

ニッケルシリサイド超薄膜形成における Si キャップ層の効果 Impacts of Si Capping Layer in Formation of Ultra-Thin Nickel Silicide Film

名大院工, °木村圭佑, 田岡紀之, 西村駿介, 大田晃生, 牧原克典, 宮崎誠一

Graduate School of Engineering, Nagoya University

°K. Kimura, N. Taoka, S. Nishimura, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki

E-mail: kimura.keisuke.c4@s.mail.nagoya-u.ac.jp

序 近年、厚さを数 nm 以下まで薄層化した金属ナノシート(MNS)において、電界効果による抵抗変調や分子の吸着による抵抗変化などが報告されており、MNS に注目が集まっている[1,2]。我々は、SiO₂ 上の Ni/Si 積層構造に熱処理を行うことで、平坦で単一結晶相からなる厚さ~5 nm のニッケルシリサイド NS の形成を報告している[3]。更なる薄層化でのシリサイド反応制御においては、熱処理時の Si および Ni の酸化の抑制・抑止が重要であると考えられることから、今回、Ni/Si 積層構造上に Si をキャップ層として堆積し、そのキャップ層効果について調べた。

実験方法 0.1%の希フッ酸で洗浄を行った SiO₂ (300 nm)/Si 基板の上に、電子ビーム蒸着によって Si を堆積し、その後 Ni を堆積した。膜厚はどちらも 0.7 nm である。さらにキャップ層として厚さ 0.7 nm の Si を堆積した。その後、窒素雰囲気中、400 °C または 600 °C で 1 分間の熱処理を行った。これらの試料について、X 線光電子分光法(XPS)及び原子間力顕微鏡(AFM)を用いて化学結合状態及び表面形態を評価した。

結果および考察 キャップ層が無い試料と有る試料の XPS Ni2p スペクトルを Fig.1(a)および 1(b) にそれぞれ示す。図中には、熱処理前後のスペクトルを示している。キャップ層が無い試料では、熱処理前及び 400 °C の熱処理後に Ni-O, Ni-Ni 由来の信号確認できた (Fig.1(a))。しかし 600 °C の熱処理後では価数の異なる Ni-O 結合と考えられる信号が現れ、Ni-Ni の信号がほぼ消失する。一方、キャップ層がある試料では熱処理の有無、温度に依らず Ni 酸化成分はほとんど見られない (Fig.1(b))。また、熱処理温度を上げるにつれてピーク位置が高結合エネルギー側にシフトしている。このシフトは、熱処理によるシリサイド化に起因していると考えられる。Si 内殻準位の信号では、キャップ層の無い試料では、Si-Si の信号が堆積後および熱処理後にほとんど見られず、酸化成分のみが顕著に見られた。Fig.1 の結果は、極薄 (~2nm) ニッケルシリサイドの形成には、キャップ層による酸化抑制が、有効であることを示している。これらの試料の RMS 表面粗さの熱処理温度依存性を Fig.2 に示す。また、Fig.2 の挿入図にはキャップ層形成後、400 °C 熱処理した試料の表面形状像を示す。堆積直後の RMS 値に、両試料で顕著な違いは認められず、熱処理温度の増加と共に RMS 値が増大する。特に、キャップ層の有る試料では、600 °C 熱処理による表面ラフネスの増大が著しく、RMS 値は 2 nm に達し、シリサイド・結晶化に伴う凝集・粒化の進行が認められた。当日は、結晶構造の評価結果も踏まえてキャップ層の効果を詳細に議論する。

謝辞 本研究の一部はナノテクノロジープラットフォーム(F-22-J012)の支援により行われた。

参考文献 [1] T. Tanaka *et al.*, IEEE Trans. Electron Dev, **66** (2019)5393. [2] S. Dushenko *et al.*, Nature Communications, **9** (2018)3118. [3] K. Kimura *et al.*, 第 69 回応用物理学会春季学術講演会 26a-P05-2.

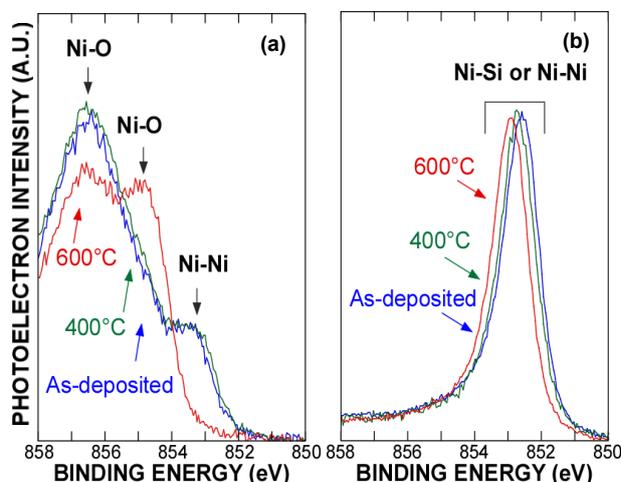


Fig.1: Ni2p XPS spectra of the Ni/Si structures (a) without and (b) with an Si capping layer.

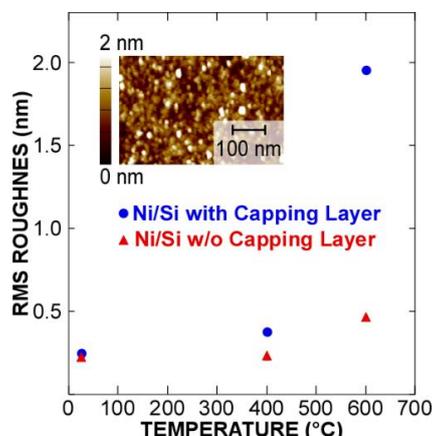


Fig.2: Surface microroughnesses in root-mean square (RMS) value before and after annealed samples with and without an Si capping layer. An AFM image of 400 °C annealed sample with the capping layer is shown in the inset.