

C-10

ディッピング法によって  $C_{60}$  飽和溶液から析出する  $C_{60}$  の結晶成長  
 $-C_{60}$  ナノウィスカーを用いたナノスケール電界効果型トランジスタの簡易作製を目指して-  
 Crystal Growth of  $C_{60}$  Precipitated from Solution by Dipping Method  
 -For  $C_{60}$  field effect transistor with high performance  
 and nano-scale by simple synthesis method-

○池田恵理<sup>1</sup>, 境恵二郎<sup>2</sup>, 岩田展幸<sup>3</sup>, 山本寛<sup>3</sup>  
 \*Eri Ikeda<sup>1</sup>, Keijirou Sakai<sup>2</sup>, Nobuyuki Iwata, Hiroshi Yamamoto<sup>3</sup>

Abstract: The triangle gold electrodes were deposited with one of the corners confronted. The surface of gold electrodes and the pass between electrodes were treated to be hydrophilic and/or hydrophobic. Surface treated substrates were soaked into the  $C_{60}$  saturation solution for 10 min and drawn with the speed of  $1\mu\text{m}/\text{sec}$ . needle-like(NL)  $C_{60}$  crystal grew on the substrate surface and an electrode. On the hydrophilic surface of bare  $\text{SiO}_2$ , the NL  $C_{60}$  with approximately  $40\mu\text{m}$  in length grew uniformly. Terminated by hydroxyl group, the NL  $C_{60}$  with approximately  $50\mu\text{m}$  in length grew uniformly the gap between Au electrodes.

### 1. はじめに

トランジスタの発明以降, 電子デバイスは小型化, 高集積化, 高速化が求められ, より小さく, より早いデバイスを作製する為の研究がおこなわれてきた. 近年では, 機能性を持つ有機分子を自己組織化させて, 電子デバイスを作製するといったボトムアップ法が目ざされている.

そこで我々は  $C_{60}$  に着目した.  $C_{60}$  は分子単体で半導体的性質を持ち, また球形をしているためどのような接続でも均一な特性が得られる. さらに  $C_{60}$  を有機溶媒に溶かし, その後溶液を気化させることによって得られる  $C_{60}$  ウィスカーは有機溶媒の種類を変化させることによって形状をさまざまに変化させる<sup>[1][2]</sup>. さらに針状に成長した  $C_{60}$  ウィスカーを使用したトランジスタの作製にも成功しており<sup>[3][4]</sup>,  $C_{60}$  をチャンネルとしたトランジスタを簡易に作成することができる可能性を示唆している.

この  $C_{60}$  ナノウィスカーを電極間に成長させる方法として, 我々はディッピング法を用いた. ディッピング法は, 溶液から  $C_{60}$  ナノウィスカーを直接成長させることができる簡便な成長方法である. この手法により成長した  $C_{60}$  ナノウィスカーは溶媒を含んでおり, ポリマー化している. ゲート絶縁体・電極形成までの間に, 酸化などによる FET 特性の劣化が抑制されると期待している.

本報告では, 表面処理の違いによる  $C_{60}$  結晶成長の違いについて報告する.

### 2. 実験方法

$\text{SiO}_2$  基板上に蒸着法により Au/Cr 電極を作製した. 作製した電極のパターンを図 2 に示す.

$C_{60}$  粉末を過飽和の状態になるまで m-キシレンで溶解して超音波分散し, 粉末が沈殿した後, 上澄みの飽和溶液を取り出した. その飽和溶液に電極を蒸着した基板を 10 分間浸漬し, 速度  $1\mu\text{m}/\text{sec}$  で引き上げた.

ディッピング法はさまざまな表面処理を施した後,

基板に行った. 電極間に表面処理を行うために, リボン型のマスクをパターンニングした. リボン型のマスクは図 2 の電極のパターンと同形の三角形の間に幅  $10\mu\text{m}$  の長方形を加えたものである. パターンニングを行う際, ポジレジストを用いたが, 剥離は行わなかった.

試料(a)は無処理. 試料(b)はオゾン(親水)処理を行った. 試料(c)は電極上, 電極間に疎水処理を行った. 電極間を疎水性にするために以下の処理を行った. カバーガラス, 基板をシャーレに配置した.  $10\mu\text{l}$  の Butyltrichlorosilane をカバーガラスに滴下しシールテープで密閉した. その後シャーレの温度を  $120^\circ\text{C}$  で 2 時間保ち, 室温まで降温した後,  $100^\circ\text{C}$  で 1 時間保持した. 電極上を疎水性にするためには  $1\text{mM}$  の 1-Octadecanethiol を用いて上記と同様の処理を行った. 試料(d)は電極上を疎水処理, 電極間を親水処理を行った. 電極間を親水性にするために以下の処理を行った. カバーガラス, 基板をシャーレに配置した.  $10\mu\text{l}$  の 2-(trimethylsilyl)ethanol をカバーガラスに滴下しシールテープで密閉した. その後シャーレの温度を  $120^\circ\text{C}$  で 2 時間保ち, 室温まで降温した後,  $100^\circ\text{C}$  で 1 時間保持した. 電極上を疎水性にするためには  $1\text{mM}$  の 1-Octadecanethiol を用いて上記と同じ方法を行った.

