

※課題番号 : F-12-OS-0008  
※支援課題名 (日本語) : ナノ光ファイバへの光共振器構造の作製  
※Program Title (in English) : Fabrication of Nano-fiber Optical Cavity Using Focused Ion Beam  
※利用者名 (日本語) : 藤原 正澄<sup>a,b</sup>、上岡 俊也<sup>a,b</sup>、竹内 繁樹<sup>a,b</sup>  
※Username (in English) : Masazumi Fujiwara, Shunya Kamioka, Shigeki Takeuchi  
※所属名 (日本語) : <sup>a</sup>北海道大学 電子科学研究所, <sup>b</sup>大阪大学産業科学研究所  
※Affiliation (in English) : <sup>a</sup>RIES, Hokkaido University, <sup>b</sup>ISIR, Osaka University

※概要 (Summary) :

光ファイバを波長以下 (~300nm) の直径にまで細くしたナノ光ファイバは、その表面上に配置された量子ドット・蛍光ナノ粒子などの単一発光体と強く相互作用し、単一発光体からの発光の高効率蛍光集光や巨大光吸収が可能となる事が知られている。本研究では、このナノ光ファイバに集束イオンビーム装置を用いてナノ周期構造を形成し、光共振器を作製する。それにより、光-物質相互作用を極限のレベルまで高める事を目指す。本年は、ナノファイバ上への共振器作製に成功し、それによる光透過率減少を確認した。

※実験 (Experimental) :

・集束イオンビーム装置

電磁解析によるシミュレーションで、試作の構造設計を行った。その結果、400nm のナノ光ファイバに深さ 40nm の溝を周期的に作製する事に決定した。

実験に用いたナノ光ファイバは、これまでに我々が確立してきた手法により作製した[1,2]。ナノ光ファイバは金属基板上に紫外線硬化樹脂により固定した。

Ga イオンの加速電圧を 30kV、ビーム電流約 10pA、一周期構造を作製するための照射時間を約 1 秒、ビームスポット径を 13nm というパラメータを用いて、構造作製を行った。これを 100 周期構造作製した。ナノ光ファイバはシリカガラスであるために導通性が悪く、FIB 加工において帯電しやすい。この帯電を防ぐために、加工中に試料の帯電状態に応じて、チャージニュートライザーを適宜用いる事で、試料の帯電を防ぎながら、正確な加工を行った。

※結果と考察 (Results and Discussion) :

図 1 に周期構造を作製したナノファイバの SEM 画像を示す。直径 400nm のナノファイバ上に、深さ 40nm 程度、1 周期の長さ 360nm 周期構造を 100 個形成する事に成功した。

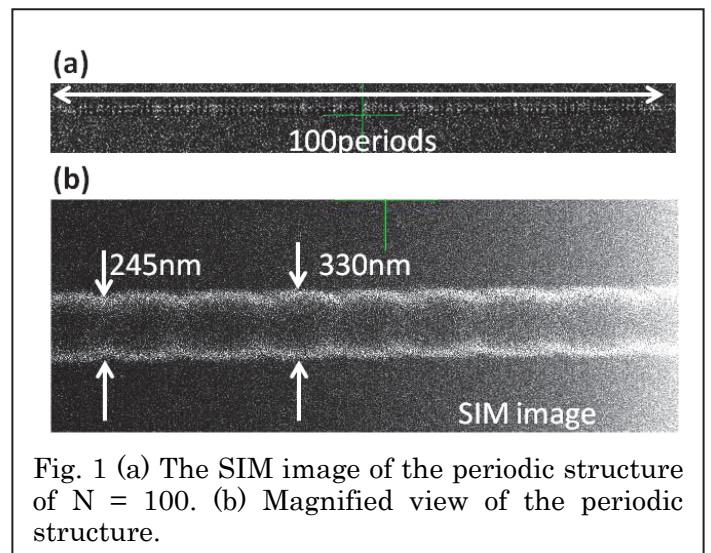


Fig. 1 (a) The SIM image of the periodic structure of N = 100. (b) Magnified view of the periodic structure.

この共振器付ナノファイバの光学特性を評価するために、タングステンハロゲンランプからの白色光をファイバに導入し、出射して来た光を分光器によって分析した。共振器構造作製前に計測した光強度スペクトルに対して、共振器作製後の光強度スペクトルを除することで、透過率スペクトルを得た。図 2 にその透過率スペクトルを示す。波長 750nm 近辺に明瞭な透過率減衰ピーク構造が観測された。これは共振器構造を作製したことによって、当該波長が反射され、透過光が失われたことを表している。減衰率は 12%、ピークの半値全幅は 6.8nm と見積もられた。

※その他・特記事項 (Others) :

・今後の課題

得られた光減衰率12%はシミュレーションによる想定値96%より遙かに小さいものであった。次の課題としては、この深さを改善する必要がある、作製パラメータの最適化やチャープ構造 (複数の中心波長を示すFBG (nanofiber Bragg Grating)構造を作製する手法[3]) によって改善する予定である。また、現在は単なる反射ミラーとなっているため、適切なギャップを設けてもう一つ同種のFBGを作製し、共振器構造の実現にも取り組む予定である。

• 参考文献

- [1] M. Fujiwara, K. Toubaru and S. Takeuchi, Opt. Express **19**, 8596-8601, (2011)
- [2] M. Fujiwara, K. Toubaru, T. Noda, H. Q. Zhao and S. Takeuchi, Nano Lett. **11**, 4362-4365 (2011).
- [3] K. P. Nayak, F. L. Kien, Y. Kawai, K. Hakuta, K. Nakajima, H. T. Miyazaki, and Y. Sugimoto, Opt. Express **19**, 14040-14050 (2011)

