



## SiCパワー半導体の通電特性に与える積層欠陥の影響を解明

● SiCデバイスの信頼性向上に貢献

共通・分野横断

### SiCパワー半導体

SiC(シリコンカーバイド)単結晶を用いた高耐圧・低損失パワー半導体。

### 積層欠陥

→ p.19参照

### 量子井戸

電子の移動方向が束縛された状態のこと。SiC中の積層欠陥は、伝導帯に形成する量子井戸でモデル化され、電子を捕獲することが報告されている。

### フォトルミネセンス

物質に光を照射し、励起された電子が基底状態に戻る際に発生する光のこと。この発光は物質の不純物や欠陥に影響を受けやすいため、発光を分光し詳細に解析をすることによって、物質中の欠陥や不純物の情報を得ることができる。

### 背景

中・大容量の高効率パワー半導体として期待されているSiCパワー半導体は、量産・実用化が開発され、現在の主流であるSiパワー半導体に対する優位性が実証されつつあります。今後、電力系統や、電動車、鉄道、航空機などの分野において、SiCパワー半導体の需要拡大が期待されますが、それに伴って、半導体素子(デバイス)動作の信頼性向上が強く求められています。

\* 本研究の一部は、防衛装備庁(安全保障技術研究推進制度JPJ004596)からの受託研究により実施。

### 成果の概要

#### ◇SiCデバイスの電気伝導に与える積層欠陥の影響を実験的に解明

SiCデバイス動作中に、SiC結晶中に内在する積層欠陥の拡張が生じ、通電特性が低下する問題があることから、SiCデバイスの信頼性向上のためにはその影響を定量的に把握する必要があります。そこで、構造の異なる積層欠陥を一つ含むSiCデバイスを4種類作製し、通電特性などのデバイス特性に与える影響度合いを定量的に明らかにしました(図1)。

#### ◇SiCデバイスの通電特性が積層欠陥によって悪化するメカニズムを解明

積層欠陥を量子井戸として扱うことで積層欠陥を内包するデバイスの動作をシミュレーションできるモデルを開発し、SiCパワー半導体の通電特性が積層欠陥によって悪化するメカニズムを解明しました。さらに、開発したシミュレーションモデルによって、実際のデバイス導通損失と積層欠陥の占有面積の関係を再現できました(図2)。これにより、長期使用の際に拡張する積層欠陥によるSiCデバイスの特性変化の予測が可能になります。

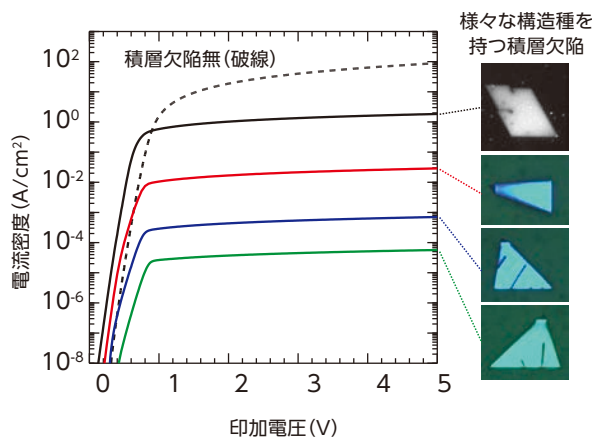


図1 4種類の異なる積層欠陥を含むSiCダイオードの通電特性(実測)

様々な構造種を持つ積層欠陥の影響度を、それぞれ実験的に明らかにしました。

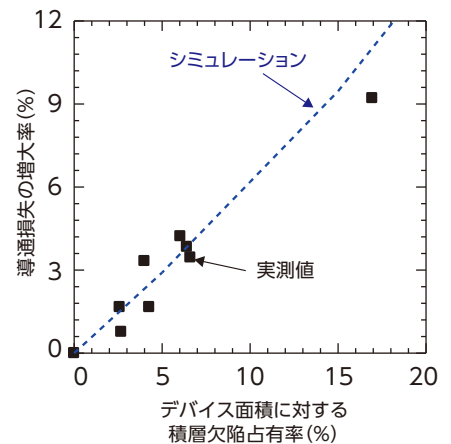


図2 積層欠陥の電気特性への影響のシミュレーションによる再現

積層欠陥の増加により電流が流れづらくなることを、シミュレーションで再現することができました。



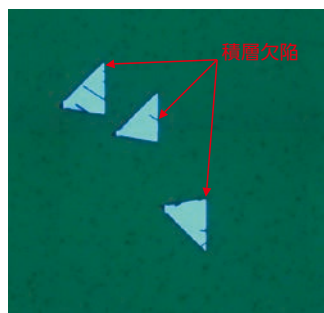
浅田 聡志(あさだ さとし)  
エネルギー変換研究本部  
材料科学研究部門

村田 晃一(むらた こういち)  
エネルギー変換研究本部  
材料科学研究部門

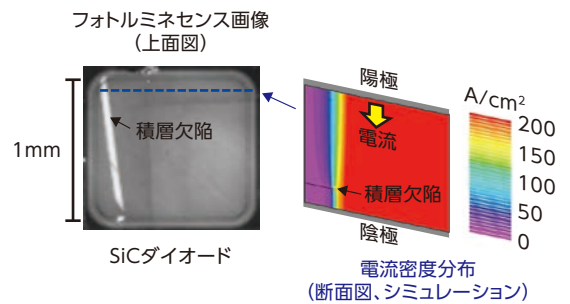
フォトルミネッセンスイメージング装置 対象物に光照射した際に生じる発光現象を観察する装置。ウェハ中の結晶欠陥の検出などに用います。

主要な研究成果

共通・分野横断



SiCウェハのフォトルミネッセンス画像と  
開発したシミュレーションモデルによる結果



### 成果の活用先・事例

使用中に拡張する積層欠陥を考慮したSiCデバイス特性を予測できることから、長期信頼性を確保したSiCパワーエレクトロニクス機器の設計が可能となります。SiCパワー半導体の信頼性向上により、高効率パワーエレクトロニクス機器の適用拡大に貢献します。

参考 S. Asada et al., Appl. Phys. Express 15, 045502, 2022.  
S. Asada et al., Jpn. J. Appl. Phys. 59, 054003, 2020.  
S. Asada et al., IEEE Trans. Electron Devices 68, 3468, 2021.  
K. Murata et al., J. Appl. Phys. 126, 045711, 2019.