—電流特性。

### 実験

研究においては、種々の基板にMBE装置を使用してC<sub>60</sub>薄膜を高精度に成膜して、その表面構造を低角入射による構成で、X線回折を測定することにより、基板との格子整合ならびに薄膜結晶性と結晶構造を解析した。この際BL02B2の施設を最大限に利用して、薄膜系測定に適した精密な構造解析の測定系を探求した。低温測定の場合には、付属の温度可変吹き付け装置を用いた。実際の実験で重要であったことは、(1)薄膜系のスペクトルを正確に取り出すために、精度良く低角入射をできるアラインメントを選ぶ工夫をしたこと、(2)統計精度を上げるため、通常はIPの一部を使用する測定モードを、IP全体を測定するモードに切り替えたこと、(3)読み取りの際、感度の低い領域に感度を意図的にシフトさせたこと、である。

## 結果および考察

測定に関する本方法の特徴は、成膜した基板を同じ条件下で角度依存を調べることにより、基板の方位と成長したC<sub>60</sub>薄膜の結晶方位を同時観測して配向の格子整合性を検証することができることである。このような実験は、FETデバイスの作製条件に依存して大きく電子特性が異なる原因を、薄膜構造との関係から理解する上で、非常に多くの情報を与えてくれる。

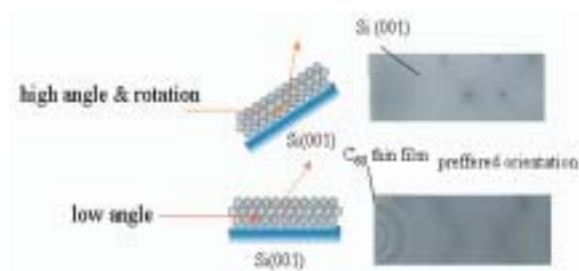


図3. Si基板上に成膜したC<sub>60</sub>薄膜に低角入射した場合に得られる回折パターン。角度を高角度から低角度に変化させることにより、成膜したC<sub>60</sub>薄膜と基板のSi(001)面との格子整合を調べることができる。

図3は、角度を変化させた場合に得られた回折像を示している。高角度入射の場合には、Si基板からの反射が観測される。同じ条件下で低角入射の条件を用いた場合には、Si基板上に成膜したC<sub>60</sub>薄膜の配向に基づいた回折像が観測された。従って、高角ならびに低角入射の場合を比較することによりC<sub>60</sub>薄膜と基板との格子整合を議論することができた。図4には、成膜時の基板温度を変化させて成膜したC<sub>60</sub>薄膜からの回折像を観測した結果を示した。基板温度が薄膜の配向に大きな影響を及ぼす事が分かった。

## 今後の課題

本課題を利用して行ったナノ材料を適用した薄膜デバイスの構造と物性に関する研究は、ナノクラスター半導体エレクトロニクス分野を視野に入れている。本課題の遂行により、そ

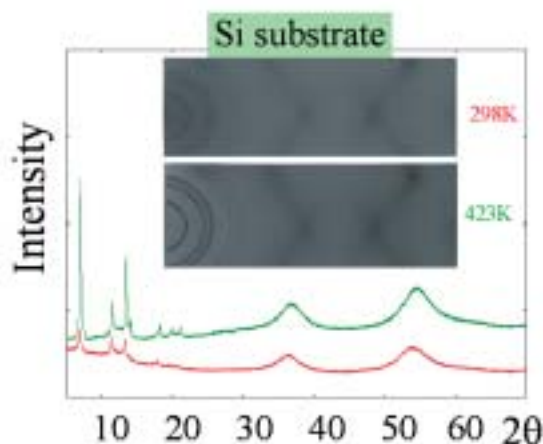


図4. MBE成長させたC<sub>60</sub>薄膜のX線回折。基板の温度は、上が298 Kで成膜したもので、下図が423 Kで成膜したものである。

れに必要な物質設計のための基礎を構築することができることを期待している。

## 発表論文

- [1] K. Tanigaki, R. Kumashiro, H. Ohashi, K. Kato, S. Aoyagi, S. Kimura and M. Takata, "Structure and Physical Properties of Organic Semiconductors Based on Field Effect Transistor" submitted to ECS Meeting, Paris (oral).