

弾道電子の直接還元効果を用いた半導体薄膜堆積

Liquid-phase deposition of thin Si, Ge, and SiGe films based on ballistic electron injection

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

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

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

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

はじめに: ナノシリコン電子源から溶液中に電子を供給すると、平均 5~7eV もの高エネルギーをもった電子が還元反応を誘起し、水溶液中では水素気体生成、金属塩水溶液中では当該金属の薄膜堆積、 SiCl_4 、 GeCl_4 溶液ではそれぞれ Si、Ge の薄膜堆積効果を生じる[1-3]。前回は、電子放出面のみに極微量の SiCl_4 溶液を滴下した場合の Si 薄膜堆積について報告した[4]。今回は、 SiCl_4 、 GeCl_4 、 $\text{SiCl}_4+\text{GeCl}_4$ 溶液を滴下した場合のそれぞれの薄膜堆積について検討した。

実験: n^+ -Si 基板に堆積したノンドープ poly-Si 層 (1.8 μm) に HF 水溶液中で陽極酸化処理を施し、ナノシリコン層を電子ドリフト層として形成した。次いで、電気化学的酸化、超臨界状態の CO_2 による洗浄・乾燥 (14 MPa、1 h)、アニール処理 (550°C、50 min) 等の表面処理を適宜施した。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。薄膜堆積実験では、電子放出面 (ϕ 10 mm) の外周にフォトレジストでマスクを形成し、 SiCl_4 、 GeCl_4 、または、 $\text{SiCl}_4+\text{GeCl}_4$ 溶液を数 μl 滴下した。その後、対向電極なしに素子を動作させ (Fig. 1(a))、表面に堆積した薄膜のキャラクタリゼーションを行った。

結果: ナノシリコン電子源に GeCl_4 溶液を滴下し、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、 SiCl_4 溶液滴下時と同様に電子放出面に薄膜が形成された。

Figure 1(b) に示した電子放出部境界領域の表面 SEM 写真から、電子放出面上に Ge 薄膜が均一に堆積されていることがわかる。EDX スペクトル測定の結果、Cl、C などの汚染がないことが確認された。溶液に注入された高エネルギーの電子が界面の 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、 GeCl_4 でも実証できた。従来の電解メッキでは困難であった常温ウェットプロセスの半導体薄膜堆積が可能となり、nm スケールの積層や素子作製への展開が期待できる。

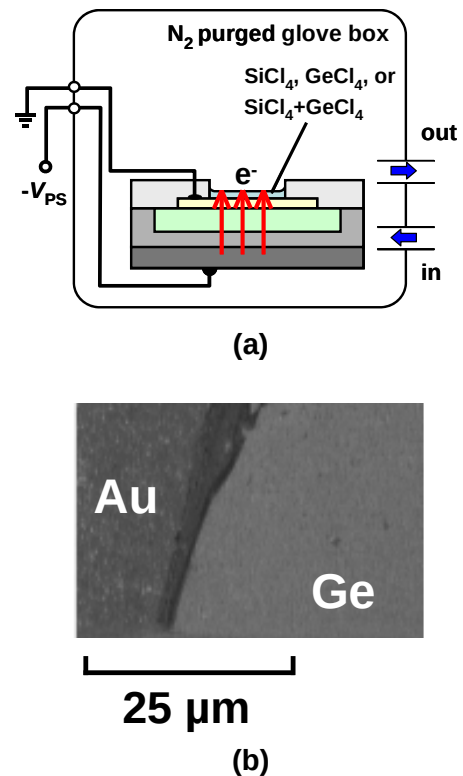


Fig. 1. (a) Schematic experimental configuration for thin film deposition. (b) SEM image observed near the boundary between the surface electrode and the deposited area.

[1] N Koshida, T Ohta, B Gelloz, and A Kojima, Cur. Opinion in Solid State and Mat. Sci. **15**, 183 (2011).

[2] N. Koshida, T. Ohta, and B. Gelloz, ECS Transactions, Vol. **45**, No. 5, 221 (2012).

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

[4] 須田、伊藤、小島、白樫、越田：第 60 回応用物理学会学術講演会 28p-G6-6 (2013).