

シルクスクリーンを用いた複合 PSP 作成法の開発

[研究代表者] 江上泰広 (工学部機械学科)

研究成果の概要

感圧塗料(PSP)は発光強度の変化より模型上の圧力分布を計測することができる分子センサである。しかし温度変化や励起光強度の変化による測定誤差を補正するために、PSP を感温塗料(TSP)や参照色素と複合化させる研究が盛んにおこなわれてきた。これまで我々インクジェット装置などを用いて PSP と TSP をマイクロドット配列に塗分けた複合 PSP を作成してきた。しかし、これらの装置は高価であるため一般的な普及を図るうえでネックとなってきた。そのため特殊な装置を使用せず安価に複合 PSP を作成するために、パターンを製版したシルクスクリーンのマスクをスプレー塗布時のマスクとして使用する方法を考案し、試験を行った。塗布条件は自動塗布装置を用いて見出した。2 mm 角, 1 mm 角, 0.5 mm 角のドットパターンのシルクスクリーンを用いて PSP と TSP のパターンを多孔バインダ層上に形成することに成功した。また噴流を平板に吹き付けた流れ場の圧力と温度分布を計測する実証試験にも成功した。

研究分野: 機械工学, 流体工学, 航空工学

キーワード: 感圧塗料 (PSP), 感温塗料(TSP), 複合センサ, シルクスクリーン, 自動塗布装置

1. 研究開始当初の背景

感圧塗料(PSP)は発光強度の変化より模型上の圧力分布を計測することができる分子センサであり、しかし温度変化や励起光強度の変化による測定誤差を補正するために、PSP を感温塗料(TSP)や参照色素と複合化させる研究が盛んにおこなわれてきた。

主要な複合 PSP の作成方法には、PSP と TSP を一つのポリマに混合する方法、PSP と TSP を重ね塗りする方法などがあるが、混合する方法では色素間干渉による劣化の進展や、重ね塗り法では、膜厚比の非一様性による感度のばらつきが問題となっている。そこで我々インクジェット装置などを用いて PSP と TSP をマイクロドット配列に塗分けた複合 PSP を作成してきた²⁾。しかし、これらの装置は特殊で高価であるため、一般的なユーザーが複合 PSP を作成に使用する際にハードルが高く、計測技術の普及を図るうえでネックとなっていた。

2. 研究の目的

本研究では、特別な装置を必要とせず、数千円から数万円以内の費用で複合 PSP を作成する方法として、シルクスクリーン印刷に使用するスクリーンマスクをスプレ

ー塗装時のマスクとして使用することで複合 PSP を作成する方法を試みた。これにより、従来のインクジェット装置(200万~1200万円)を用いずに、安価かつ短時間に複合 PSP を作成する方法を確立することを目的とした。また作成した複合 PSP を実際の流れ場に適用した実証試験を行った。

3. 研究の方法

PSP や TSP を微細なパターンに塗布するためのマスクとして使用するシルクスクリーンのマスクは理想科学工業のスクリーン製版サービスを利用し、PSP 用と TSP 用の2種類の版を作成した(8500円×2枚)(図1)。PSP と TSP の発光波長を分離するため、PSP には中心波長が650nmのPtTFPPを、TSP には520nmのAlq₃を用いた(図2)。まず、基板上に多孔バインダ層を塗布し、その上にシルクスクリーンのマスクを設置してPSP と TSP の色素溶液をスプレー塗布した。塗布はスプレーガン及び再現性の高い自動塗布装置を用いて行った。作成したサンプルの圧力と温度の較正試験を行った。また、作成した多孔バインダの表面性状はSEMを用いて観察した。またエアノズルからの噴流を平板に衝突させた流れ場の圧力と温度分布

を計測する実証試験を行った。

4. 研究成果

図3に作成した複合PSPの一例を示す。写真は2mm角のものである。PSPとTSPが重なることなく塗分けられていることが分かる。また従来のインクジェット装置では小さなドットで角部分をきれいに塗布することが困難であったが、シルクスクリーンのマスクを使用することで0.5mm角のものでも正方形に隙間なくドットを塗布することができるようになった。マスクの位置合わせに多少の時間を要するものの20分程度で複合センサを作成することができた。

