CaF_2・PDMS 光散乱/透明体の開発と微小屈折率差散乱の特性計算

Development of CaF_2-PDMS diffusing / transparent material and numerical simulation

九大院シス情 [1], ウシオ電機 [2] (M1)朱 峻鋒 [1], (M1)中窪 奎喬 [1], 吉岡 宏晃 [1], 森田 金市 [2,1], ○興 雄司 [1]

ISEE, Kyushu Univ. [1], Ushio Inc. [2]

E-mail: oki@ed.kyushu-u.ac.jp

我々は、印刷やインプリントによるデジタルファブリケーションが可能である有機光学材料としてポリジメチルシロキサン(PDMS)に着目し、これを共有マトリクスとして利用することで小型・低ノイズ・高速プロトタイピングが可能な SOT(Silicone Optical Technology)を提唱して研究を行っている。本テーマでは PDMS の良好な紫外線透過性に際し、特に DNA や蛋白判定で利用される 260 および 280nm の 2 波長について、波長分光性が付与できないかを開発を行っている。

紫外に高い透過性を持つ CaF_2 微粒子を混合した PDMS 散乱体が、特定の波長で散乱が消失し透明になる。これは、低い屈折率(n_D=1.41)と高い紫外域屈折率分散をもつ PDMS と、高い屈折率(n_D=1.43)と低い紫外域屈折率分散をもつ CaF_2 が、特定の紫外波長において屈折率が一致することを期待するものであるが、実際にこの現象を実験的に確認した。図 1 は CaF_2 の粒子径が 50～150μm 程度で、混合重量濃度を 30wt%とした PDMS 散乱フィルム(厚さ 1mm)による透過スペクトルである PDMS には、紫外吸収が少ない SIM0360（信越化学）を利用し、最大透過率を 278nm で得ることができた。また、KE-103 を利用する事で、259nm での透明条件も見いだした

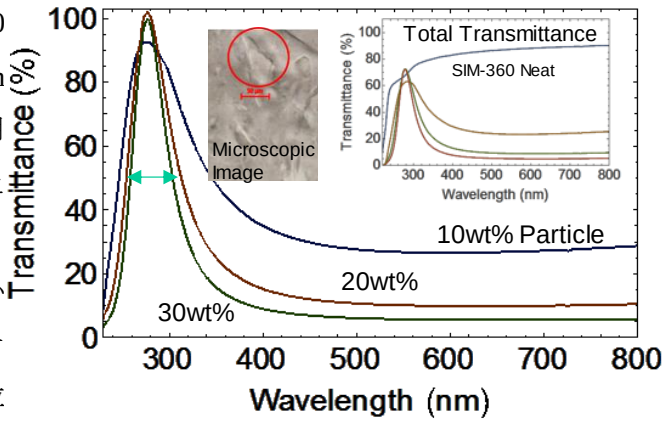

図 1 CaF2・PDMS 混合散乱体(1mm 厚)の透過特性。PDMS 成分による紫外吸収は取り除かれている。中上の写真は光学顕微鏡図、右上は各フィルムの透過率測定の実測値

このような低屈折率差の散乱体は平均自由行程は十分に小さく設計し、屈折率差の小ささをカバーしているが、ミー散乱理論をそのまま適用しにくい。本研究試料はさらに粒子形状も球ではなく完全なランダムであることから、乱数を利用した屈折角やランダムウォークによる数値計算でのモデル化が現象解析には近道と考え、これを試みた。屈折率差が小さい境界面でのランダムな入射角による屈折角を近似式で求め、これを元にした散乱プロファイルが実験による 532nm 光散乱（Δn=0.02）と良く一致することを確認できた。この結果から、現在の平均的粒子径が 100μm 程度と見積もられた。図 1 の分光特性の半値幅 44nmFWHM は、あくまで計測した吸光計(V-630, 日本分光)の測定許容角に基づくものであるが、このモデルに基づく計算を適用することで、同機構を利用した分光系の評価・設計が可能となった。分光特性の改善については Mie 散乱を期待できる粒子サイズとして 2～3μm まで粒子サイズを低減し、重量濃度を 60wt%まで改善することで大幅な性能改善が期待できる。

1) 中窪、朱、野間田、樋口、吉岡、森田、興 雄司: 第 64 回応物春期(2017) 17a-P1-4