

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 22 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・講師
	Vaillon Rodolphe	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。

研究成果

本研究では、有色基板上にナノ粒子層を有した機能性反射板を塗布し、そのふく射特性を実験的および解析的に解明した。ナノ粒子群の数密度や粒径分布をパラメータとした数値解析を行い、紫外・可視から近赤外における波長領域での波長選択性を有する反射特性を制御する構造を検討した。図 1 に作成した機能性膜の概略図を示す。本研究では、当研がこれまでに行ってきた解析結果に基づき、ナノ粒子として TiO_2 を使用し、膜厚、粒子密度、 TiO_2 粒子群の粒径分布などをパラメータとして、その影響について評価を行った。また、パラメータの中で粒子の粒径分布に着目し、機能膜の反射率に与える影響に関して理論解析を行った。

機能膜の作成として、 TiO_2 粒子を透明なアクリル合成樹脂系塗料に懸濁させ、機能膜の簡易型サンプルを作成した。 TiO_2 粒子には異なった粒径分布を有するテイカ(株)製品の平均径 $0.646\mu\text{m}$ の JR-1000 と平均径 $0.175\mu\text{m}$ の JR-800 という二種類のルチル型 TiO_2 を用いた。

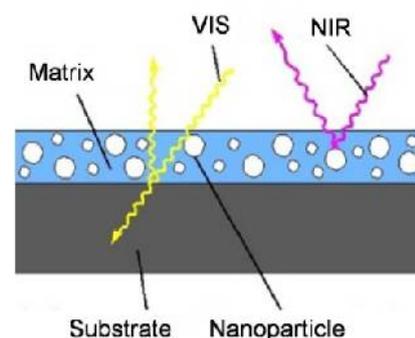


Fig. 1 Concept of functional film

また、粒子の機能膜に占める割合を表すため、体積分率 f_v を

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

で示した。ここで x_t [g] は TiO_2 粒子の混入量、 ρ_x [g/m^3] は TiO_2 密度、 V_y [m^3] はアクリル合成樹脂系塗料の体積を示す。作成した簡易型サンプルを TP 技研(株)の黒色隠ぺい率試験紙に遊星回転法で塗布し反射率測定基板サンプルを作成した。作成したサンプルの各パラメータを Table 1 に示す。ここで、Sample 1 は膜を塗布していない黒色基板である。

Table 1 Specification of the functional coatings

	TiO ₂	f_v	t [μm]
Sample 1	-	-	-
Sample 2	JR-1000	0.01	28
Sample 3	JR-1000	0.05	13
Sample 4	JR-800	0.01	8

粒径分布の依存性についての結果を Fig. 2 に示す。Fig. 2 は $f_v = 0.01$ とした機能膜の反射率測定結果であり、UV 領域において反射率が急激に減少していることが分かる。これは TiO_2 粒子が UV 領域の光を吸収するためである。また、小さい粒子を用いた Sample 4 は Sample 2 よりも膜厚が小さいにも関わらず、波長 400nm で Sample 2 と同程度まで反射率が急激に上昇し、長波長になるにつれて反射率が急激に減少している。それに対し、大きい粒子を用いた Sample 2 は長波長になるにつれて反射率がゆるやかに減少している。これは NIR において粒径の大きい粒子の後方散乱効率が小粒径の粒子のそれよりも大きくなるという理論解析と一致していることがわかる。

機能膜の体積分率の影響についても評価を行った。ナノ粒子として JR-800 を用いた機能膜の反射率測定結果を Fig. 3 に示す。図より、Sample 1 と他の各 Sample の反射率を比較すると機能膜を塗布することで VIS, NIR ともに反射率が増加していることがわかる。また、機能膜の体積分率が増加するにつれて反射率も増加している。これはナノ粒子の混入量が増えたことにより、ふく射に対する散乱断面積が増えたことによるものと考えられる。

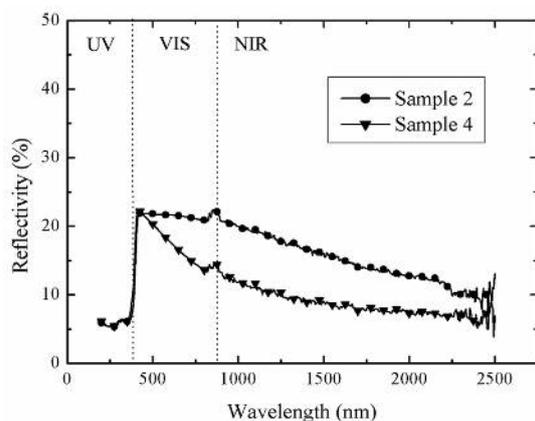


Fig. 2 Measurement results of diffuse reflectivities of TiO_2 coating $f_v = 0.01$

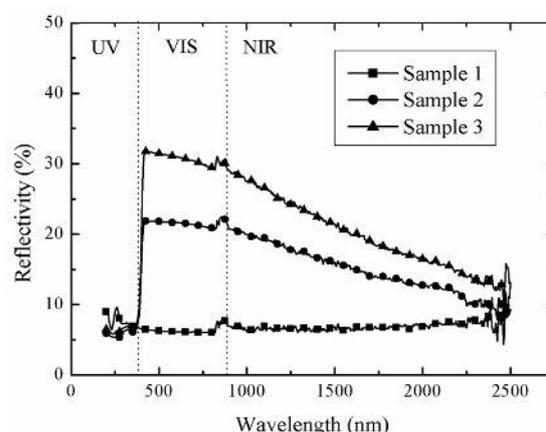


Fig. 3 Measurement results of diffuse reflectivities of TiO_2 coating using JR-1000