

Ar⁺イオン照射による Si ナノワイヤの Ni 合金化反応の高精度制御Precise Control of the Nickelidation Process of Si Nanowire by Ar⁺ Ion Irradiation

○大場 俊輔¹, 橋本 修一郎¹, 武井 康平¹, ソン セイ¹, 張 旭¹, 徐 泰宇¹, 麻田 修平¹, 白田 稔宏¹, 遠藤 清¹, 富田 基裕^{1,2,3}, 徳武 寛紀³, 今井 亮佑³, 小椋 厚志³, 松川 貴⁴, 昌原 明植⁴, 渡邊 孝信¹
(1.早大理工, 2.学振特別研究員 PD, 3.明大理工, 4.産総研)

○S. Oba¹, S. Hashimoto¹, K. Takei¹, J. Sun¹, X. Zhang¹, T. Xu¹, S. Asada¹, T. Usuda¹, K. Endo¹, M. Tomita^{1,2,3}, H. Tokutake³, R. Imai³, A. Ogura³, T. Matsukawa⁴, M. Masahara⁴ and T. Watanabe¹
(Waseda Univ.¹, JSPS Research Fellow PD², Meiji Univ.³, AIST⁴)

E-mail: oba@watanabe.nano.waseda.ac.jp

【はじめに】 トランジスタ構造の微細化・立体構造化とともに顕在化する直列抵抗の増大を抑制するため、ソース/ドレイン (S/D) の金属シリサイド化技術の確立が求められている。メタル S/D の候補材料と筆頭に上がる NiSi は、他のシリサイドと比較して比抵抗ならびに形成温度が低く、シリサイド化反応時の Si 消費量が少ない^[1]など、数多くの利点を有している。ただし Si ナノワイヤ (Si-NW) の Ni シリサイド化プロセスの制御には課題が多い。例えば、NW 断面内でシリサイド化反応が均一に進行せず、ソース/チャンネル界面の平坦性が確保できないという問題^[2]がある。前回の講演で、Ar⁺イオン照射と結晶回復アニールを Si-NW に施すと、SEM で観察する限りではシリサイド領域の成長端部の界面が平坦化されたように見えることを報告した^[3]。本研究では、断面 TEM 観察および EDX 元素分析を行い、Ar⁺イオン照射の有無によりシリサイド成長端部の界面付近の構造の違いについて詳細な分析を行った。

【実験方法】 SOI(100)基板上に EB リソグラフィと ICP-RIE で<110>方向の Si-NW を作製した。NW パターニング後に熱酸化 (850°C、3 時間) を行い NW 表面に膜厚 18nm の SiO₂ 膜を形成した。続いて、一部の試料に Ar⁺イオン照射および結晶回復アニールを施した。本稿では Ar⁺イオン照射および結晶回復アニールのないプロセスを「プロセス A」、あるプロセスを「プロセス B」と表記する。その後 Si-NW を覆う SiO₂ 膜の一部をウェットエッチングで剥離し、Ni を 20nm、同時に保護膜として TiN を 20nm スパッタリング堆積させ、410°C で 15 分間のシリサイド化アニールを行った。以上のように作製した試料のシリサイド領域の成長端部を FIB で切り出し、TEM 観察ならびに EDX 分析を行った。

【結果】 Fig.1 に、プロセス A で作製した試料の SEM 像、シリサイド成長端部の TEM 像および EDX 元素マッピングの結果を示す。Fig.1 (a)に示した SEM 像から、成長端部の界面形状が湾曲していることがわかる。Fig.1 (b)および(c)の断面 TEM 像および EDX 分析から、NW 上部の端部のみで NiSi₂ 領域が確認された。シリサイド化反応が NW 断面内で均一に進行しなかったのは、酸化膜誘起の Si 格子歪が大きい SiO₂/Si 界面に沿って Ni 原子が優先的に拡散したためと考えられる。一方、プロセス B で作製した試料の成長端部では、Fig.2(b)および(c)に示すように、NW 断面全体に均一に NiSi₂ 領域が形成されていることが確認された。Ar⁺イオン照射で一旦 Si-NW の結晶性を乱し、その後結晶回復アニールを行うことで酸化膜誘起歪が解消され、Si-NW 内部全体で Ni の拡散速度が均一になったためと考えられる。

【謝辞】 本研究は文部科学省科学研究費補助金・挑戦的萌芽研究(26630135)、ならびに JST-CREST の助成を受けて実施された。

【参考文献】 [1]S.P.Murarka et al., Silicides for VLSI Applications, Academic Press, New York, (1983). [2]A.Katsman et al., J.Elec.Mater., 33.4 (2010). [3]張 旭他, 第 76 回秋季応用物理学会学術講演会 (2015).

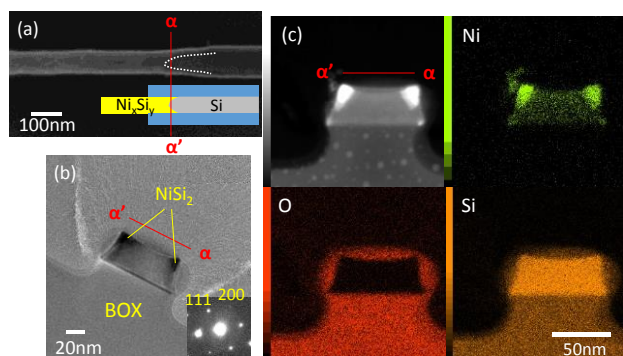


Fig.1 Properties of Ni silicided Si-NW fabricated with Process A.
(a)SEM image (b)TEM image (c)EDX element maps

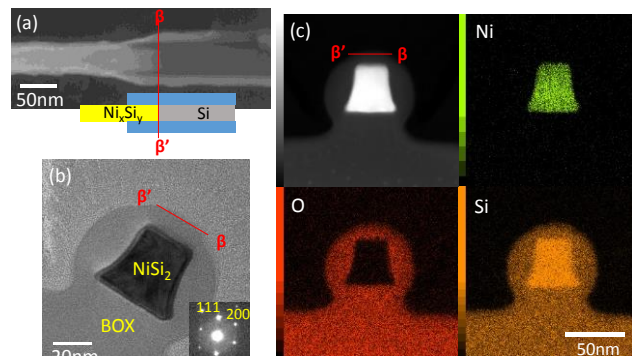


Fig.2 Properties of Ni silicided Si-NW fabricated with Process B.
(a)SEM image (b)TEM image (c)EDX element maps