

太陽熱温水器応用に向けた CNT/Fe₃O₄ 混合膜集熱層の構造最適化と集熱特性評価

山科 恵太 (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

我々は CNT 分散液コーティング膜を用いた太陽熱温水器への応用研究を行ってきた。従来研究では、平板の太陽熱集熱部へ CNT 塗布により光反射率が低下するとともに基板温度の上昇[1]を報告した。

本研究ではより実用化を図るため、真空管式温水器の三層塗膜の赤外線吸収層に着目し、赤外線吸収層に CNT、Fe₃O₄ 混合膜を用い、混合膜の吸収特性を最適化することで従来の吸収層よりも性能の高い吸収層を作製することを目的とした。

実験方法

CNT、Fe₃O₄ 混合膜の構造特性、比率による特性、Fe₃O₄ 粉末の分散時間依存性、それぞれの基板の光熱変換の調査を行った。光熱変換以外はガラス基板上に塗布し、光熱変換調査の際は熱酸化 Si 基板上に塗布した。それぞれ吸収率と実効吸収係数で評価を行った。実効吸収係数は単位膜厚ごとの吸収の指標として用いた。吸収率は UV-VIS 分光器でサンプルの全反射率、全透過率を測定しその値から求め、実効吸収係数は SEM で塗布膜の膜厚を測定してランベルト・ベールの法則の式を用いて求め、その値を実効吸収係数と定義した。光熱変換はランプ加熱実験を行うことで評価し、膜厚をそろえて行った。

実験結果

積層構造と混合構造では混合構造の吸収率、実効吸収係数のほうが高い結果となった。CNT : Fe₃O₄ 比率の異なるサンプルの実効吸収係数は図 1 のような結果となり、CNT : Fe₃O₄ 比率 9 : 1 のサンプルが最も実効吸収係数が高く、CNT よりも Fe₃O₄ の比率のほうが高いサンプルは実効吸収係数が低い傾向がみられた。Fe₃O₄ 粉末の分散時間依存性では分散時間 5min で実効吸収係数が最大となりその後は低下した。また、分散時間 0.5min、1min のサンプルは手で軽く混ぜたサンプルよりも実効吸収係数が低い結果となった。CNT : Fe₃O₄ 比率の異なるサンプル、分散時間の異なるサンプルのランプ加熱実験の結果はそれぞれ図 2、図 3 のようになった。これらの結果はいずれも加熱の際の放射熱を含んだ温度変化を示している。図 3 より、分散時間 5min のサンプルが最も温度上昇が大きく、図 1、3 より、実効吸収係数と温度上昇にある程度相関がみられた。

考察

混合構造にすることで CNT 内部に Fe₃O₄ が入り内部で散乱が起こることで吸収が増加したのだと考えられる。SEM でもそのような表面構造が確認できた。また、SEM で表面構造を確認した際、CNT : Fe₃O₄ 比率 9 : 1 のサンプルよりも分散性がよい CNT : Fe₃O₄ 比率があったことや、分散時間 5min のサンプルより分散時間 3min のサンプルの分散性のほうがよかつ

たことから Fe₃O₄ の分散性がよければ吸収がよくなるのではなく、吸収がよくなる凝集条件があるのではないかと考えられる。また、光熱変換の際も分散性の良かった 3min のサンプル、分散性の悪かった 20min のサンプルの温度上昇が低いことから光熱変換においてもよい凝集条件があるのではないかと考えられる。

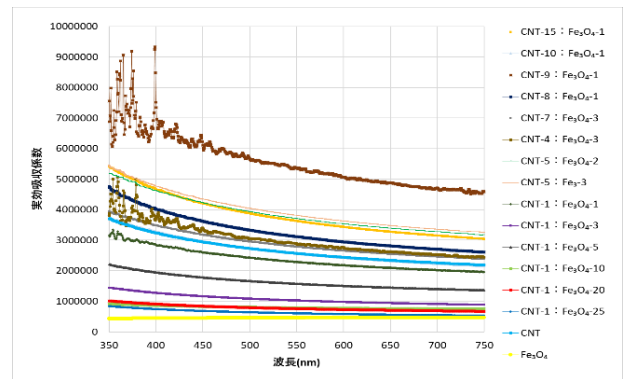


図 1 CNT : Fe₃O₄ 比率と実効吸収係数の関係

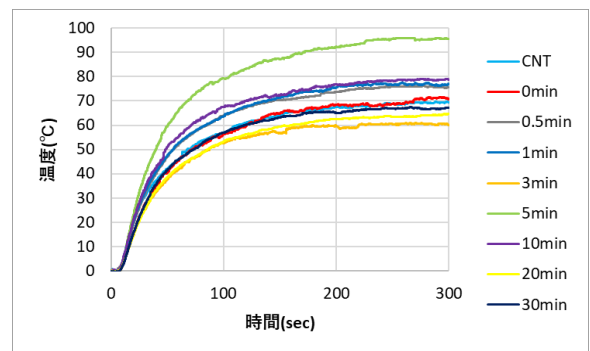


図 2 Fe₃O₄ 分散時間と温度上昇の関係

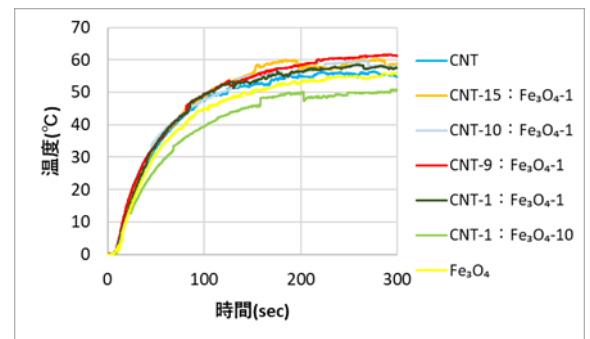


図 3 CNT : Fe₃O₄ 比率と温度上昇の関係

参考文献

[1] 岸見泰晟, “太陽熱温水器を目指した CNT 塗布膜の光学特性”, 2020年2月