

〔経常研究 A〕

光温度計測に向けたカーボンナノチューブのフィルム化に関する研究

青田 駿

1 目的

2次元温度分布測定によく用いられるサーモグラフィカメラに比べ、高空間分解能を実現できる図1(a)に示す光温度計測用フィルムの開発を行う。温度検出可能なプローブ材料として半導体型の単層カーボンナノチューブ(以下 CNT, 図1(b)に構造)¹⁾を利用し、実用的に使いやすい図1(c)に示す積層フィルムの開発を行う。

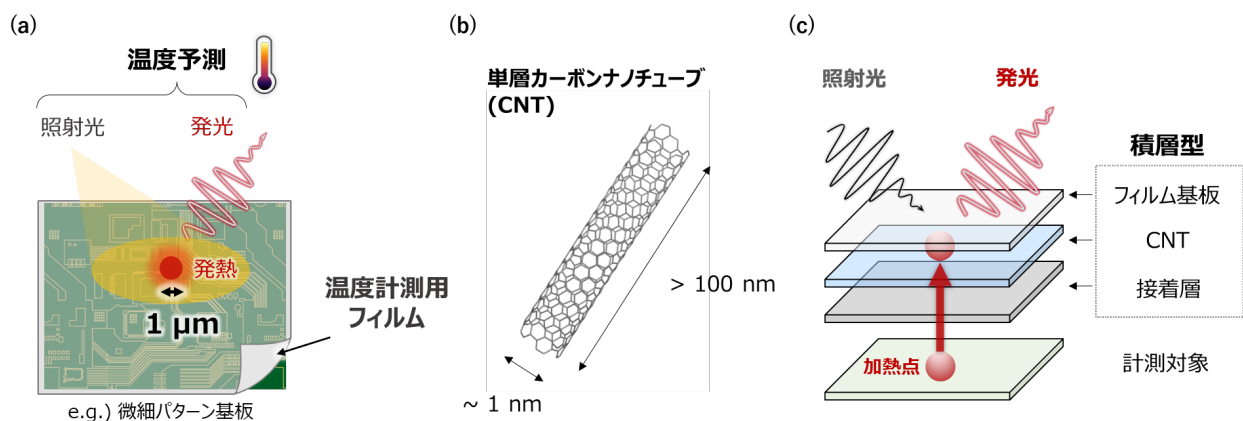


図1. (a) 光温度計測フィルムを用いた計測イメージ, (b) 単層カーボンナノチューブの化学構造, (c) 積層型フィルムのコンセプト.

2 フィルム基板と接着層の選定

フィルム基板と接着層は、汎用的なフィルム基板と接着層を選定し利用することとした。フィルム基板として必要な特性は、耐熱性と光透過性である。一般的な電子機器内の基板のホットスポットは100℃以上になる場合も想定されるので、耐熱性の高いフィルム基板が必要となる。更に、図1(c)に示す積層構造を設計するために、照射光と発光に対して高い透過性が必要である。そこで、本研究ではポリイミドフィルム(カプトン 25 μm, 東レデュポン製)を選定した。ポリイミドフィルムは、照射光と発光の波長域である 800-1200 nm で高い透過性(>80%)があり、更に耐熱温度も 400℃のため、高い耐熱性を有するフィルムである。電子機器内部においても広く利用されているフィルムである。

次に、接着層として必要な特性は耐熱性と粘着性である。接着層は、計測対象とフィルムの空気層を埋めることが目的のため、測定対象の形状に追従可能な柔軟性のある材料が好ましい。また、粘着性が高いとフィルムが剥離しにくくハンドリング性が悪化する。そこで、微粘着な柔軟性のある材料として、シリコーン微粘着剤(KR-3704, 信越シリコーン製)を選定した。シリコーンは耐熱性が高く(耐熱温度 150℃)、スマートフォンの保護フィルムに利用されるほど広く普及している粘着剤である。

3 フィルム作製方法

CNT 粉末は凝集していることに加え、金属系触媒の混入や金属型 CNT も多く存在している。そこで、粉末は溶液(水や有機溶媒)に界面活性剤やポリマーを用いて分散・精製させたのちに、薄膜化させるアプローチを検討した。

