

圧電的挙動と光導波性を示す発光性ポリマサブミクロンファイバ

Light-emissive polymer submicron fibers exhibiting electrical actuation and waveguiding

京都工繊大¹, 豊技大², 産総研 FLEC³, 北陸先端大⁴ ○石井佑弥^{1,2}, 延島大樹³, 酒井平祐⁴,
大森啓翔², 植村聖³, 福田光男²

Kyoto Inst.¹, Toyohashi Tech.², AIST FLEC³, JAIST⁴, Oubutsu Univ.¹, °Yuya Ishii^{1,2}, Taiki

Nobeshima³, Heisuke Sakai⁴, Keisho Omori², Sei Uemura³, Mitsuo Fukuda²

E-mail: yishii@kit.ac.jp

はじめに：ポリマサブミクロンファイバは、極小かつ極軽量、機械的に柔軟といったユニークな特徴を有する。さらに同ファイバに電気的、光学的な機能を付与することにより、新しい極小、フレキシブルな光電子素子を創出できる可能性がある。これまでに我々は、エレクトロスピンニング(ES)法で作製したポリマサブミクロンファイバが圧電的挙動と光導波性を示すことを報告している^[1]。今回我々は、蛍光性をさらに付与したポリマサブミクロンファイバについて報告する。加えて、同ファイバの逆圧電的挙動と光導波特性について詳しく報告する。

実験：ポリ乳酸のD体とL体のランダム共重合体(PDLLA)と rhodamine 6G (R6G)を chloroform と *N,N*-dimethylformamide の混合溶媒に溶解させ、ES 法によりファイバを作製した。PDLLA の濃度は 120 mg/ml, R6G の濃度は PDLLA の体積に対して 2×10^{-3} mol/l とした。逆圧電特性は、PDLLA/R6G ファイバマットを銀電極上に 30 分間堆積させた後に、上部に金箔を配置し測定した。伝播損失は、一軸配向したシングルファイバを Cytop クラッドで被覆後、励起用レーザ光を走査し、導波する R6G の蛍光強度の伝播距離依存性から評価した。

結果：作製した PDLLA/R6G ファイバマットの走査電子顕微鏡(SEM) 像と蛍光顕微鏡像を Fig. 1 に示す。サブミクロンの直径のファイバが作製されており、R6G の添加により蛍光を示すことが分かる。次に、逆圧電特性を評価した。膜厚 $17.3 \mu\text{m}$ の PDLLA/R6G ファイバマットは逆圧電的挙動を示し、見かけ上の圧電定数(d_{33})は $29,000 \times 10^{-12}$ m/V と高い値を示した。また、同マットのヤング率を算出したところ、1.5 kPa と非常に柔らかい膜であることが分かった。なお、ファイバの平均直径は $0.20 \mu\text{m}$ であった。次に、PDLLA/R6G シングルファイバの伝播損失を測定したところ、波長 $0.63 \mu\text{m}$ において $0.63\text{--}3.6$ dB mm^{-1} であることが分かった。ファイバの平均直径は $0.36 \mu\text{m}$ であった。最後に、PDLLA の理想的な円筒構造を仮定し、コア内光パワー比と群速度を算出したところ(Fig. 2), 波長 $0.63 \mu\text{m}$ においてそれぞれ 0.15 と 2.17×10^8 m sec^{-1} であることが分かった。従って、低いコア内光閉じ込めでほぼ高速で光信号を伝播可能であることが示された。

謝辞：本研究の一部は、文科省卓越研究員事業、豊田理化学研究所 H28 年度豊田理研スカラー、立松財 H29 年度研究助成の助成を受けて実施された。

参考文献 [1] 石井他, 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会, 14a-2A-10 (2015).

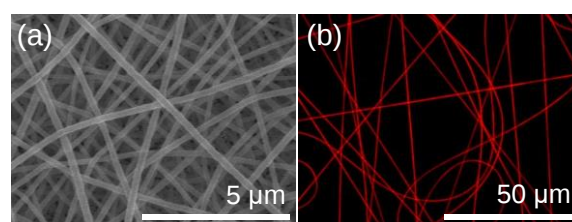


Fig. 1. (a) SEM and (b) fluorescence microscopy images of the electrospun PDLLA/R6G fibers.

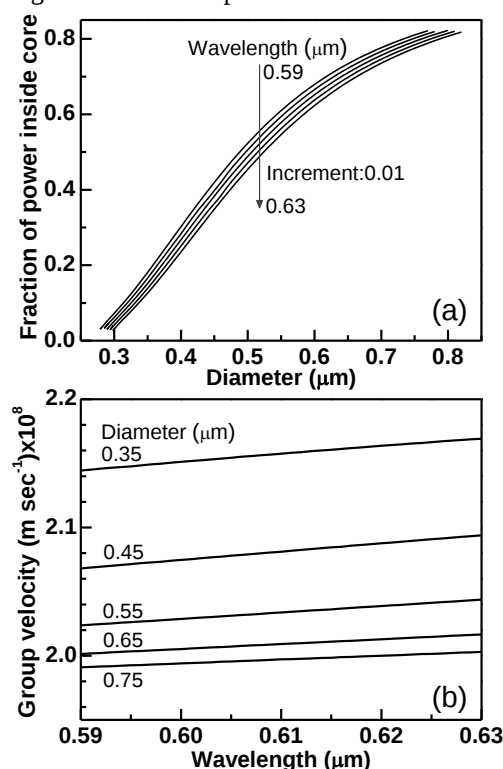


Fig. 2. Calculated (a) fraction of power inside core and (b) group velocity for the cladless PDLLA fiber with various wavelengths and diameters.