

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	STMプローブを電極とした微小イオン交換 導波構造への光開口端の形成
Title(English)	Nano-ion exchange using STM probe - Formation of optical blanches on buried waveguide in glass -
著者(和文)	諸葛英二, 瀬川浩代, 矢野哲司, 柴田修一
Authors(English)	E. Shokatsu, H. Segawa, T. Yano, S. Shibata
出典(和文)	第48回ガラスおよびフォトンクス材料討論会要旨集, Vol. , No. , pp. 56-57
Citation(English)	Abstract of the 48th meeting on glass and photonics materials, Vol. , No. , pp. 56-57
発行日 / Pub. date	2007, 11

STMプローブを電極とした微小イオン交換

—導波構造への光開口端の形成—

(東工大院、理工) ○諸葛英二、瀬川浩代、矢野哲司、柴田修一

Nano ion exchange using STM probe —Formation of optical blanches on buried waveguide in glass —

/Shokatsu, E., Segawa, H., Yano, T., Shibata, S.(Tokyo Institute of Technology) / Optical gates were formed on the buried waveguide in glass by nano ion exchange using STM probe as an electrode. The buried optical waveguide was prepared by 2-step field-assisted ion exchange in the glass substrate and then the nano ion exchange was carried out to form the blanch structures. The prepared blanches were found to act as optical gates to pick up the propagating light signals from the waveguide.

問合せ : e-mail eiji@glass.ceram.titech.ac.jp

【はじめに】ガラスは、レンズ、プリズムなどのバルク材料の形状および光学定数を調整したり、光ファイバやイオン交換光学部品などのように屈折率分布をつけ機能修飾することで光を制御する材料として進歩してきた。本研究では、ガラスに屈折率分布をつける手法として電界印加イオン交換法を用いた。電界印加イオン交換法では、電界のON/OFFにより移動イオン量を制御することが可能であり、一般的な熔融塩を用いた浸漬法によるイオン交換では達成できないような複雑なイオン濃度プロファイル、すなわち複雑な屈折率分布を形成することが可能である。電界印加イオン交換法による屈折率分布の制御性を高めれば、今までにない微小な光学デバイスを作製できる可能性がある [1]。そこで、本研究では、導波構造に光開口端を作製することを目標にして、コアクラッド屈折率界面の形成には二段階電界印加イオン交換法を、光開口端形成に STM プローブを用いたイオン引き抜き操作を用い、光学デバイスの作製を行った。

【実験】基板として用いる $20\text{Na}_2\text{O}-10\text{Al}_2\text{O}_3-10\text{B}_2\text{O}_3-60\text{SiO}_2$ (mol%) の組成のガラスを熔融急冷法により作製した。この試料の両面を鏡面研磨した後、片面に銀薄膜をスパッタし、裏面には電極として金薄膜をスパッタした。そして、試料基板温度 150°C 、印加電圧 200V で、銀イオン交換を行った。銀イオン交換の模式図を Fig.1 に示す。銀イオン交換では、銀イオンがガラス内部に存在するナトリウムイオンを押し込んで、高屈折率層を形成する。次に、カリウムイオン交換では、イオン源として APTS(2-(aminoethyl)-3-aminopropyl-trimethoxysilane) に水酸化カリウムを溶解させた材料を用いた。処理条件は 150°C 、 100V で行った。カリウムイオン交換の模式図を Fig.2 に示す。カリウムイオン交換では、カリウムイオンが銀イオンを押し込んでいく形でイオン交換が進み、低屈折率層を形成する。このようにして、二段階で電界印加イオン交換を行って、光導波構造を有するガラス基板を作製した。

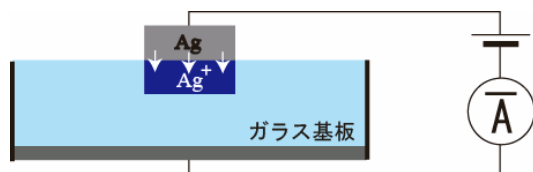


Fig.1 Schematic illustration of silver ion exchange.

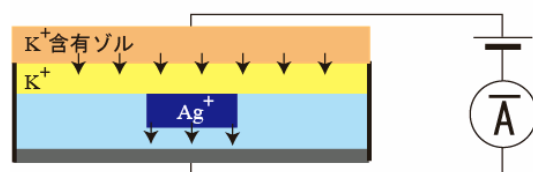


Fig.2 Schematic illustration of potassium ion exchange.

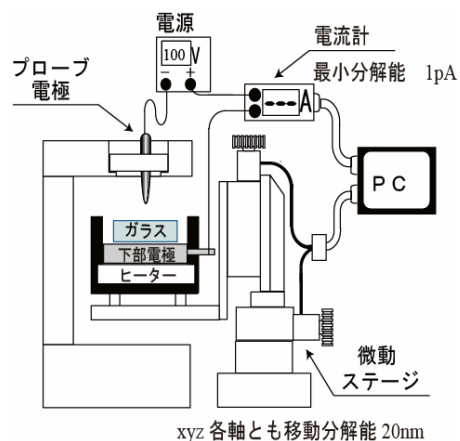


Fig.3 Schematic illustration of the STM-probe ion-exchange instrument.

