

ナノクリスタル Qdot を発光体とする陽極酸化皮膜型感温塗料の広温度範囲への適用

*相川明久 **飯島由美 **坂上博隆

*上智大学 **宇宙航空研究開発機構

既存の感温塗料は、約 400 K 以上でバインダーの物性が変わるため、温度計測が不可能である、という問題がある。本研究では、感温塗料による温度計測の範囲を大幅に広げることが目的として、バインダーを必要としない発光体としてナノクリスタル QDot (Quantum Dot) を採用し、それを陽極酸化皮膜 (Anodized Aluminum) に保持した感温塗料 (AA-TSP) を作製、較正試験を行った。発光波長ピーク 590 nm の QDot (QD_{BY}, Evident Technologies) を、ディッピング法を用いて陽極酸化皮膜面に適用し、AA-TSP を作成した (図 1)。QD_{BY} 濃度を 15 μM に調整し、溶媒は極性の異なる 8 種類 (ヘキサン、トルエン、ジクロロメタン、クロロホルム、アセトン、ジメチルフォルムアミド、ジメチルサルフォキシド、水) を用いた。較正試験として、(図 2) に示すシステムを用いた。AA-TSP を温度可変のチャンバ内に設置し、407 nm レーザーを励起光、発光画像を 14-bit CCD カメラ、スペクトル特性はスペクトロメーターを用いて計測した。それぞれに 620 ± 50 nm、500 nm ハイパスフィルターを用い、励起光を除去した発光信号を取得した。温度は 100 K ~ 500 K という広範囲で計測した。

(図 3) に作成した AA-TSP の発光画像を示す。極性が低い溶媒では一様に QD_{BY} が陽極酸化皮膜に適用されているが、アセトンから極性が高い溶媒を用いた AA-TSP ではスポット状に QD_{BY} が付着しているだけであった。(図 3) に示す 5 × 5 mm の領域で発光量を算出すると、クロロホルムを用いた AA-TSP が最も発光量が大きいことが分かった。一様に QD_{BY} が適用された AA-TSP 4 種類について、常温付近で温度較正試験を行うと (図 4) に示す結果が得られた。クロロホルムを用いた AA-TSP (AATSP_{ind04}) が最も温度感度が高いことがわかる。ここで温度感度とは、基準状態 (298 K) での較正試験結果の傾きを示す。

発光量が最も高く、常温付近で温度感度が最も高い AATSP_{ind04} を広範囲で温度較正した。スペクトル特性を (図 5) に示す。ピーク波長は温度上昇とともに約 20 nm 長波長側にシフトすることがわかった。(図 6) に温度較正試験結果を示す。100 K ~ 500 K の広範囲で AA-TSP が温度に反応していることがわかった。温度感度を算出する方法として、4 次関数でフィッティングした結果を示した。温度感度は基準状態での傾きであらわされるか、基準状態が任意に変化した場合は各温度での傾きとして算出できる。その結果を (図 7) に示す。傾きは微分であらわされるので、任意の温度での感度は 3 次関数となる。工学的な応用を考える上で、設定した温度範囲を線形近似し、一つの温度感度として表す。温度範囲を低温 (100 K ~ 200 K)、中温 (250 K ~ 350 K)、高温 (400 K ~ 500 K) としたときの温度較正試験結果を図 6 に示す。それから得られた温度感度を図 7 に示す。4 次関数でフィッティングすると最大の温度感度は 235 K で -1.2%/K となった。それに対し線形近似した場合は低温で -0.9%/K、中温で -1.1%/K、高温で -0.1%/K であった。

参考文献

Sakaue, H., Aikawa, A., "Anodized Aluminum as Quantum-Dot Support for Global Temperature Sensing from 100 to 500 Kelvin," under review for *Sensors and Actuators B*, 2009.