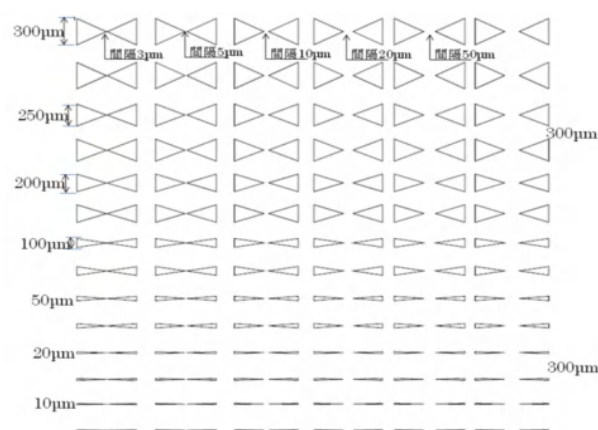


図 2 Pattern of electrode

## 3. 結果と考察

図 3 に試料(a-e)の光学顕微鏡像を示す。像の上側に向かって基板を引き上げた。金電極上, SiO<sub>2</sub> 表面上に C<sub>60</sub> が析出していた。図 3(a-1), (a-2)に示すように, 金電極, SiO<sub>2</sub> 基板上に一樣にディッピング方向に C<sub>60</sub> ウィスカーが成長していた。SiO<sub>2</sub> 上, 電極上, 電極間でのウィスカーの大きさは約 40 $\mu$ m であった。図 3(b-1)に示すように金電極上, 電極間, SiO<sub>2</sub> 上にそれぞれ析出していた。図 3(b-2) に示すように電極間にはいくつかの C<sub>60</sub> ウィスカーが連なって成長していた。SiO<sub>2</sub> 上のウィスカーの大きさは約 4 $\mu$ m~約 30 $\mu$ m, 電極上では約 1 $\mu$ m~約 10 $\mu$ m, 電極間では約 10 $\mu$ m~約 50 $\mu$ m であった。図 3(c-1)に示すように, C<sub>60</sub> ウィスカーが金電極間を架橋していることがわかる。ウィスカーの大きさは約 300 $\mu$ m であった。図 3(d-1)に示すように金電極上, 電極間に C<sub>60</sub> 結晶が析出していることがわかるが SiO<sub>2</sub> 上にはみあたらない。図 3(d-2)から約 50 $\mu$ m の結晶が重なるように成長していた。

試料(a),(b)では SiO<sub>2</sub> 表面は 親水性である。表面処理したことによって電極間に成長しやすいことがわかった。試料(c)は電極上, 電極間が疎水性である。電極上には結晶の成長は見られなかったが, SiO<sub>2</sub> 上には一面に結晶が付いていた。これは電極作成時のレジスト液が SiO<sub>2</sub> 上に残っており, このレジストの上からディッピングしてしまったことにより一面についてしまったと考える。試料(d)は電極上は疎水, 電極間は親水である。電極間は親水のため, 結晶が重なって成長したと考える。

## 4. 参考文献

- [1] Mingguang Yao, Britt M. Andersson, Patrik Stenmark and Bertil Sundquist, *CARBON* 47, vol. **1181** (2009)  
 [2] Tachibana M, Kobayashi K, Uchida T, Kojima K, Tanimura M, Miyazawa K. *Chem Phys Lett* vol.2003; **374:279–85**. (2003)  
 [3] Y. Tiba, *Semiconductor FPD World* 2007.11(2007)  
 [4] Kenichi Ogawa, Tomohiro Kato, Asato Ikegami and Hajime Tsuji, *Appl Phys Lett* **88**, 112109 (2009)

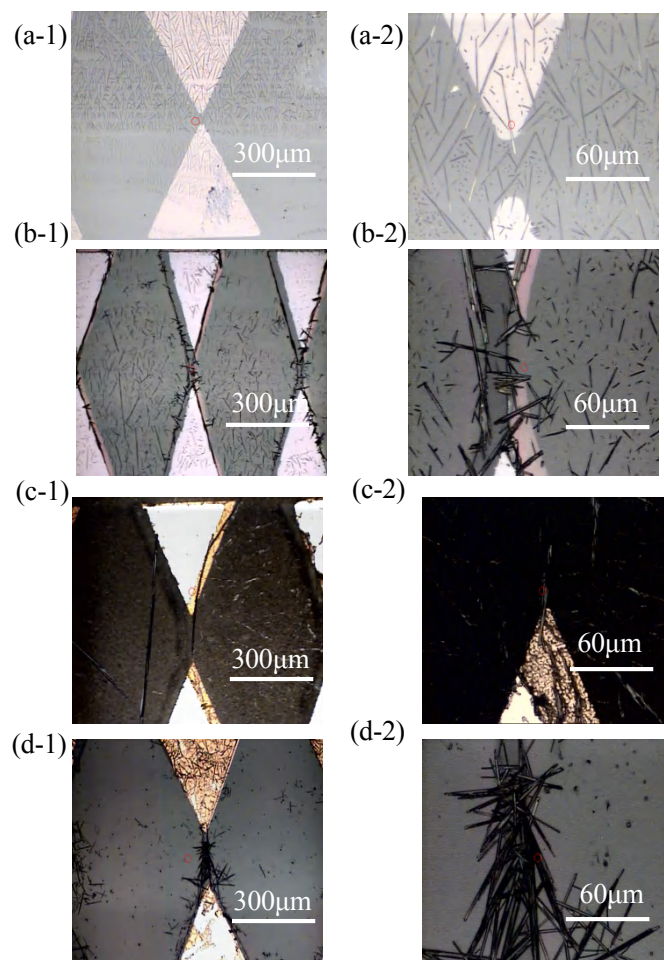


図 3 The difference of crystalline growth of C<sub>60</sub> by surface treatment