

CNT 塗布膜のランプ加熱昇温特性と膜特性の相関

1210132 野村 慧梧(先進エネルギーナノ材料研究室)
(指導教員 古田 寛 教授)

1. 背景・目的

再生可能エネルギーへの転換や分散型エネルギー管理の重要性が再確認されている[1]今日において、そのエネルギー供給源として太陽光が挙げられ、炭素ベースの太陽光吸収体によるエネルギーデバイス[2]が注目されている。

本研究では、分散型エネルギー管理・限界集落における再生可能エネルギーデバイス等として期待されている自然循環型太陽熱温水器の課題である集熱効率の改善において、集熱部への応用が期待される[3]カーボンナノチューブ (CNT) 塗布膜の昇温特性と膜特性の相関を明らかにし、デバイスへの応用を目指した CNT 塗布膜の特性を解明することを目的とする。

2. 研究内容・方法

MWNT (多層カーボンナノチューブ) 分散液 (エタノール分散、名城ナノカーボン製) の使用量を “0, 2, 4, 5, 10, 35, 65, 250 μ l” の計 8 種として、30mm 角の熱酸化シリコン (th-SiO₂) 基板にマイクロピペットを用いて塗布を実施し、自然乾燥させることで CNT 塗布膜を付加した。ただし 65 μ l 以下の分散液量においては、希釈液の合計が 250 μ l となるようにエタノール (EtOH) で希釈した後に塗布を施した。図 1 として試料外観の例を示す。

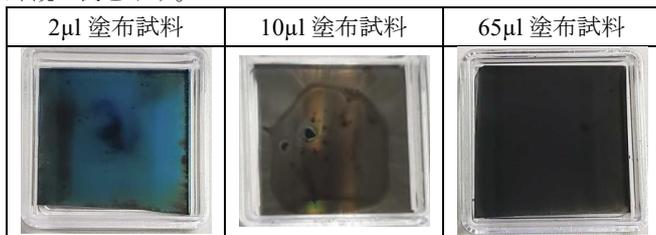


図 1. CNT 塗布膜試料外観の例 (30mm 角)

FE-SEM (日立ハイテクノロジーズ製, SU8020) を用いて、CNT 塗布膜の断面を観察し、断面 SEM 画像から塗布膜の膜厚を測定した。以下に図 2 として分散液量と膜厚の相関を示す。

作成した試料裏面に放射率を 0.92 と校正したカプトンテープを隙間なく貼付し、赤外線ランプを用いたランプ加熱実験を実施し、試料裏面の温度を IR カメラで測定した。この際、ランプへの入力スライダック電源を用いて 10, 15, 20V で制御し、5 分間の加熱を実施した。以下に図 3 として最大到達温度と分散液量の相関を、図 4 として最大到達温度と分散液量の相関 (10 μ l 以下塗布試料) を示す。

3. 結果・成果

FE-SEM 画像より、分散液量の増加に従い膜厚が厚くなる事が確認された。また、分散液量が少ないものほど膜の均一性が低くなる傾向にあった。

試料ごとの最高到達温度 (飽和温度) は塗布量 10 μ l 以上の試料では同程度の数値を示し、10 μ l 以下の試料では塗布量の増加に伴い、最高到達温度も上昇した。到達温度増加係数は図 3 の線形近似線の傾きより 10, 15, 20V において、1.92, 4.33, 4.53 となる事が明らかとなった。

塗布量による膜厚変化と、塗布量による最高到達温度を比較することにより、1.8~2.0 μ m (10 μ l 塗布試料) より薄い膜では最高到達温度は膜厚の増加に伴い上昇し、厚い膜では 1.8~2.0 μ m の膜における最高到達温度と同程度の数値を示し、それ以上上昇しない事が明らかとなった。

本研究では CNT 塗布膜のランプ加熱昇温特性と膜特性の

相関について評価したが、塗布膜の特性として 1.8~2.0 μ m 以上の膜厚では最高到達温度の上昇に影響を及ぼさないことが明らかとなった。これより、ランプによる加熱では膜表面から 1.8~2.0 μ m の深さまでしか加熱しておらず、それより下の膜は基板に熱を伝える役割のみを担っていると考えられる。

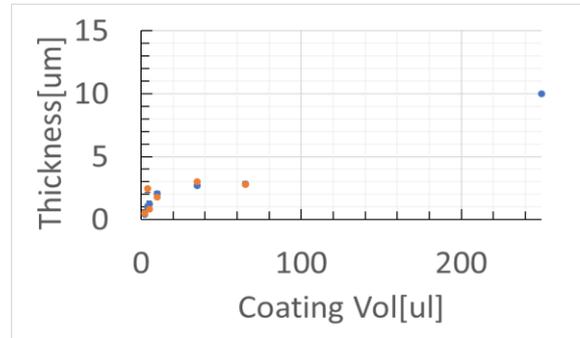


図 2. 分散液量と膜厚の相関

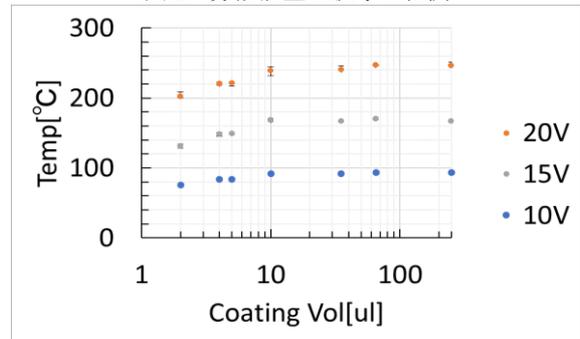


図 3. 最大到達温度と分散液量の相関

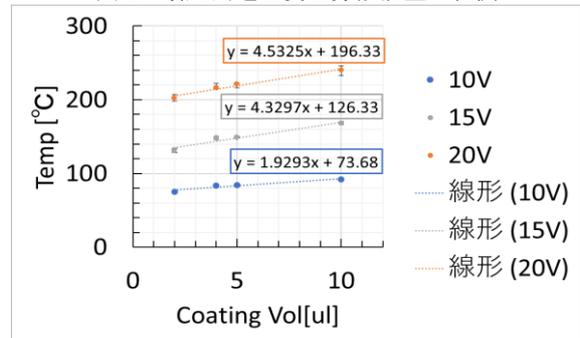


図 4. 最大到達温度と分散液量の相関 (10 μ l 以下塗布試料)

参考文献

- [1]. 経済産業省資源エネルギー, “再生可能エネルギーの主要電源化に向けて” <https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2020/html/1-2-3.html>, 2020.12.25 閲覧
- [2]. V.-D. Dao et al., Global Challenges, 2(2) 1700094 (2018). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/gch2.201700094>, 2021.01.12 閲覧
- [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” 高知工科大学 2018 (平成 30) 年度 特別研究報告

謝辞

本研究は科研費基盤 C(17K06205 代表古田寛)の支援を受けた。