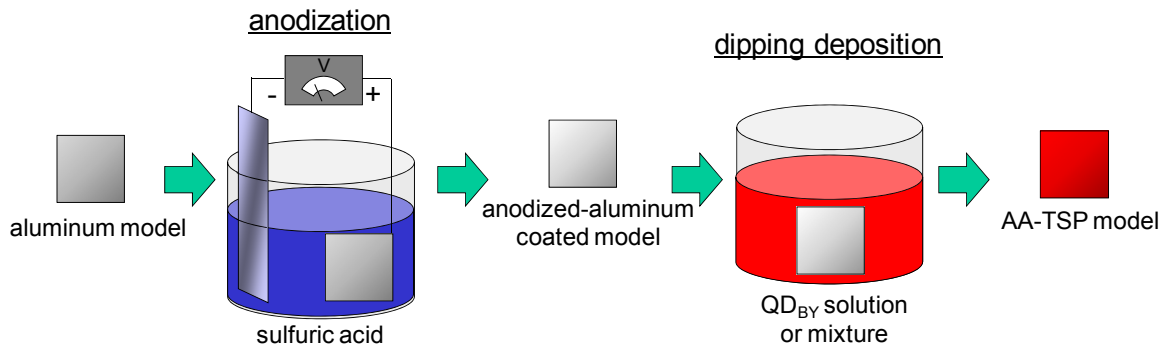


図 1: AA-TSP 作成法。

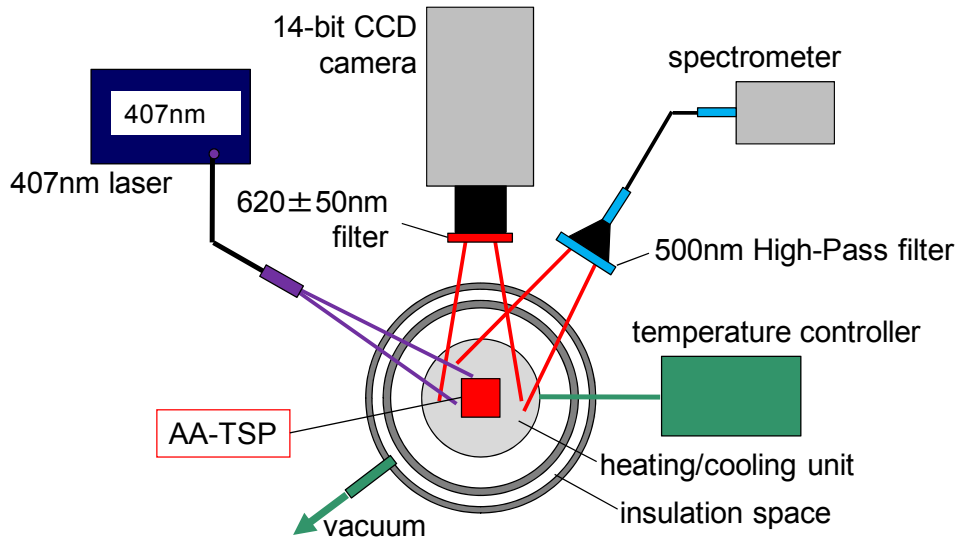


図 2: AA-TSP の較正試験装置模式図。

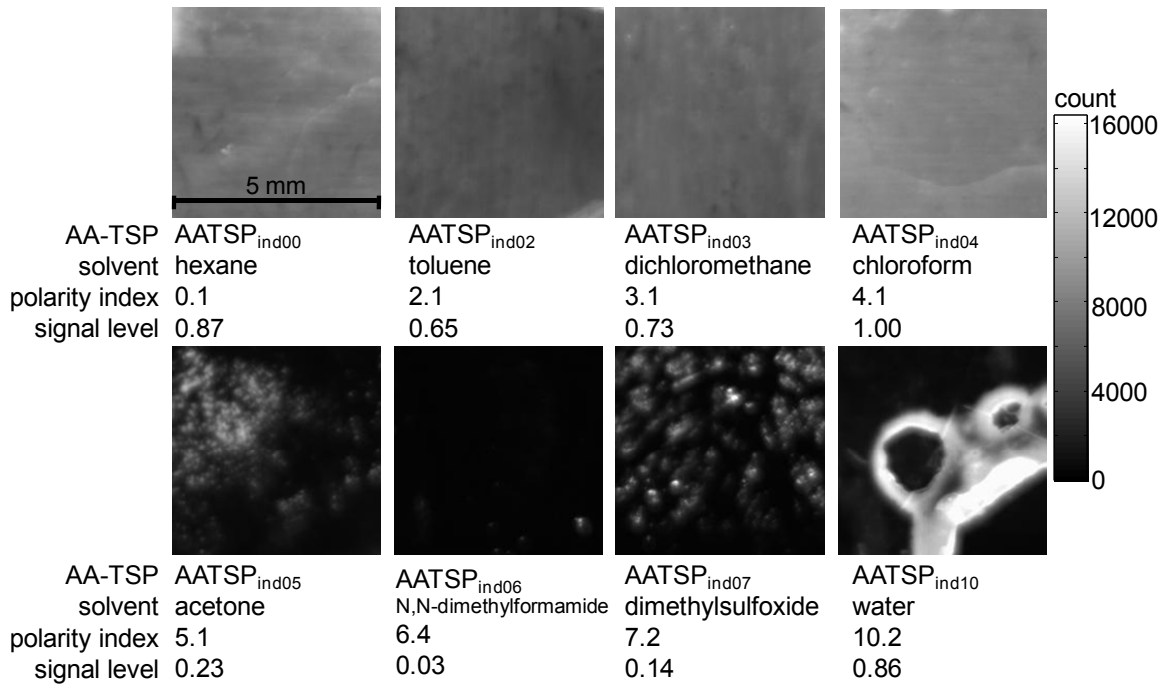


