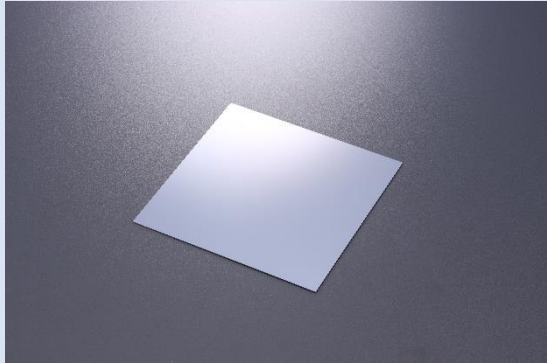




次世代半導体基板 SiGe/Si ウェハ

東洋アルミニウム株式会社
新素材研究ユニット 電子機能材開発チーム
中尾 凌



【1. はじめに】

シリコンゲルマニウム (SiGe) ベースの半導体デバイスは、その高いキャリア移動度、低消費電力など優れた性能により、次世代の半導体材料として期待されている。しかしながら、Si と Ge は融点が 476℃ 離れており、かつ全率固溶体であるため、Ge 含有量が制御された多結晶を含まない良好なバルク品質の SiGe 単結晶を実現することは非常に困難である。

一般的な単結晶 SiGe 層の形成手法は、化学気相成長法 (CVD) や分子線エピタキシー法 (MBE) などが挙げられるが、これらは高真空プロセスであり、大規模な装置と長時間の処理を必要とする。液相エピタキシー (LPE) は厚さ 20~30 μm の SiGe 層を生成し、制御により欠陥を最小限に抑えることができる製造法である。しかし、従来の LPE プロセスで SiGe バルク結晶または層を得るには、大型の加熱炉と特別な装置が必要であった。

より簡単で迅速な方法として、1000℃未満の比較的低い温度で Si と Ge を溶融できる Al 誘起再結晶を利用した LPE 成長に焦点を当てた¹⁾。

【2. 本開発品の特徴】

当社では、SiGe 単結晶を形成する新たな手法として、Si 基板上への Al-Ge ペーストのスクリーン印刷と熱処理による SiGe 液相エピタキシー法を考案した。図 1 に SiGe/Si ウェハの作製工程を示す。本手法は、特殊な装置を必要とせず、Si 基板上に CVD や MBE では形成困難な数十 μm の厚い SiGe 層を簡便に形成することができる。スクリーン印刷と熱処理のみで SiGe 層を形成できるため、大面積化も期待できる。また、形成される SiGe 層は使用する Al-Ge ペースト中の Al と Ge の比率を変更することにより、SiGe 層の厚みや Si と Ge の比率を調整することが可能であることも特徴である²⁾。

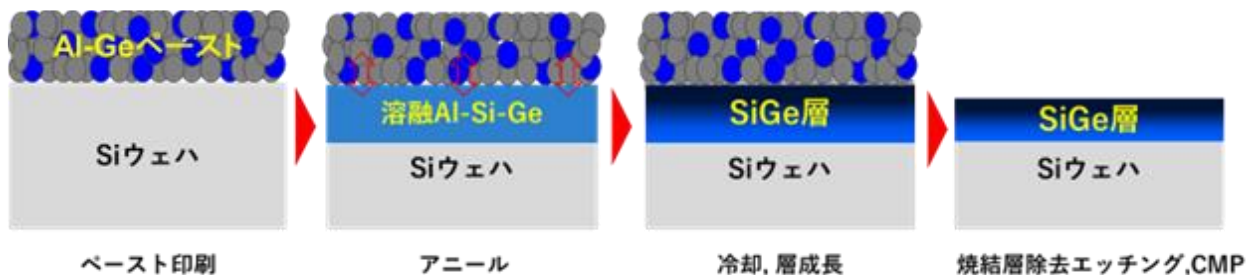


図 1 SiGe/Si ウェハの作製工程

① SEM による断面観察

本手法で 6 インチ Si(111)基板上に作製した SiGe/Si ウェハの断面 SEM 写真を図 2 に示す。Si 基板上に 30 μm 程度の厚い SiGe 層が形成されていることが確認できる。図 3 に SEM-EDX による元素プロファイルを示す。SEM-EDX での測定結果から、Ge 濃度が 10%前後であることが分かる。



