

硬 X 線反射率測定を用いた金属シリサイド成長の
Si 基板面方位依存性に関する研究
**X-ray Reflectivity Study of Metal Silicide Formed on Si Wafers
of Various Surface Orientations**

田中 宏明^a, 本谷 宗^b, 諏訪 智之^a, 寺本 章伸^a
Hiroaki Tanaka^a, Tsukasa Motoya^b, Tomoyuki Suwa^a, Akinobu Teramoto^a

^a東北大学, ^b三菱電機 先端技術総合研究所
^aTohoku Univ., ^bMitsubishi Electric Corp. Advanced Technology R&D center

集積回路の高性能化のためには Si/シリサイド界面の低抵抗接合界面形成が必須であり、我々は ErSi_x を用いた $8.0 \times 10^{-10} \Omega/\text{cm}^2$ の低抵抗界面形成に成功しているが、同時に界面抵抗が Si 基板面方位によって多様に変化することも判明した。ここでは基板面方位に依存した界面抵抗変化を硬 X 線反射率測定によって解析を行った結果について報告する。

キーワード： シリサイド、基板面方位、反射率測定

背景・研究目的：

集積回路の高性能化には安定で低抵抗な Si/メタル(シリサイド)の形成が必要不可欠である。これまでに我々は、n-type Si(100)面上においてエルビウムシリサイド(ErSi_x)を用いて 0.31 eV の障壁高さと、 $8.0 \times 10^{-10} \Omega\text{cm}^2$ の非常に低抵抗なコンタクト形成に成功している[1]。しかし、その一方で ErSi_x の障壁高さは、Balanced CMOS の達成が期待される Si(551)面上においては 0.4 eV 程度に増加すること、形成する ErSi_x 膜厚や酸化防止のためのタングステン(W)キャップ層厚によっても変化することが分かっており[2, 3]、Si/金属シリサイド間の最適な界面構造形成を行うためには、これらの現象解明が必須である。その一歩として Si/ErSi_x の膜構造、界面構造についての基板面方位依存性、ErSi_x 形成膜厚依存性および W キャップ層厚依存性を明らかにする。

実験：

測定試料は Si 基板 3 種(Si(100)、Si(551)、Si(111))にそれぞれ、Er を 3 水準(2, 5, 10 nm 厚)形成し、*in situ*. で酸化防止のための W キャップ層を 10~100 nm 形成した後にシリサイド化アニールを行い作製した。構造解析は高輝度線源を用いた X 線反射率(XRR)測定を実施した。X 線のエネルギーは 15 keV を用い、反射率測定範囲は散乱角 2θ で 6° までの測定を行った。

結果および考察：

図1に ErSi_x の基板面方位依存性・ ErSi_x 膜厚依存性に関する XRR 測定結果(W キャップ厚 100 nm 固定)を、図2には Si(551)面上における W キャップ層厚依存性に関する XRR 測定結果を示す。

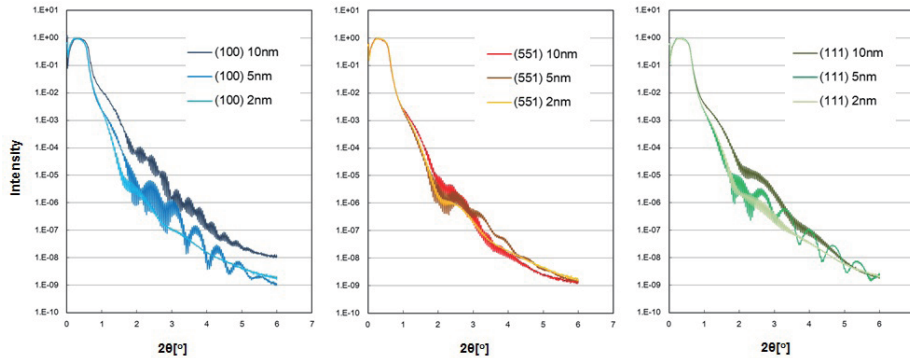


図1. 反射率測定結果(Si 基板依存性・ ErSi_x 膜厚依存性)

図1より、障壁高さが 0.31 eV と小さい Si(100)/ ErSi_x : 10 nm は、障壁高さが大きい Si(100)/ ErSi_x : 2, 5 nm と比較して強度減衰が小さく、界面・表面粗さが大きいことを推定した。また、 ErSi_x 膜厚依存性に関して、Si(100)面上では Er 形成膜厚の増加に従った相関が見られる一方で、Si(551)、Si(111)面上では線形的な相関は得られず、シリサイド形成時の反応生成物の変化を示唆しているものと考えられる。

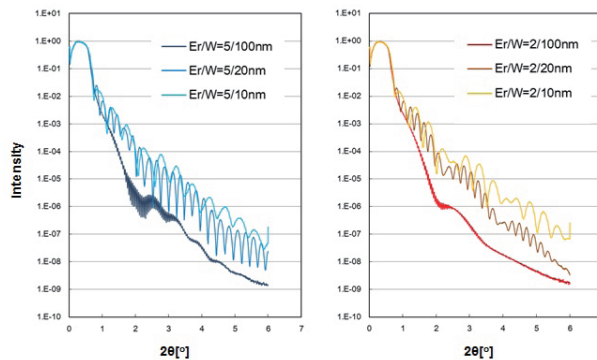


図2. 反射率測定結果(W キャップ層厚依存性)

図2より、W キャップ層の膜厚に従って信号強度の減衰率は増加し、界面・表面粗さの増加が推定される。また、振動振幅から W キャップ層の膜厚に依存した ErSi_x 膜密度の変化が示唆される。

これらの結果から、膜厚に依存する振動周期だけでなく、振動振幅や強度減衰が基板面方位や ErSi_x 、W キャップ層の膜厚によって、大きく変化していることが分かった。

今後の課題：

この変化を、今後詳細に解析し、別途調査した電気的特性との関連を明確化し、金属シリサイド形成に最適なプロセスを開発するための知見とする。

[参考文献：

- [1] R. Kuroda, et al., *IEDM Tech. Dig.*, 580 (2010).
- [2] H. Tanaka, et al., *ECS Trans.*, **41** 365 (2011).
- [3] H. Tanaka, et al., *ECS Trans.*, **45** 371 (2012).