

## 先鋭化したイオン伝導性ガラスを用いた電界イオン放出

## Thermionic emission from sharpened ion-conducting glasses

名工大 °大幸 裕介, 本多 沢雄, 岩本 雄二

Nagoya Inst. Technol., °Yusuke Daiko, Sawao Honda, Yuji Iwamoto

E-mail: daiko.yusuke@nitech.ac.jp

【緒言】材料中に加速したイオンを注入するとイオンの種類に応じて材料物性が著しく変化し、半導体産業などでイオン加速器を利用したイオン注入処理が不可欠となっている。また近年では細胞や生体組織にイオンを注入すると、接着性や活性が著しく改善することが報告されており、生体・医療分野においてもイオン注入技術が注目を集めている。しかし、一般的なイオン注入装置は、高真空を必要とするため、水分を多く含む細胞・組織は真空条件下で失活してしまうという問題点がある。本研究室では先鋭化したプロトン伝導性ガラスファイバーをエミッタとして用いたプロトン銃を作製し、ガラス転移温度以上の加熱(e.g. 500°C)および真空( $\sim 10^{-5}$  Pa)下において  $H^+$ 電界放出を実証した[1]。さらに室温付近で高いイオン伝導性を有するガラスを同様に先鋭化して大気圧条件下でのイオン放出を検討したところ、ガラス組成などを工夫することで  $H^+$ イオンや  $Ag^+$ イオン、 $Cu^+$ イオンなど様々なイオンが放出可能であることを見出した[2-4]。イオン源にプラズマ等が不要であることから手のひらサイズにイオン銃を小型化可能であり、また電界レンズなどを使用しない条件下で被照射範囲は $\sim 5 \mu m$ 程度と見積もられた。他方、連続的なイオン放出やイオン電流の安定性の点において、問題点も明らかになってきた。本発表ではガラスエミッタの作製方法や放出イオン種、イオン電流値のほか上述の問題点などについてもまとめて報告する。以下には一例として、銀イオン伝導性リン酸塩ガラスの作製とイオン放出特性について述べる。

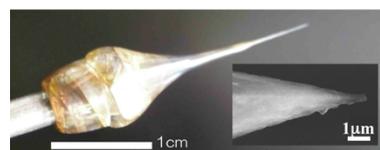


Fig. 1 Photos of the emitter prepared using  $Ag^+$  ion conducting glass.

【実験方法】  $55P_2O_5 \cdot 15SiO_2 \cdot 25Ag_2O \cdot 5Al_2O_3$  (mol%)組成となるように原料を 1500°C で 1 h 熔融した。イオン放出実験用に作製したガラス先端の写真を Fig. 1 に示す。銀ロッドをガラス融液に直接浸漬し、所定速度で引き上げてガラスエミッタを作製した。作製したガラスエミッタと引抜電極間距離を 1 mm とし、高電圧(DC)を印加し、ターゲット基板に接続したピコアンメーターを用いてイオン電流を測定した。イオン衝突時に発生すると思われる 2 次電子などの補正は行っていない。

【結果と考察】 作製した  $Ag^+$ イオン伝導性ガラスの導電率は 400°C で  $10^{-3}$  S/cm 程度の値を示した。このガラスを Fig. 1 のように加工して 300°C にてイオン放出実験を実施した結果を Fig. 2a に示す。4 kV/mm を超えるあたりからイオン電流値が増大して 6.5 kV/mm において 2 nA 程度の電流値が得られた。Au ターゲットに対して  $Ag^+$ イオンを照射したところ、 $Ag^+$ イオンの衝突によると思われる照射痕が SEM より観察され、また照射痕周りには数 100 nm 程度のナノ粒子が確認された。EDS 分析より  $Ag$  ナノ粒子であることがわかり、ガラスファイバーからの  $Ag^+$ イオン放出を実証した。Fig. 2a の結果に対して、 $\log(\text{current})$  に対する  $V^{0.5}$  を再度プロットしたものを Fig. 2b に示す。両者の間には明瞭な直線関係が成り立つことから、本ガラスファイバーからのイオン放出はショットキーモデルで説明できると考えられる。一方でヨウ化銀系ガラスからのイオン放出では、空間電荷限界電流モデルでフィッティングできた。これらのイオン放出モデルや長時間( $\sim 40$  h)のイオン放出能、放出イオンの質量分析の結果などについて当日発表する予定である。

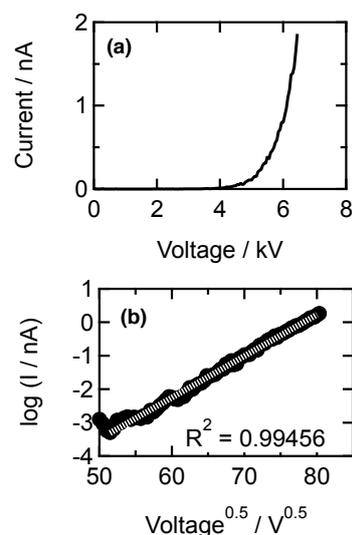


Fig. 2 (a) Ionic current as a function of voltage, (b) Schottky plot calculated from the result of (a).

【謝辞】 JSPS 科研費(25630286, 16K14385)の研究助成によるものである。

[1] Y. Daiko, *et al.*, *Proceedings of the 16th International Conference on Nanotechnology*, 351-353 (2016) [2] Y. Daiko, *et al.*, *J. Sol-Gel Sci. Technol.*, **83**, 252 (2017). [3] Y. Daiko, *et al.* *Solid State Ionics*, **322**, 5 (2018) [4] Y. Daiko *et al.*, *Adv. Eng. Mater.*, **2018**, 1800198.