図 2. 断面 SEM 写真

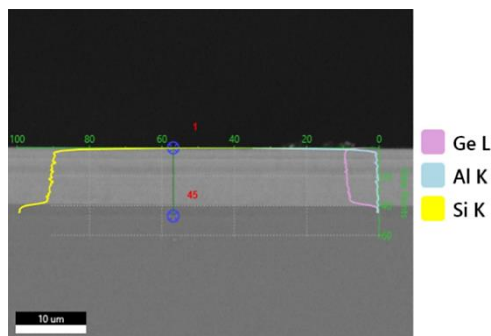


図 3. SEM-EDX による元素プロファイル

② 粗さ測定

図 4 に CMP 後の SiGe/Si ウェハ表面におけるレーザー顕微鏡での表面粗さ測定結果を示す。表面粗さ測定により SiGe 表面の Sa が 2.86 nm であり、非常に平滑であることが確認できた。

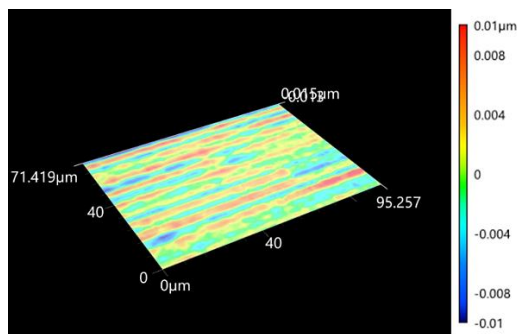


図 4. レーザー顕微鏡での表面粗さ測定結果

③XRD-RSM 測定

XRD-RSM 測定により、形成された SiGe 層の結晶化度と歪み状態を測定した結果を図 5 に示す。Si 基板のピークと SiGe のピークから SiGe が歪み緩和方向にエピタキシャル成長していることが確認できた。

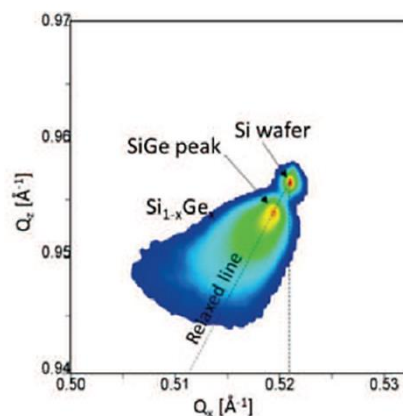


図 5. SiGe/Si ウェハの XRD-RSM 測定結果

【 3 . 今後の開発展望】

これまでの開発で、小サイズでは SiGe 層中の Ge 濃度が 80%以上のものを作製可能なことが確認できている³⁾。大面積かつ高 Ge 濃度の SiGe/Si ウェハの開発を進め、多接合太陽電池など次世代半導体デバイスへの適応を目指す³⁾。

【 4 . 参考文献】

- 1)鈴木紹太, ダムリンマルワン, 生産と技術, 第 74 巻 第 3 号(2022), 51-54
- 2)中原正博, 松原萌子, 鈴木紹太, ダムリンマルワン, 軽金属学会第 136 回春期講演概要 (2019), 301-302.
- 3)Shota Suzuki, Moeko Matsubara, Hideaki Minamiyama, Marwan Dhamrin and Yuki Haru Uraoka, Effect of annealing ambient on SiGe layer formation using Al-Ge paste for III-V solar cell application, Japanese Journal of Applied Physics, 62 SK1041 (2023).

以上