

## ナノシリコン弾道電子源を用いたIV族半導体薄膜の堆積

## Deposition of thin group-IV films using nanosilicon ballistic electron emitter

農工大・院・工 ○八木麻実子, 須田隆太郎, 小島明, R. Mentek, 白樫淳一, 越田信義

Graduate School of Eng., Tokyo Univ. of Agri. &amp; Technol.

○M. Yagi, R. Suda, A. Kojima, R. Mentek, J. Shirakashi, and N. Koshida

E-mail: koshida@cc.tuat.ac.jp

**はじめに:** ナノシリコン弾道電子エミッタを溶液で動作させると、金属塩水溶液中では当該金属イオンが、 $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{GeCl}_4$  溶液では  $\text{Si}^{4+}$ 、 $\text{Ge}^{4+}$  イオンが還元され、電子放出面上に金属または半導体薄膜が堆積する [1,2]。今回は、電子放出面に極微量の溶液を滴下する方法により、Si、Ge の薄膜堆積を中心に報告した [3]。ここでは、堆積対象を SiGe に広げた結果について報告する。

**実験:**  $n^+$ -Si 基板に堆積したノドープ poly-Si 層 (1.8  $\mu\text{m}$ ) に HF 水溶液中で陽極酸化処理を施し、電子ドリフト層となるナノシリコン層を形成する。次いで、電気化学的酸化、超臨界状態の  $\text{CO}_2$  による洗浄・乾燥 (14 MPa, 1 h)、アニール処理 (550°C, 50 min) 等の処理を施す。最後に表面電極として Ti (1 nm) と Au (10 nm) の薄膜を積層した後、電子放出面 ( $\phi 10$  mm) の外周にフォトレジストでマスクを形成した。薄膜堆積実験では、Fig. 1(a) に示すように、グローブボックス中でディスペンサを用いて  $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{GeCl}_4$  溶液または  $\text{SiCl}_4 + \text{GeCl}_4$  混合溶液を電子放出面に供給し (数  $\mu\text{l}/\text{pulse}$ )、対向電極なしで素子を動作させた。その後、真空中加熱処理を行い、SEM、XPS、SIMS などにより、堆積した薄膜のキャラクタリゼーションを行った。

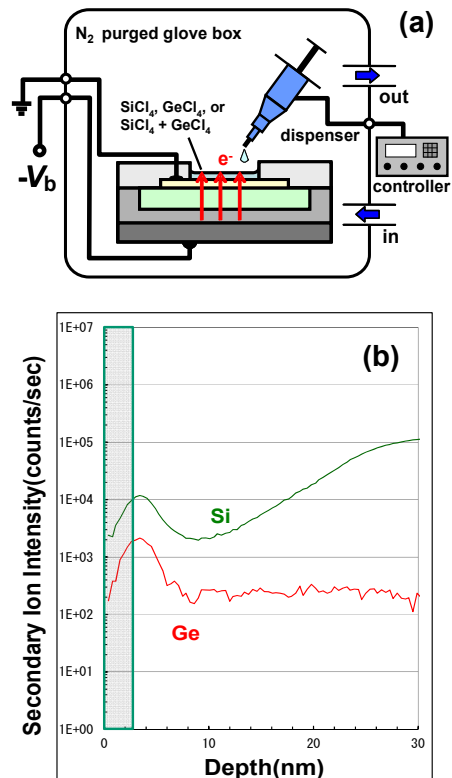
**結果:**  $\text{SiCl}_4 + \text{GeCl}_4$  混合溶液 (1:1) を滴下し、電子放出が顕著となる印加電圧で数分の間欠駆動を行ったところ、電子放出面に薄膜が均一に形成された。XPS 測定では Si と Ge の信号が観測され、Cl の汚染は検出限界以下であった。SIMS プロファイルにおいても (Fig. 1(b))、Si および Ge のピークが表面領域で確認された。この場合の組成比は  $\text{Si}_{0.9}\text{Ge}_{0.1}$  と見積もられたが、この値は滴下する溶液の混合比で制御できると思われる。エミッタから溶液に注入された高エネルギーの電子が界面の  $\text{Si}^{4+}$  および  $\text{Ge}^{4+}$  を直接還元し、アモルファス薄膜を自律成長させる現象が  $\text{SiCl}_4 + \text{GeCl}_4$  混合溶液においても実証できた。常温・ウェットの新規クリーン半導体薄膜堆積技術の開発に向けて、膜質の評価などをさらに進めていく。

本研究は科研費基盤研究(A)の補助により行われている。

[1] T. Ohta, B. Gelloz, A. Kojima, and N. Koshida, Appl. Phys. Lett. **102**, 691 (2013).

[2] N. Koshida, A. Kojima, T. Ohta, R. Mentek, B. Gelloz, N. Mori, J. Shirakashi, ECS Solid State Lett. **3** (5), P57 (2014).

[3] 須田、八木、小島, R. Mentek, 白樫, 越田, 第 61 回応用物理学会学術講演会 18p-E14-20 (2014).



**Fig. 1.** (a) Schematic experimental configuration for thin film deposition under the dripping mode. (b) A measured SIMS profile of a thin SiGe film deposited on the emitting