次に、STMプローブを電極として導波構造に対してイオン引き抜き処理を行った。実験は Fig.3 に示す装置を用いて行った。電流計と微動ステージを用意し、プローブを流れる電流値をステージ移動にフィードバックさせることで、プローブとガラスの接触、電荷量の制御を行った。処理条件は、試料温度 280°C、印加電圧 100V、電荷量 1,3,5,10,20,100nC とした。

次に、この引き抜き処理部が光開口端として機能するかどうか確かめるため、高屈折率層にアルゴンイオンレーザー ($\lambda=514.5\text{nm}$) を入射し、開口端領域の光を観察した。

【結果と考察】二段階電界印加イオン交換法を用いて作製した導波構造の断面の反射電子像を Fig.4 に示す。ガラス表面側第一層はカリウムイオン交換により形成された層であり、ガラス表面側第二層は銀イオン交換により形成された層である。カリウム層と銀層の境界線がはっきりと確認でき、急峻な屈折率界面を有している。このことから、コア部に強く光を閉じ込め、表面に光電場がしみでないと考えられる。

引き抜き処理後の光学顕微鏡像を Fig.5 に示す。電荷量が 100,20,10,5nC の開口部は確認できたが、1,3nC の開口部は確認できなかった。これは、1,3nC の開口部の大きさが観察に使った光学顕微鏡の分解能以下だったためだと考えられる。Fig.6 は電荷量と開口端直径の関係である。引き抜かれる銀やカリウムの体積は電荷量に比例し、開口端直径は体積の3分の1乗に比例する。よって、電荷量の3分の1乗に開口端直径が比例する近似式を算出した。プロットした点は多少のばらつきはあるもののこの近似曲線と近い値をとっている。このことから、電荷量によって開口端直径は制御できるといえる。

様々な電荷量でイオン引き抜き処理を行った光導波構造を有するガラスに、アルゴンイオンレーザーを伝搬させたときの引き抜き処理部の光学顕微鏡像を Fig.7 に示す。STMプローブによってイオンの引き抜き処理を行った部分だけ、内部を伝搬していた光が漏れ出ていることがわかる。また、処理電荷量が小さいものは漏れ出る光は少ない。以上のことより、STMプローブを電極とした微細イオン交換によって、ガラス内部の屈折率分布をコントロールし、光開口端を形成できることがわかった。

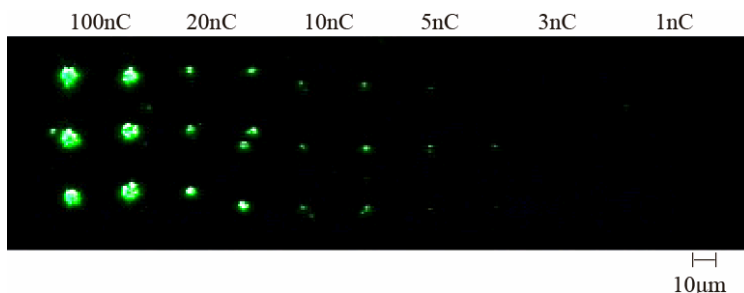


Fig.7 Optical microscope image of the output of the propagating Ar^2 -laser light from the nano ion exchange region.

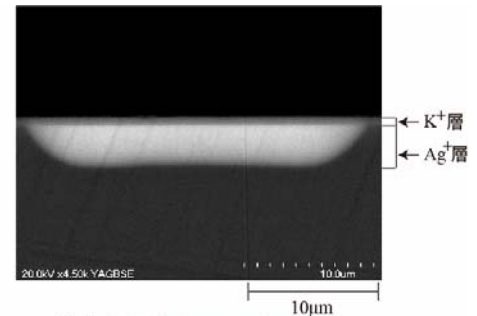


Fig.4 Optical microscope image of the ion exchange region.

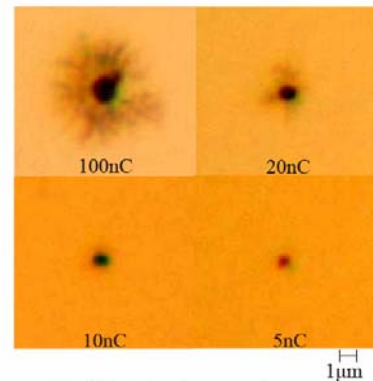


Fig.5 Optical microscope images of the nano ion exchange region.

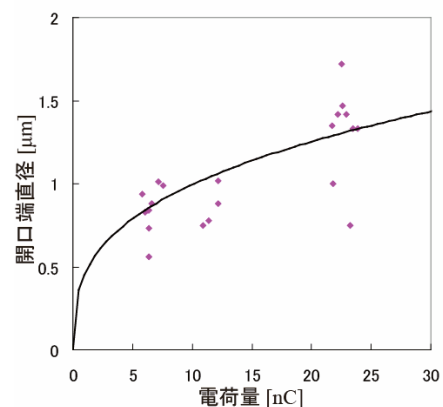


Fig.6 Relation between quantity of the electric charge and diameter of the ion-exchange region.

【参考文献】

[1]T. Yano,S. Kubota,H. Kato,S. Shibata, *Proc. of SPIE, Nanoengineering*, **5515** (2004) 203.