図4にエアノズルからの噴流を平板に衝突させた流れ場の圧力分布を複合PSPで計測した結果を示す。2mm角のサンプルの結果であるため、空間解像度がやや低くなっているが、スプレー塗装で作成した単体のPSPと同様に圧力分布を計測することができている。温度分布も同様に得られるため温度補正や、層流領域と乱流領域で温度差が生じることを利用した、境界層遷移位置の可視にも使用できる。

以上のようにシルクスクリーンのマスクを用いることで複合PSPを安価かつ容易に短時間で作成する方法を開発した。今後はドット径やパターンの最適化を行う予定である。

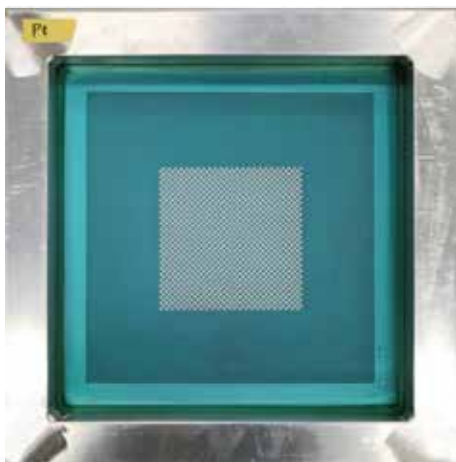


図1 LEC-PSPの昇電圧—昇電流特性

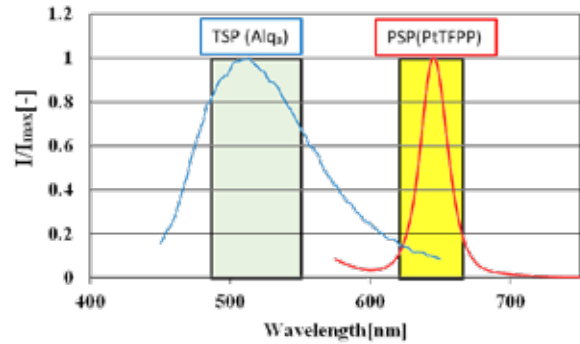


図2 PSPとTSPの発光スペクトル

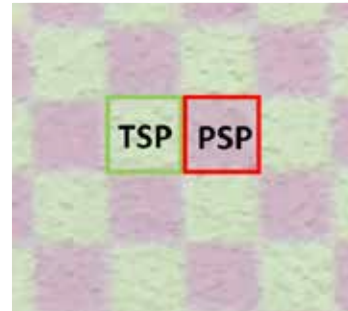


図3 作成した複合PSPの一例 (□2mm)

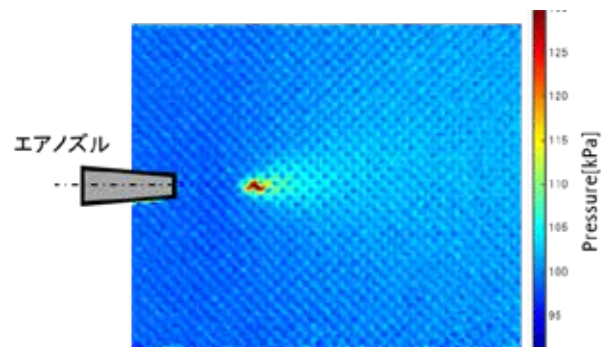


図4 複合PSPで計測した衝突噴流の圧力分布例

参考文献

1. Lin, T and Sullivan, J. P., "Pressure and Temperature Sensitive Paints," Springer Berlin (2005)
2. Y. Egami, et al., "Development of fast response bi-luminophore pressure-sensitive paint by means of inkjet printing technique," Measurement Science and Technology, Vol.26 (2015) 064004 (8pp).