図 3: ディッピング法における溶媒と AA-TSP の関係。

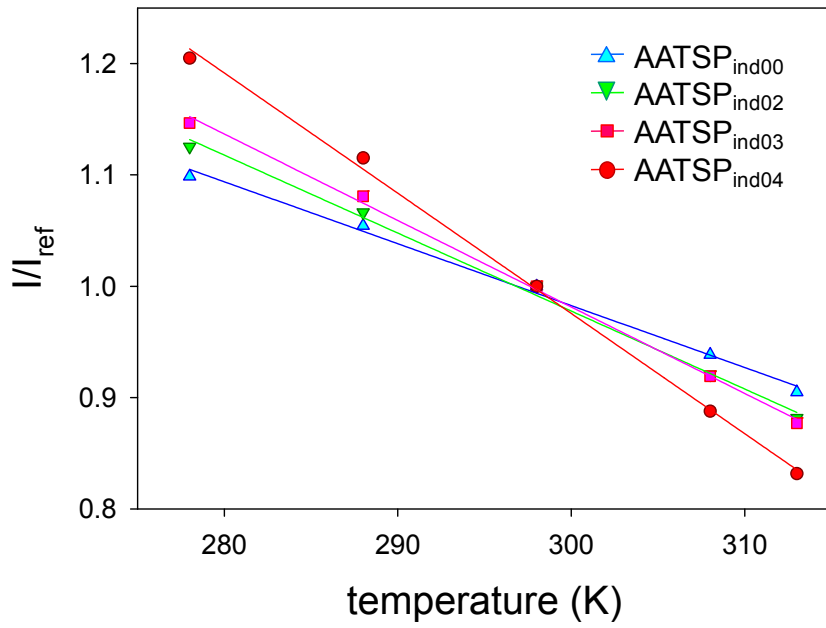


図 4: 常温付近での AA-TSP 温度較正試験結果。

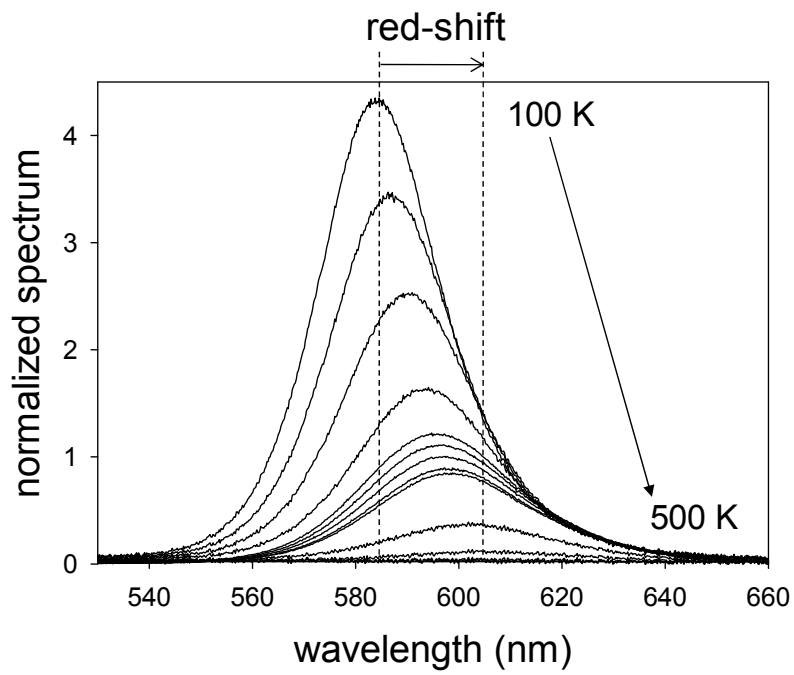


