

20a-E14-1

Si ナノワイヤ幅の縮小によるカーケンダルボイド発生の抑制

Suppressing Kirkendall Voiding by Thinning Si Nanowire

早大理工¹, 産総研² ○武井 康平¹, 鹿浜 康寛¹, 山下 広樹¹, 小杉山 洋希¹,橋本 修一郎¹, ソン セイ¹, 松川 貴², 昌原 明植², 渡邊 孝信¹Waseda Univ.¹, AIST² ○K. Takei¹, Y. Shikahama¹, H. Yamashita¹, H. Kosugiyama¹,S. Hashimoto¹, J. Sun¹, T. Matsukawa², M. Masahara² and T. Watanabe¹

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

【はじめに】立体チャネル FET で問題となる寄生抵抗を抑制するため、ソース・ドレイン領域の金属シリサイド化技術が盛んに研究されている。特に、比抵抗が低く、シリサイド化時の Si 原子消費量が少ない NiSi が有力候補とされている。当グループはこれまで、Si ナノワイヤの Ni シリサイド化反応の制御に取り組んできたが、Ni と Si の相互拡散の不均衡により生じる原子空孔が凝集した、いわゆるカーケンダルボイドが頻発し、Ni 侵入長のばらつき的主要因素となっている。大きな接合面におけるカーケンダルボイドの発生機構については報告例があるが^{[1][2]}、ナノサイズの Si 結晶におけるカーケンダルボイドについては明らかでない。そこで本研究では、ボイドの発生メカニズムの解明とその抑制を目的として、ボイドの発生確率が Si ナノワイヤ形成プロセスおよび Ni シリサイド化プロセスにどのように依存するか調査した。その結果、Si ナノワイヤの線幅との間に明確な相関があることを見出した。

【実験方法】面方位(100)の SOI 基板上に EB リソグラフィと ICP-RIE で<110>方向の Si ナノワイヤを作製した。ワイヤ幅は W=100, 200, 500nm の 3 通りであり、周囲を熱酸化膜で保護している。ワイヤ加工後、P イオンをドーズ $5 \times 10^{14} \text{cm}^{-2}$ 、エネルギー 25keV で注入し、その後酸化膜の一部を除去し SOI を露出させた。膜厚 20nm の Ni をスパッタリング堆積させ、410°C で 120 秒間熱処理することで Ni シリサイドを作製した。以上の手順で作製した試料について SEM 観察、TEM 観察および EDX 分析を行い、ナノワイヤ中に発生したボイドの同定、ならびに発生数をカウントした。

【結果】図 1 に、幅 500nm の Si ワイヤの SEM 像を示す。酸化膜で覆われた Ni 非堆積部へ Ni が侵入していることを示す濃淡の変化と、ボイドらしき黒い影が見られる。 α - α' 断面に沿った TEM 像および EDX マッピングを図 2 に示す。SEM 像で見られた黒い影の部分ではいずれの原子も検出されず、空洞であることが確認された。図 3 に、各ワイヤ幅におけるボイドの発生確率を示す。ワイヤ幅が大きいほどボイドの発生確率が増加する傾向がみられた。Si は Ni-rich 相側に拡散しやすいという報告があることから^[3]、Ni 非堆積部に侵入した Ni シリサイド領域内で Ni-rich 相がどれだけできたかによってボイドの発生確率が決まると考えると、このワイヤ幅依存性を説明できる。ワイヤ幅が小さい場合、側壁からのシリサイド化も進行するために、Ni 堆積部の Si ナノワイヤの断面全体が速やかにシリサイド化すると考えられる。そのため、細いワイヤでは Ni-rich 領域が生じる間もなく、Ni 非堆積部への侵入が始まると考えられる。一方、ワイヤ幅が大きい場合は断面全体がシリサイド化されるまでに時間がかかる。よって非堆積部への Ni 侵入が始まる時点で断面内に濃度勾配が生じ、Ni-rich 相に Si が吸収され、ボイドが生じたと考えられる。ボイドの発生確率は堆積する Ni 膜厚やシリサイド化温度にも左右されると考えられるが、今回の実験により、ワイヤ幅を細くするだけでボイドの発生を抑制でき、微細化が障害とならないことがわかった。

【謝辞】本研究は科学研究費補助金・基盤研究(B)の支援を受けて行われた。

[1]Y.L.Jiang et al, Nucl.Instr. and Meth. in Phys.Res., B237, 160-166(2005). [2]H.Föll et al, PHIL.MAGAZ.A, 45, 31-47(1982). [3] F.Deng et al, J.Appl.Phys., 81(12), 8040-8046(1997).

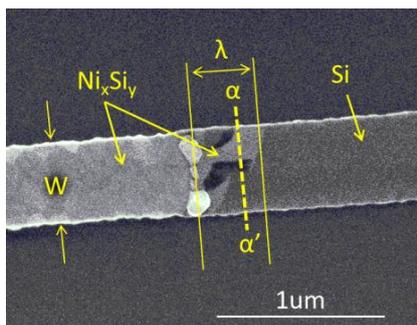


図 1. ワイヤの SEM 像

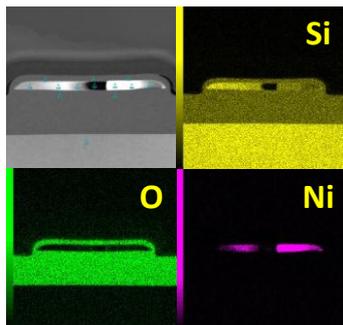
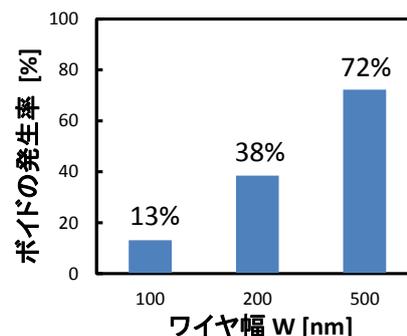
図 2. α - α' 断面の TEM 像
および EDX マッピング

図 3. 各ワイヤ幅におけるボイドの発生率