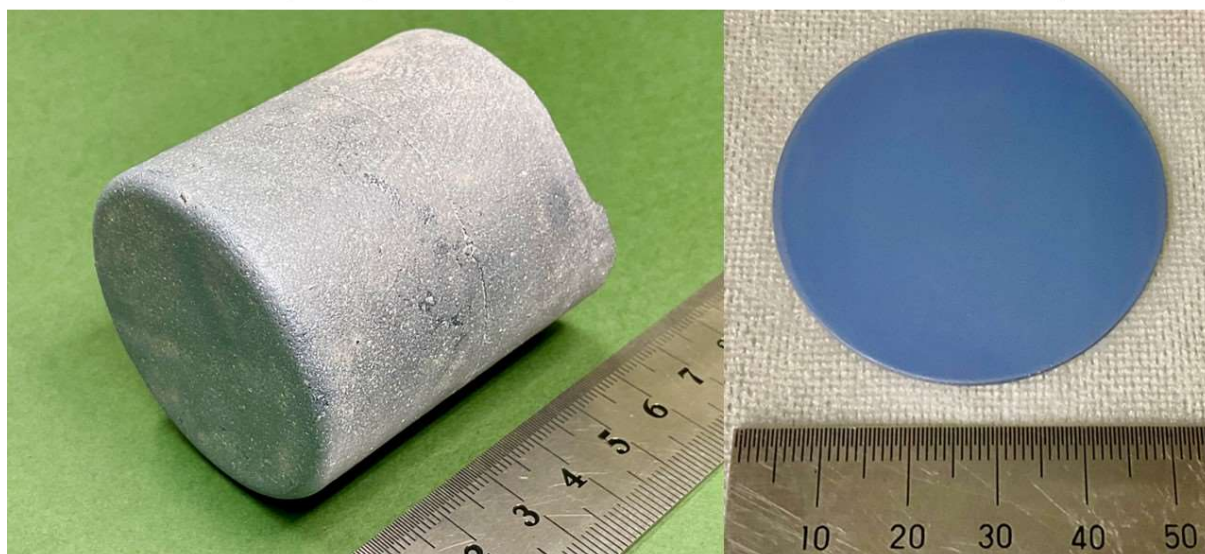


データ駆動科学の活用で開発期間を大幅に短縮



φ 50mm Mg₂Siバルク結晶体

φ 50mm Mg₂Si単結晶ウエハ

直径 50mm サイズの高品質マグネシウムシリサイド単結晶開発に成功

茨城大学大学院理工学研究科（工学野）の鶴殿 治彦 教授、名古屋大学大学院工学研究科の宇佐美 徳隆 教授、Liu Xin 特任助教らの共同研究グループは、直径 50mm サイズのマグネシウムシリサイド（Mg₂Si）半導体単結晶の育成に成功しました。

本研究成果は、短波赤外域（波長 0.9~2.5 μm）の受光センサやイメージセンサを、資源が豊富な元素からなる Mg₂Si を用いて作製するための基板結晶を実現する技術として期待されます。さらに、廃熱から電気エネルギーを取り出すための熱電変換素子や熱光発電素子への活用も期待されます。

今回、共同研究グループは、データ駆動科学に基づくアプローチによって Mg₂Si 結晶の大口径化に取り組みました。Mg₂Si 結晶の成長実験と成長シミュレーション、結晶評価データを組み合わせることによって限られた実験回数で成長条件を適正化し、短期間に直径 50mm サイズの高品質 Mg₂Si 単結晶を実現しました。

本研究成果は、国際会議「MRM2023/IUMRS-ICA 2023」（12月11日-16日、京都）にて発表されるとともに技術展示会「SEMICON JAPAN 2023」（12月13日-15日、東京国際展示場）にて結晶が展示されます。

