

3D プリンター印刷マスクを用いたパターン CNT フォレスト作製

Fabrication of patterned CNT forests using 3D printer masks

1255048 西森 秀人 (先進エネルギーナノ材料研究室)

(指導教員 古田 寛 教授)

背景・目的

我々の研究室ではこれまで、カーボンナノチューブ(以下CNT)フォレストの成長機構解明をめざして、触媒微粒子の形状解析[1]や、CNT フォレストの成長形態[2]ラマン分光や結晶構造との比較などの研究を行ってきた。従来報告 [3]では、CVD プロセス前に集束イオン(FIB)プロセスを用いて、Ga イオンを照射しフィッシュネット形状に触媒基板のエッチングを行う事でパターンニング結果が得られることが明らかになっている。[3]しかし FIB はその特性上、大面積化が困難やガリウムイオン照射により触媒状態が変化していると考えられる課題もある。3D プリンター印刷マスクを使用して CNT フォレストを作製することで、触媒状態の変化がなく大面積化を実現した CNT フォレストのパターンニングをできる可能性がある。

本研究では 3D プリンター印刷マスクを使用し、大面積化を実現したパターン CNT フォレストの合成を行うことを研究の目的とする。

実験方法

マグネトロンスパッタ装置を用いて、熱酸化シリコン基板にアルミナ 30 nm, 鉄 1 nm 堆積させた。図 1 に示すように鉄+触媒堆積基板の上に 3D プリンター印刷マスクをクリップで固定し、触媒堆積基板上に触媒マスクを施した。触媒マスクが終了したら、3D プリンター印刷マスクを触媒堆積基板から外し、熱 CVD 装置を用いて、CNT 合成を行った。また、金、アルミナ膜厚 30 nm、アルミナ 15 nm の 3 条件の触媒マスクでパターン CNT フォレストを作製し、触媒マスク部分を観測しパターン精度の評価を行った。パターン精度は図 2 に示すように 3D プリンター印刷マスク幅の CNT フォレストを基準とし、触媒マスクの占める割合であると定義した。パターン精度が大きいほど正確にパターンニングされているとした。



図 1. スパッタ基板とマスクサンプルのクリップ固定図

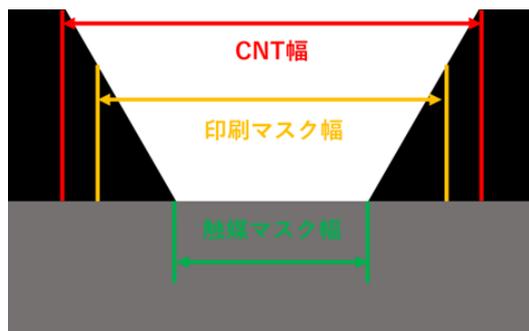


図 2. パターン CNT フォレストのパターン部分模式図

実験結果と考察

すべての触媒マスク条件でパターン CNT フォレストの成長を確認できたが、SEM で観察すると触媒マスクがアルミナ のときは CNT フォレスト高さが 10.9 μm であったが、触媒マスクが金の時は CNT フォレスト高さが 4.7 μm であった。アルミナより融点の低い金では、CNT 合成中の高温真空中で融点が減少し、触媒領域への付着により、CNT の成長が抑制されていると考えた。パターン部分を SEM で観測すると、パターン内側方向に CNT フォレストの勾配ができていた。マスクスパッタでパターンニングできていない領域があることが分かった。

図 3 は各触媒マスク条件とパターン精度の関係である。最もパターン精度が高い条件は、マスクとしてアルミナを 30 nm 堆積させたときであった。金よりアルミナがパターンニングに適しており、マスクスパッタの時間が短いと触媒領域を十分にマスクングできずマスクとマスクの間から CNT が成長するなどしてパターン精度が低下したと考えた。

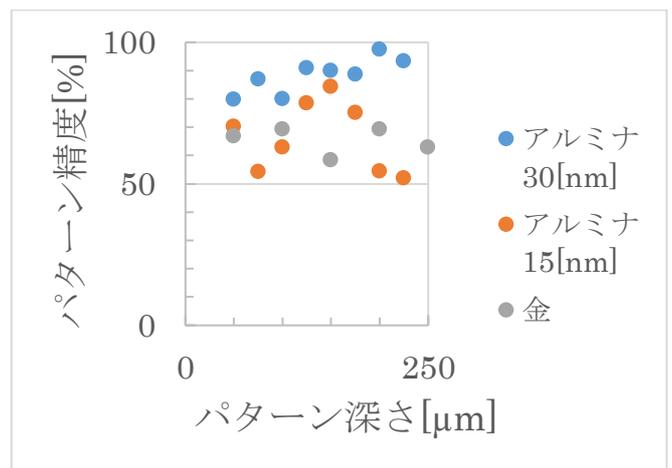


図 3. 各触媒マスク条件とパターン精度の関係

まとめ

3D プリンター印刷マスクを使用したパターン CNT フォレストの合成と、パターンニング精度の評価を行った。3D プリンター印刷マスクを用いて、0.5 cm \times 1.0 cm のパターン CNT フォレストを作製することができた。パターン内側方向 CNT フォレストの勾配ができており、マスクスパッタでパターンニングできていない領域があることが分かった。最もパターン精度が高い条件は、マスクとしてアルミナを 30 nm 堆積させたときであった。アルミナの方がパターンニングに適しており、マスクにはある程度の膜厚(アルミナでは 30 nm 以上)が必要であることが分かった。

参考文献

- [1] F. Nagamine *et al.*, "Image analysis of catalyst formation process for the high-density growth of CNT forest", 第 28 回日本 MRS 年次大会(2018.12.19 北九州国際会議場、北九州市)
- [2] A. Pander *et al.*, "Study of self-organized structure in carbon nanotube forest by fractal dimension and lacunarity analysis", *Materials Characterization*, 160 (2020) 110086.
- [3] 宮地弘樹, "フィッシュネット形状に加工した霜柱状 CNT フォレストメタマテリアルの光学特性解析", 修士論文(2018), 高知工科大学