

流動ダイナミクス国際融合ジョイントラボラトリー
平成 23 年度研究活動報告書

流体科学研究所
教授・圓山重直

プロジェクト名	マイクロ・ナノ構造体のふく射物性測定 Measurement of Radiative Properties in Micro-Nano Structure	
研究代表者	圓山 重直	東北大学流体科学研究所・教授
研究組織	櫻井 篤	新潟大学工学部・助教
	小宮 敦樹	東北大学流体科学研究所・准教授
	岡島淳之介	東北大学流体科学研究所・助教
	Rodolphe Vaillon	INSA Lyon・研究員
	Masud Behnia	The University of Sydney・教授
	Mishra Subhash Chandra	Indian Institute of Technology・教授

研究目的

本研究では、マイクロ・ナノ構造体がふく射の反射や屈折に影響を及ぼすことに着目し、マイクロ・ナノ構造を有する機能性膜を製作して、そのふく射特性を評価することを目的とする。これまでの解析結果を受け、実際にサブマイクロ粒子として CuO を使用し、波長選択性を有した機能膜を実現する。

研究成果

本研究では、CuO 粒子を透明なアクリル合成樹脂系塗料に懸濁させることで測定用機能膜を作製した。測定用機能膜の概略図を図 1 に示す。CuO 粒子には公称平均径 0.8895 μm のものを用いた。粒子の機能膜に占める割合を表すため、体積分率 f_v を次式で定義した。

$$f_v = \frac{(x_t / \rho_x)}{(x_t / \rho_x) + V_y}$$

ここで x_t [g] は CuO 粒子の混入量、 ρ_x [g/m³] は CuO の密度、 V_y [m³] はアクリル合成樹脂系塗料の体積を示す。懸濁した塗料を (株) TP 技研の黒色と白色の隠ぺい率試験紙にスパイラルバーコーターで塗布し、反射率測定基板サンプルを作製した。機能膜の膜厚 t は、マイクロメーターによって測定した。各サンプルの拡散反射率を分光光度計 (Shimadzu UV-2450) と FTIR (Shimadzu

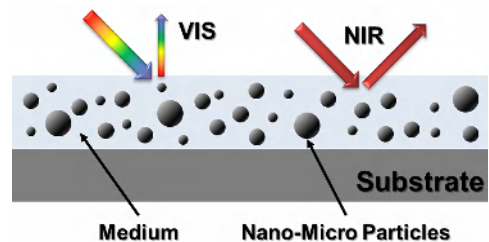


Fig. 1 Schematic of the cooling coating

IRPrestige-21) を用いて、波長範囲 300–800nm(VIS)および 800-2500nm(NIR) まで測定した。測定結果を図 2 に示す。黒色基板を用いた機能膜に関して、膜を塗布することで NIR の反射率が上昇している。白色基板を用いた機能膜に関して、膜を塗布することで VIS の反射率が減少している。反射率は約 5% となり、膜は黒色を呈する。このスペクトル反射は CuO の VIS における吸収係数によるものである。このスペクトル反射は本研究の理想的な反射挙動にかなり近くなっている。ここから反射率の制御に基板の選択が重要であることがわかる。

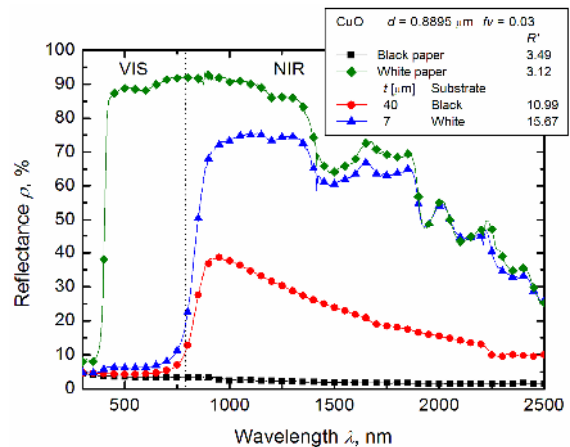


Fig. 2 Results of the reflectance measurement for the CuO coating.

CuO を用いた機能膜と TiO₂ を用いた機能膜の反射率の比較を図 3 に示す。NIR の反射率は CuO を用いた機能膜の方が高い。CuO を用いた方が TiO₂ よりも本研究の理想的な波長選択性に有効である。また、色を変えることなく反射率が制御できることも示唆される。

反射率測定結果と理論解析結果の比較を図 4 に示す。公称粒子径 0.8895μm を与えた解析結果と測定結果に大きな差異がある。そこで機能膜の各パラメーターを変化させ、スペクトル反射率の傾向が一致するパラメーターを求めた。このとき、粒子径が 0.35μm のとき、反射率の傾向が一致した。理論解析により、実際の粒子径が公称粒子径よりも小さい可能性を示した。また、最適化粒子径である 0.57μm の時の反射率を図 4 に併記する。この時、NIR の反射率は他の理論計算結果及び測定結果よりも高くなっている。ここから正確な粒径制御により、高い NIR の反射率が実現できることを示した。

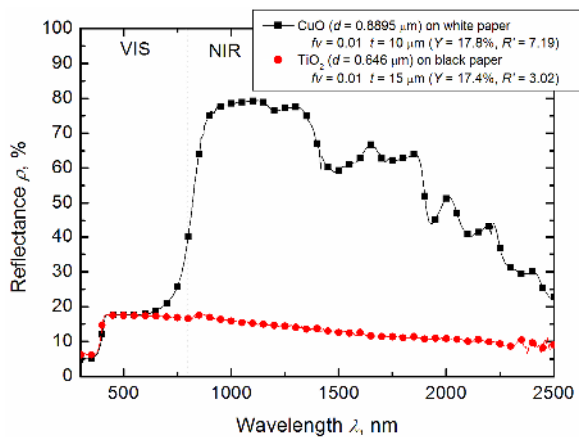


Fig. 3 Comparison between the measured reflectance of the CuO coating on white paper and the measured reflectance of the TiO₂ coating on black paper.

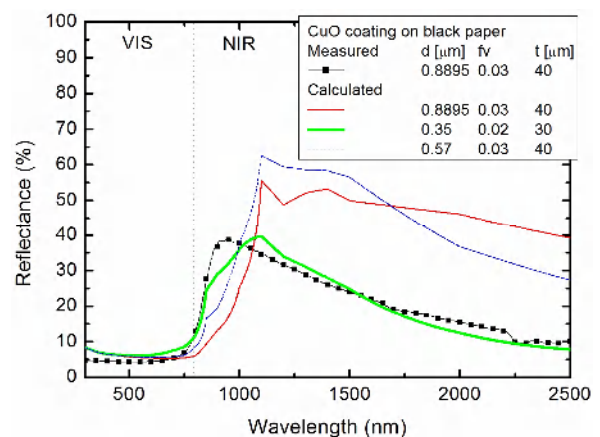


Fig. 4 Comparison between measured and calculated reflectivity of CuO coating on black paper.