

有機色素ナノファイバーによる超低曲げ損失 光伝搬と極微小光学素子への応用

SATテクノロジー・ショーケース2015

■ はじめに

エレクトロニクスを基盤とした通信機器や情報処理機器の膨大なエネルギー消費と発熱が、情報化社会の更なる発展を妨げる障害になっている。フォトニクスを基盤とした光回路は超高速・低消費エネルギー駆動が原理的に可能なため、エレクトロニクスの抱える問題を解決し得る有望な将来技術である。一方で、光の回折限界が光回路を電気回路のように小型化・集積化することを阻んでいる。光配線に用いられる光導波路は、電気配線より遥かに太いだけでなく、曲げによる伝搬光の損失(曲げ損失)が生じるため急峻に曲げることができない。高度に集積化した光回路の実現には、光信号をナノからミクロンの微小領域で伝搬・操作する技術の開発が必要である。我々は、有機ナノファイバー中を励起子ポラリトン(光と励起子の連成波)が安定に伝搬する現象を発見した。この現象を利用して光をミクロン領域で自在に操作することを可能にし、従来技術では困難な極微小光学素子の開発に成功した。

■ 活動内容

1. 有機ナノファイバーにおけるポラリトン伝搬の発見

有機色素チアシアニン(図1a)の自己組織化で合成したナノファイバー(幅約200nm)中をポラリトンが室温でミリメートルに亘って伝搬する新現象を発見した[1]。基板上に分散したナノファイバーの一点をレーザー励起すると、生じたポラリトンがファイバー中をほぼ無減衰で伝搬し、端まで到達すると光となって放出される(図1b)。ポラリトンが室温の物質中をこれほど長距離に亘って伝搬する現象が観測されたのは、これが初めてである。さらにポラリトン伝搬では、ミクロンの曲率で曲がったファイバーでも曲げ損失がほとんど生じないことが観測された。その機構を理論解析により完全に解明することに成功した[2]。

2. 有機ナノファイバーによる極微小光学素子

有機ナノファイバーの非常に小さい曲げ損失を利用すれば、光をミクロンの領域で操作することができ、従来技術では困難な極微小光学素子が実現できる。我々は基板上的ナノファイバーを操作する技術を開発し、実際に極微小素子を製作することに成功した。例として、2本のナノファイバー(Fiber 1, 2)を操作して作製した干渉計(マツハ・ツェンダー型)を示す(図2a)。左端をレーザー励起してポラリトンを入力すると、分岐と結合を経て右端より信号が出力される(図2b)。出力信号には、二つの経路長の差に起

因する明瞭な干渉縞が観測された(図2c)。ミクロンの曲率で折り曲げたFiber 2でも曲げ損失が生じないため、僅か20 μm 四方に満たない素子サイズでありながら、ほぼ完全な干渉計として機能している。可視光領域でこれほど高性能かつ微小な光学素子を実現できる技術は他にない。様々な極微小素子を作製し、有機ナノファイバーを用いた光操作が非常に有望な技術であることを実証した[3]。

参考文献

- [1] Takazawa et al., *Phys. Rev. Lett.* **105**, 067401 (2010).
 [2] Takeda et al., *Phys. Rev. B* **86**, 205319 (2012); *Opt. Express* **21**, 31420 (2013).
 [3] Takazawa et al., *Adv. Mater.* **23**, 3659 (2011); *Adv. Funct. Mater.* **23**, 839 (2013).

■ 関連情報等(特許関係、施設)

特許登録「光エネルギー伝導分子ファイバーとその製造方法」、特許登録4431686号

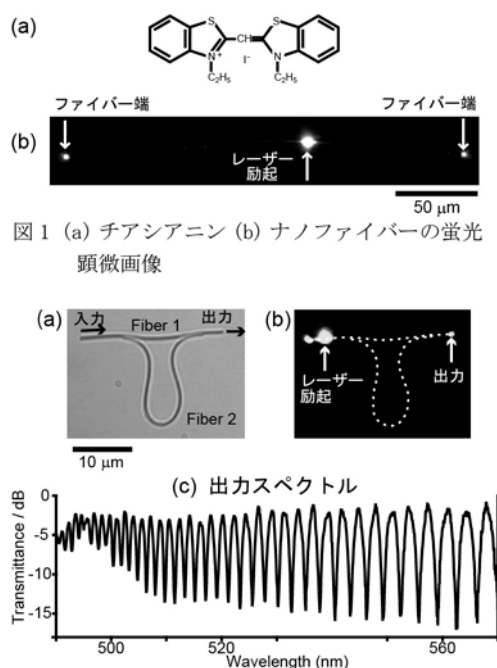


図2 (a) (b) 干渉計 (c) 出力スペクトル

代表発表者 高澤 健 (たかざわ けん)
 所属 (独)物質・材料研究機構
 先端フォトニクス材料ユニット・ナノフォトニクスグループ
 問合せ先 〒305-0003 つくば市桜 3-13
 TEL: 029-863-5487 FAX: 029-863-5599
 高澤 健

■キーワード: (1) 有機ナノファイバー
 (2) 励起子ポラリトン
 (3) 極微小光学素子