図 5: AATSP_{ind04} の温度スペクトル。

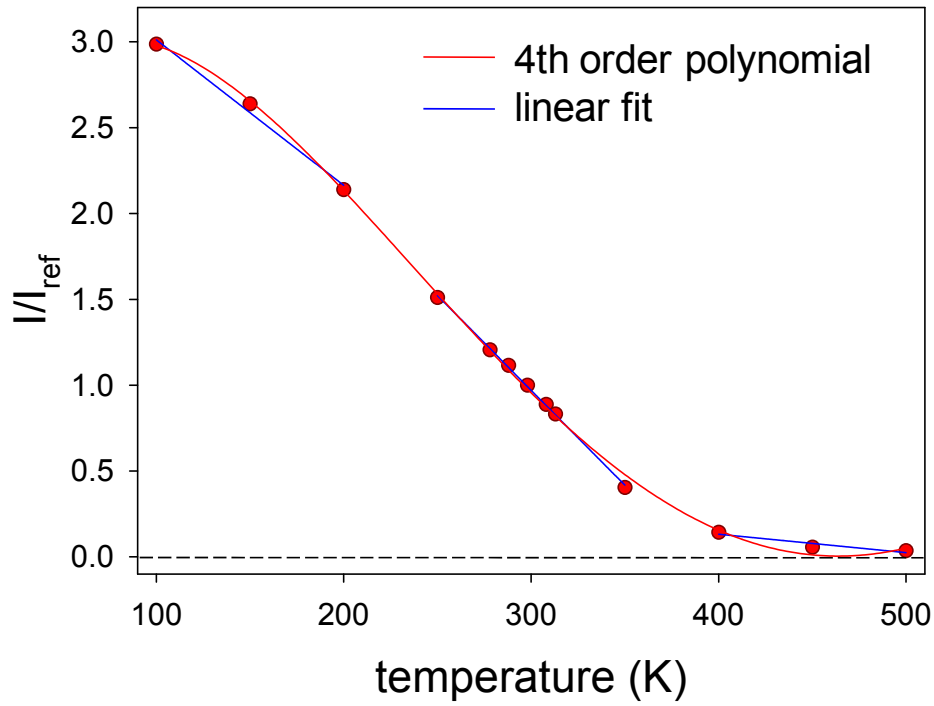


図 6: AATSP_{ind04} の温度較正試験結果。

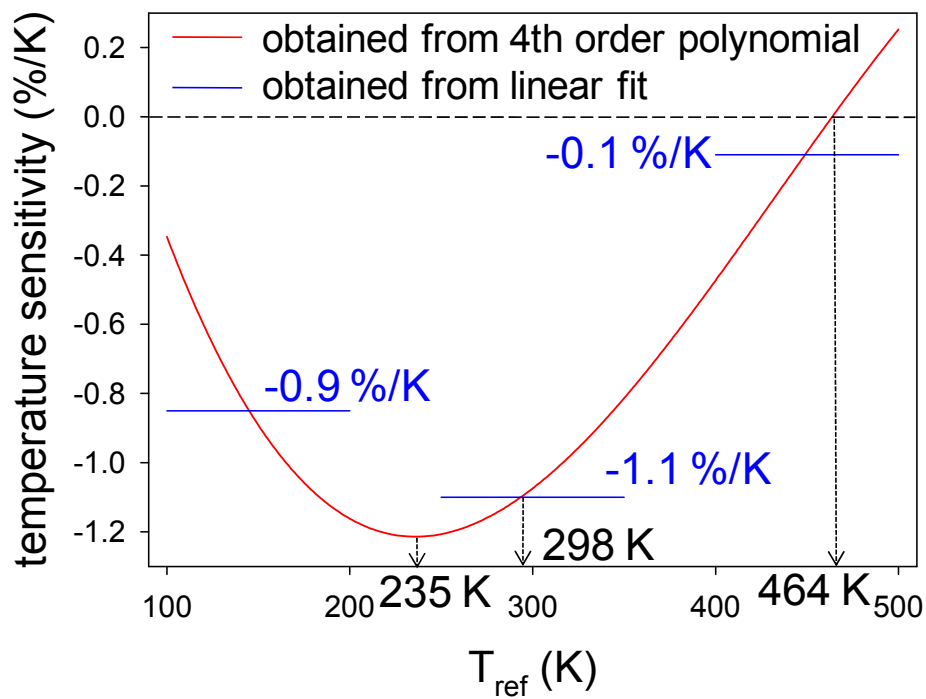


図 7: AATSP_{ind04} の温度感度算出結果。