■背景

禁制帯幅（バンドギャップ）が約 0.6eV のマグネシウムシリサイド（Mg₂Si）結晶は、波長 2 μm 下での受光感度を示すことから短波赤外域の受光センサやイメージセンサへの応用が期待されています。特に、Mg₂Si が工業生産に適した融液成長法という方法で結晶成長が可能なこと、資源が豊富なシリコンとマグネシウムを原料とすること、熱拡散など汎用の製造プロセスで受光センサに必要な pn 接合構造を製造できることなどから、低コストで短波赤外受光センサやイメージセンサを実現できる半導体材料として注目されます。

Mg₂Si の受光センサやイメージセンサの実用化に向けた開発を進めるには、直径 50mm（2インチ）以上

の単結晶基板ウエハが一般的に必要になります。しかし、 Mg_2Si では小傾角粒界などの結晶欠陥が発生しやすいため、単結晶での大口径化が困難で、実用開発に必要な基板ウエハの供給の目処がたっていませんでした。このため、 Mg_2Si 単結晶を直径 50mm 以上に大口径化する成長技術の開発が必要でした。

■今回の取り組み

今回、茨城大学と名古屋大学の共同研究グループは、データ駆動科学に基づくアプローチによって Mg_2Si 結晶の大口径化に取り組みました。具体的には、成長実験炉と同じ構造の成長系を計算機上に構築し、成長シミュレーションによって各種パラメータの結晶への影響を評価解析しました。この結果を実際の成長実験で得られた Mg_2Si 結晶の評価データと付き合わせて成長条件を適正化した結果、直径 50mm サイズの高品質 Mg_2Si 単結晶を得ることに成功しました。大口径化による多結晶化や割れの発生の問題があったため、共同研究グループではこれら課題の解決までに当初1年間の研究期間を見込んでいました。しかし、データ駆動科学に基づくアプローチによって約3ヶ月の限られた成長実験回数で、目標とする直径 50mm サイズの、小傾角粒界を含まない Mg_2Si バルク単結晶(図1)および Mg_2Si 単結晶ウエハ(図2)を得ることができました。



図1 φ50mm Mg_2Si バルク結晶体

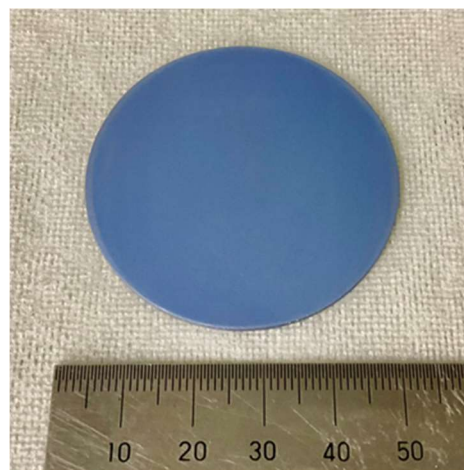


図2 φ50mm Mg_2Si 単結晶ウエハ

■今後の展開

現在、茨城大学の研究チームは、JX金属株式会社と「 Mg_2Si 単結晶」について共同で研究開発を進めており、本成果によって直径 50mm サイズの Mg_2Si 基板ウエハの実用化に向けた開発が加速されることが期待されます。

■発表の情報

発表題目: Development of 2-inch diameter Mg_2Si substrates toward a low-cost and environmentally friendly SWIR detector: a practical approach using simulations to avoid the crack formation

著者名: Y. Kimura, X. Liu, N. Usami, S. Sakane, H. Udono

発表番号: A1-P304-37

国際会議名 MRM2023/TUMRS-ICA 2023 (Dec. 11-16, Kyoto)

展示ブース: 茨城大学半導体研究室(小間番号 7704)

展示会名: SEMICON JAPAN 2023(12月13日-15日、東京国際展示場)

■研究支援

本研究は、科学研究費補助金(23H01440)、JST 研究成果最適展開支援プログラム A-STEP (JPMJTR21RB, JPMJTR22R3)、JST 戦略的創造研究推進事業 CREST(JPMJCR17J1)などの支援を受けて行ないました。