図 2 に作製方法の概要を示す。本研究では、文献²⁾に基づいた作製方法で行った。CNT 粉末(SG65i, CoMoCAT)と PFO-BPy(Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-alt-(6,6'-{2,2'-bipyridine})])をトルエン溶媒に入れ、超音波分散(1 時間以上)と超音波粉碎(3 時間)を行うことで溶媒中に分散させた。この分散させた黒色の溶液(図 2 中の中央)に対して遠心分離機を用いて精製する。遠心分離した分散液のうち、上澄み液を抽出したものが図 2 の右図に示す、紫色の CNT 分散溶液となる。精製に対する評価として吸収スペクトルを測定し、CNT 由来の吸収ピーク(~980 nm)があることを確認した。

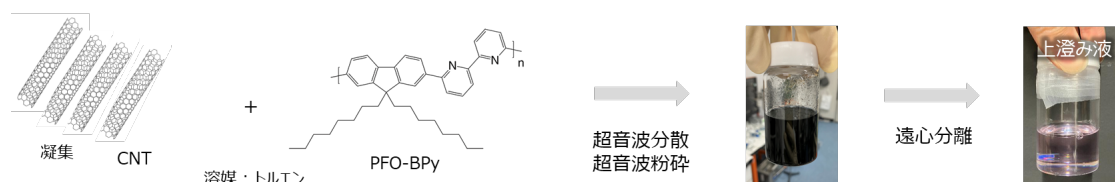


図 2. CNT 粉末の分散溶液作製フロー

次に、その分散溶液に対して吸引ろ過を用いて、ろ過用メンブレン上に薄膜 CNT を作製した(図 3 の紫色が CNT 薄膜)。メンブレン上に成膜した CNT 薄膜を約 2 mm 角に切断し、10 mm 角のカプトン上に CNT がカプトンと接するように設置した。ろ過用のメンブレンを除去するために、アセトンを数回滴下した。メンブレン除去後に、シリコン粘着剤をドロップキャストした。その後、ホットプレートで 130 °C加熱させることで、粘着剤を硬化させた。以上により、コンセプト通りの積層フィルムの試作品を得た。

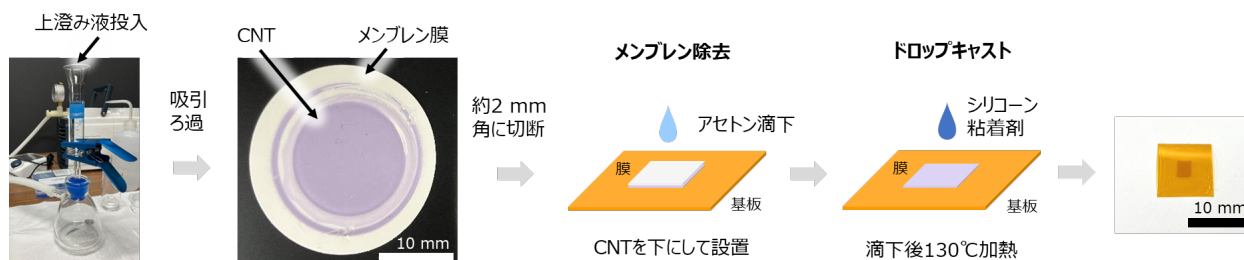


図 3. カーボンナノチューブの薄膜作製及び積層型フィルムの作製方法。

4 結論

実用的な光温度計を想定し、ハンドリング性の良い積層型のフィルムを設計および作製を行った。積層フィルムの基板フィルムにはポリイミドフィルム、接着層にはシリコン微粘着剤を選定した。精製した CNT 薄膜と、選定した材料を組み合わせ、コンセプト通りの積層フィルムを試作した。今後は、試作フィルムの光学特性およびそのハンドリング性を評価し、基板の温度計測といった実証実験と合わせながら開発を進める。

参考文献

- 1) S. Iijima, et. al., Nature **363**, 603, 1993.
- 2) T. Nishihara, et. al., Nanophotonics **11**, 1011, 2022.

(問合せ先 青田 駿)

(校 閲 平田一郎)