

Title	電子線照射による液体 Si の固体化現象の研究
Author(s)	森, 雅弘
Citation	
Issue Date	2021-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	none
URL	http://hdl.handle.net/10119/17240
Rights	
Description	Supervisor: 増田 貴史, 先端科学技術研究科, 修士 (マテリアルサイエンス)

電子線照射による液体 Si の固体化現象の研究

森 雅弘 (増田研究室)

【背景】液体 Si とは常温常圧で液体であり、 360°C の加熱により固体 Si に変換される物質である。この物質は気体 Si (シラン) や固体 Si (ウェハ) とは異なるアプローチで Si 半導体工学を切り拓く潜在力を持つ。しかし液体 Si の固体化には加熱プロセス (360°C) が必須であり、より低温環境を望む学術・産業分野への応用が制限されてきた。液体 Si を低温で固体化する方法論が求められている。本研究の目的は、電子線照射による非加熱での「液体 Si → 固体 Si」変換の実証である [1]。

【実験】液体 Si には Cyclopentasilane (CPS: Si_5H_{10}) を選択した。図 1.(a) に示すように、電子線を透過するメンブレン (SiN 膜: 厚さ 100 nm) を備えた液体セルに液体 Si を封入し、SiN 膜越しに電子線を照射した。電子線照射源には電子線リソグラフィ装置 (EBL: 加速電圧 30kV, 電流 100–500 pA, ビーム径 ~ 50 nm) を用いた。線量を 6.0 pC に固定し、500 nm ピッチで 4×4 配列で照射を行った。照射後に、SiN 膜/液体 Si の界面に生成された堆積物の形状、断面、組成をそれぞれ、走査型電子顕微鏡 (SEM)、透過型電子顕微鏡 (TEM)、エネルギー分散型 X 線分析 (EDX) により測定した。

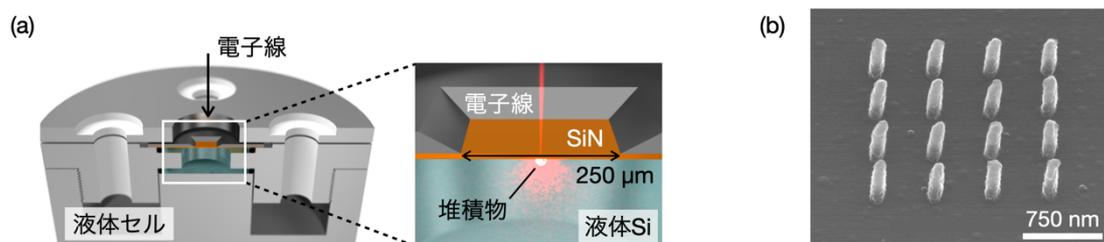


図 1. (a) 液体 Si が封入された液体セルと、電子線照射時のイメージ。電子線は SiN 膜を透過し SiN 膜/液体 Si 界面に堆積物を誘起する。(b) SiN 膜/液体 Si 界面に堆積した構造物の SEM 像。

【結果と考察】図 1.(b) は電子線照射後に SiN 膜/液体 Si 界面に生じた堆積物の SEM 像である。電子線の照射パターンに従って 500 nm ピッチで 4×4 配列の円柱状の堆積物を得た。堆積物の直径はビーム径の 2 倍 (~ 100 nm)、高さは平均 600 nm であった。ラマン分光測定と断面 TEM-EDX 分析 (図示せず) は、堆積物が非晶質 Si であり、その Si 純度が 55~95 wt%であることを示した。電子線が照射された CPS は電子が弾き飛ばされ、ラジカルカチオンになることが予想される。このラジカルカチオンが中性 CPS と反応すると、単独のラジカルやイオンといった多様な活性種を誘起することが量子化学計算によって明らかとなった (図示せず)。従って電子線照射による「液体 Si → 固体 Si」反応は、多くの活性種が複雑に関与した現象であると考えられる。

【結論】本研究は、電子線照射による「液体 Si → 固体 Si」変換を実証した最初の報告である。堆積物の特徴と同時に、堆積現象の複雑さを明らかにした。Si 工学において、本研究は非加熱で Si パターンを直接描画する初の技術であり、今後のナノ加工の強力なツールとなる可能性がある。

【参考文献】 M. Mori, M. Akabori, M. Tomitori, and T. Masuda, *Jpn. J. Appl. Phys.* **60**, SBBM03 (2021).

【キーワード】 液体 Si, 電子線誘起堆積, 半導体