



Si 基板上にルチル型二酸化ゲルマニウム ($r\text{-GeO}_2$) 薄膜の作製に成功 ～次世代半導体材料 $r\text{-GeO}_2$ を安価に実現する道を拓く～

Patentix 株式会社（以下「当社」）は、新世代のパワー半導体材料として注目されているルチル型二酸化ゲルマニウム ($r\text{-GeO}_2$) 薄膜を Si 基板上に作製することに成功しました。これは次世代パワー半導体 $r\text{-GeO}_2$ 基板の低コスト化を実現するための基礎となる重要な成果です。

【背景】

従来、パワー半導体の基板として安価なシリコン(Si：バンドギャップ 1.12 eV)が広く使用されてきましたが、Si パワーデバイスはその物理限界に達しており、バンドギャップが 3.3 eV のシリコンカーバイド(SiC)や 3.4 eV の窒化ガリウム(GaN)などワイドバンドギャップ半導体を用いたパワーデバイスへの置き換えが進んでいます。近年、ルチル型二酸化ゲルマニウム ($r\text{-GeO}_2$) は炭化ケイ素 (SiC) や窒化ガリウム (GaN) と比べてさらに大きなバンドギャップ(4.68eV)をもち、p 型・n 型の両伝導が可能と理論的に予想されていることから次世代パワー半導体向けの材料として期待を集めています。

当社は $r\text{-GeO}_2$ 結晶薄膜の作製に適した Phantom SVD（ファントム局所的気相成長）法を独自に開発し、これまでに TiO_2 基板や SiC 基板上などに高品質な $r\text{-GeO}_2$ 薄膜を成膜することに成功しております[1][2]。

半導体基板にはコスト競争力が強く要求されます。近年、コストダウンが進んでいる SiC ですが、その製造には成長速度が遅い昇華法を用いることと、融点が非常に高く製造時に莫大な電力を消費することから Si 基板に比べると高価になっています。一方、同じくワイドバンドギャップ半導体の GaN では、Si 基板上にヘテロエピ成長させた結晶薄膜を半導体層とするヘテロエピ基板 (GaN on Si 基板) によって低コスト化を実現しています。 $r\text{-GeO}_2$ も GaN と同様に、安価な Si 基板上にヘテロエピ成長することで基板コストの低減が期待できますが、Si と $r\text{-GeO}_2$ の結晶構造が異なるためこれまでの研究では薄膜成長が困難でした。

【成果】

当社は Si(100)基板上に成膜された導電性バッファ層の上に、Phantom SVD 法を用いて $r\text{-GeO}_2$ の結晶膜を成膜することに世界で初めて成功しました(図1)。

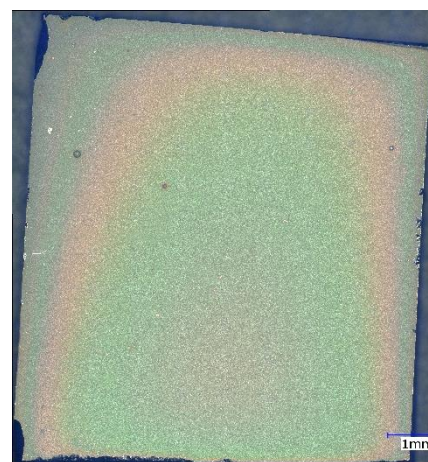


図 1. Si(100)基板上の導電性バッファ層上に成膜された $r\text{-GeO}_2$ 薄膜の外観写真

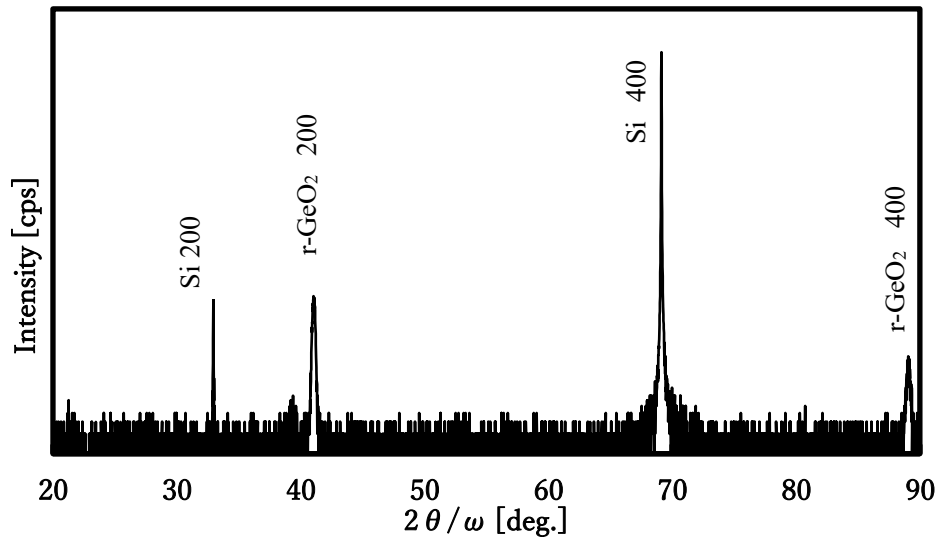


図 2. GeO_2 on Si 基板サンプルの XRD プロファイル
(※Si 200 は本来禁制反射であるが検出されている)

作製した GeO_2 on Si 基板サンプルの X 線回折(XRD)測定を実施したところ、r- GeO_2 由来する明瞭なピークを確認することができました (図 2)。

導電性バッファ層を採用することで、パワーデバイスの主流である縦型構造のデバイス作製が容易になります。当社は GeO_2 on Si 基板を用いたパワーデバイスで、SiC パワー半導体の市場を置き換えることを目指しています。

今回の成果は GeO_2 on Si 基板の実現可能性を示すもので、SiC よりも高性能である事が期待される次世代パワー半導体材料である r- GeO_2 基板を、SiC 基板よりも安価に実現できる可能性が拓かれたことを意味します。

【将来展望】

今回の成果に基づいて引き続き研究開発を進め、Si 基板上 r- GeO_2 薄膜のさらなる高品質化および基板の大口径化を進め、 GeO_2 on Si 基板の早期市場投入を目指します。また、今回成功した r- GeO_2 on Si 基板を用いたパワーデバイスの試作及びその特性評価も推進してまいります。

[1] Y. Shimizu, *et al.*, N-type conductivity in single-phase r- GeO_2 thin films., 2024 MRS Fall Meeting & Exhibit, SF04.15.08 (2024).

[2] 矢倉藤也 他, 「r- GeO_2 薄膜の 4H-SiC 基板上への結晶成長」, 第 86 回応用物理学会秋季学術講演会, 7a-N322-9, (2025) (投稿済み)