

Cu ナノ粒子を含有する Ge 薄膜におけるナノスケール液滴による結晶化 Crystallization of thin Ge film including Cu nanoparticle assisted by nanoscale Cu-Ge droplet

東北学院大工¹⁾、島根大総合理工²⁾ ○原 明人¹⁾、鈴木仁志¹⁾、北原邦紀²⁾

Tohoku Gakuin Univ.¹⁾, Shimane Univ.²⁾ ○Akito Hara¹⁾, Hitoshi Suzuki¹⁾, and Kuninori Kitahara²⁾

E-mail: akito@mail.tohoku-gakuin.ac.jp

【研究目的】絶縁体上の非晶質 Ge (a-Ge) 薄膜に関し、多くの結晶化方法が報告されている。我々は銅 (Cu) を利用した金属誘起結晶化方法(Cu-MIC)に注目し薄膜トランジスタ(TFT)の開発を進めてきた。^{1, 2)} Cu-MIC poly-Ge 薄膜を利用した TFT は、Cu の除去プロセスが不要であり、比較的良好な TFT 性能を示すことが過去にも報告されている。³⁻⁶⁾ しかし、ミクロレベルでの結晶化のメカニズムに関する研究は不十分である。本研究では、in-situ TEM を使用し、Cu ナノ粒子を含む a-Ge 薄膜の 500°C における動的結晶化プロセスを観察した。

【実験方法】室温においてスパッタリングを利用し、a-Ge/Cu/a-Ge を TEM メッシュ上にトータルの Ge 膜厚が 15 nm になるように順次堆積した。作製した試料を TEM 加熱ホルダーを用いて 100、250、280、310、340、370、400、450、500°C の温度に加熱し、各温度で約 10 ~ 15 分間保持した。なお、すべての過程で動画撮影を行った。

【結果及び考察】図 1 は、室温の TEM と TEM-ED (挿入図) の結果を示している。直径が約 10 nm の Cu ナノ粒子が多数観測された。別の成膜実験の SIMS 分析から Cu ナノ粒子の厚さは約 3 nm であることが明らかになっている。図 2 は 500°C における TEM 像の時間経過依存性であり、図 2 (b) は図 2 (a) の 21 秒後である。Cu ナノ粒子の周辺に急激な形態変化を示す領域が出現した。また、図 2 (c) は図 2 (b) の 45 秒後である。急激な形態変化を示す領域は消滅しつつある。これらの現象を総合的に解釈すると、この急激な形態変化を示す領域は、ナノサイズの液滴であり、液滴の消滅は結晶化したことを示していると考えられる。

【まとめ】In situ TEM を使用して、Cu ナノ粒子を含む a-Ge 薄膜の結晶化プロセスを観察した。500°C で Cu ナノ粒子の周囲にナノスケールの液滴が形成され、そののちに結晶化した。この温度は、Cu-Ge の共晶温度 (640°C) よりも低い。この現象は、Ge 薄膜上に Au ナノ粒子を含む共晶系に観測されている現象と類似している。⁷⁾

【参考文献】

- 1) H. Utsumi et al., Jpn. J. Appl. Phys. 58, 046501 (2019).
- 2) R. Miyazaki et al., Jpn. J. Appl. Phys. 59, 051008 (2020).
- 3) A. G. Fischer et al., IEEE Electron Devices Lett. EDL-4, 447 (1983).
- 4) J. Doutrelaigne et al., Thin Solid Films 189, 235 (1990).
- 5) D. Shahrjerdi et al., J. Electron. Mater. 33, 353 (2004).
- 6) B. Hekmatshoar et al., Appl. Phys. Lett. 85, 1054 (2004).
- 7) A. P. Kryshnal et al., Appl. Surf. Sci. 409, 343 (2017).

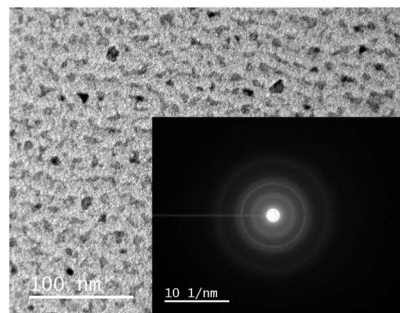


図 1. 成膜直後の TEM 及び TEM-ED

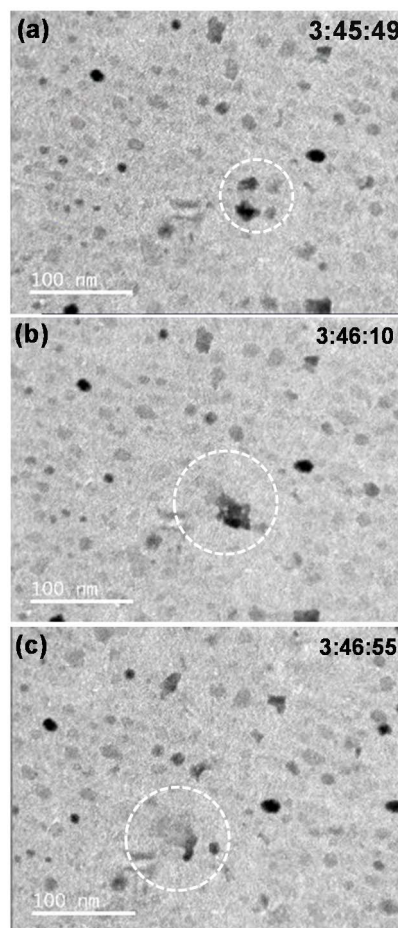


図 2. (a) 500°C における TEM (b) (a) の 21 秒後 (c) (b) の 45 秒後