

カーボンナノチューブ配向膜を用いた高速偏光熱光源

慶應義塾大学

侯野眞一朗, 志村 惟, 牧 英之

1. はじめに

カーボンナノチューブやグラフェンといったナノカーボン材料は、低次元材料としての特性を有しており、その特異な構造から機械的、電氣的、光学的、熱物性的に優れた特性を有していることが知られている。それらの特異な特性の活用を目指し、シリコン基板上に集積できるようなデバイス材料としての応用が注目され、数多くの研究が進められてきたが、特に電子デバイスは、カーボンナノチューブの半導体特性やグラフェンの特異なバンド構造を活かした、トランジスタや電気配線などの応用が期待され、研究が進められてきた。一方、近年では、光デバイス材料としても注目されており、例えば、カーボンナノチューブやグラフェンを用いたチップ上の光デバイスが報告されている¹⁻⁸⁾。ナノカーボン材料は、シリコン上などのチップ上に形成可能であることや、容易に微細加工プロセスが可能であることが、従来の化合物半導体と比べて利点となっている。

これまでに、光デバイスの一つとして、ナノカーボンを用いた様々なタイプの光源が報告されている。例えば、カーボンナノチューブでは、巻き方(カイラリティ)によってバンドギャップが変化することから、カーボンナノチューブを用いたフォトルミネッセンス¹⁾やエレクトロルミネッセンス^{2,3)}といった発光や、カーボンナノチューブの擬一次元構造を利用した単一光子光源が報告されている¹⁾。さらに、ナノカーボン材料を用いたマイクロ・ナノ光源の領域として、黒体放射発光を利用した熱光源が報告されている^{4-6,9)}。黒体放射では、物質が高い熱エネルギーを保有するときに、外部に電磁波エネルギーを放射するため、放射した光エネルギーは、フォトルミネッセンス、エレクトロルミネッセンスとは異なり、広い発光波長領域を有する。黒体放射の原理における発光強度は、ステファンボルツマンの法則により温度の4乗となるが、ナノカーボン材料は耐熱温度が高く、グラフェンの架橋デバイスでは、3000 K 付近の可視で白色発光するといった報告もある⁹⁾。また、ナノカーボン材料の小型光源は、従来の白熱電球と比べて桁違いに高速な変調をすることができる利点があり、これまで筆者らは、グラフェンやランダムに並んだカーボンナノチューブ薄膜において高速熱発光を報告してきた^{4,6)}。

本稿では、新たな熱光源として、高配向したカーボンナノチューブ配向膜を用いた高速変調可能な偏光熱光源を紹介する。カーボンナノチューブ配向膜は、カーボンナノチューブが高密度・高配向度に整列した単結晶膜であり、その高精度な成膜手法は 2016 年に Rice 大学の Kono 研究室により報告がされた¹⁰⁾(SEM 像・光学顕微鏡像: 図 1a)。カー

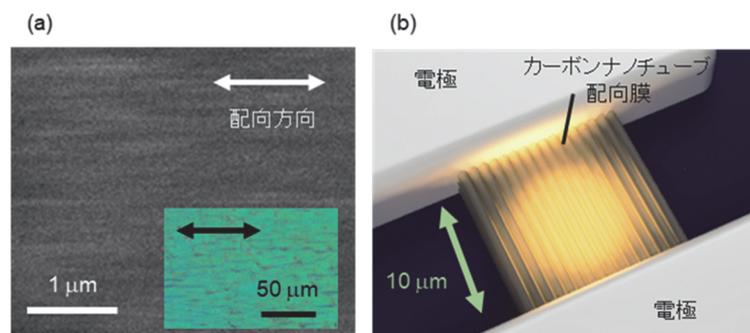


図 1 (a) カーボンナノチューブ配向膜の SEM 像 (右下インセット: 光学顕微鏡像)。 (b) カーボンナノチューブ配向膜を用いた電圧印加型熱発光デバイスの概要図。

[American Chemical Society からの承諾を得て転載]