



Kaneko Kentaro

金子 健太郎

総合科学技術研究機構 教授・RARAフェロー

2008年大阪府立大学工学部機能物質科学科卒業、2010年京都大学大学院工学研究科電子工学専攻博士前期課程修了、2013年同大学院工学研究科電子工学専攻博士後期課程修了。博士(工学)。2010～2013年独立行政法人日本学術振興会特別研究員(DC1)、京都大学大学院在籍中の2011年3月に酸化ガリウムパワー半導体のディープテックベンチャーを共同創業。初代CTOを務める。2013年独立行政法人日本学術振興会特別研究員(PD)、ヴェルサイユ大学 凝縮物質研究グループ客員研究員(Groupe d'Etudes de la Matière Condensée GEMac)、2014年京都大学大学院工学研究科助教、2018年同大学院講師を経て、2022年より現職。本学着任後の2022年12月に、二酸化ゲルマニウムパワー半導体のディープテックベンチャーであるPatentixを共同創業。現在、取締役CTOを兼任。2023年に立命館先進研究アカデミーRARAフェローに選出。専門は結晶工学、電気電子材料工学、無機化学。日本材料学会企画・広報委員(ナノ材料部門)、エレクトロニクス実装学会関西支部 役員、応用物理学会 代議員、日本結晶成長学会 ナノ構造・エピタキシャル成長分科会 幹事、日本材料学会 編集委員会 編集担当委員、査読委員、IEEE CPMT Symposium Japan 運営委員・査読委員・パワーエレクトロニクスセッション統括責任者 等を務める。

- 1) H. Takane, K. Kaneko, "Establishment of a growth route of crystallized rutile GeO₂ thin film (≧1μm/h) and its structural properties" Applied Physics Letters Vol.119, pp.062104(1-6) (2021).
- 2) H. Takane, Y. Ota, T. Wakamatsu, T. Araki, K. Tanaka, and K. Kaneko "Band-gap engineering of rutile-structured SnO₂-GeO₂-SiO₂ alloy system" Physical Review Materials Vol. 6, 084604(1-12) (2022).
- 3) H. Takane, T. Oshima, K. Tanaka, and K. Kaneko, "Growth dynamics of selective-area-grown rutile-type SnO₂ on TiO₂ (110) substrate" Applied Physic Express, Vol.16, 045503 pp.1-5 (2023).
- 4) H. Takane, T. Oshim, T. Harada, K. Kaneko, and K. Tanaka "Rutile-type Ge₂Sn_{1-x}O₂ alloy layers lattice-matched to TiO₂ substrates for device applications" Applied Physic Express, Vol.17, 011008 pp.1-4 (2024).
- 5) (Invited Featured) K. Kaneko, and S. Fujita, "Novel p-type oxides with corundum structure for gallium oxide electronics" Journal of Materials Research Vol.37, pp.651-659 (2022).

極限環境での使用に耐える新たなパワー半導体材料の探索 材料研究者として社会実装に挑む

半導体の中でも高い電圧に耐え大電流を扱えるパワー半導体は、電力変換素子などの電力制御部に幅広く利用されています。現在もっとも普及しているパワー半導体材料は安価で量産性に優れたシリコンですが、一定以上の小型化が難しい、バンドギャップが小さく(1.12eV)宇宙線に弱いなどの欠点があり、より大きなバンドギャップをもつ優れた材料の探索が続けられてきました。SiCやGaNなどが大きな躍進を遂げていますが、私たちはその次の世代の新しい材料に挑戦しています。その一つである、結晶の合成が困難とされてきた二酸化ゲルマニウム(GeO₂)の製膜で成果を挙げています。バンドギャップも4.6eVと大きく、p型とn型の導電性制御が理論的に予測されているなど、宇宙線への大きな耐性と、宇宙空間での活用が期待されています。

優れた特性を示す新しいパワー半導体の創成

二酸化ゲルマニウムは化学合成の触媒や光学材料として使われ、近年では新しいパワー半導体材料としても注目される古くて新しい材料で、4.6eVの巨大なバンドギャップをもちます。アモルファスが形成されやすく、優れた半導体特性をもつルチル構造相(r-GeO₂)の生成は困難でした。私たちは2021年にr-GeO₂の薄膜合成に成功し、2022年12月には立命館大学発のスタートアップ企業としてPatentix株式会社を共同創業し、高品質薄膜の研究開発と製品化に取り組んでいます。

周期表を眺めると、星の数ほどの化合物の組み合わせがありますが、現在知られているパワー半導体材料はわずかに10種類ほどです。それは新しいパワー半導体の開発において、その材料が広く用いられるためには、以下のような条件が必要だからです。
①ホモエピタキシャル成長のためのバルク基板が合成可能である。基板、薄膜の製造コスト、前工程、後工程の加工コストの合計が既存材料と同等もしくは安い。
②ドーピングによるp型とn型の両伝導制御が可

能である。さらに、Siや炭化ケイ素(SiC)のような正確なキャリア密度コントロールが出来る事が望ましい。
③(SiCやGaNを超える)パワー半導体材料としての高い電力変換効率をもつ。最低限バリア性能指数が既存材料よりも高く、そしてオン抵抗値等で優れた物性を示すことができる。
r-GeO₂はこの3条件をバランス良く満たしており、宇宙での应用のみならず、地上での広い普及も今後期待されています。

宇宙環境での使用に向けた課題と挑戦

宇宙での使用を想定する半導体には、(地上で使用する半導体よりも)高性能であり高い宇宙線耐性がある事が最も重要ですが、出来れば量産が可能で素子コストも低い事が望ましいです。それは宇宙での半導体の使用量は意外と多く、低コストが必要な側面もあるからです。もちろん、飛翔体の打ち上げには単位重量あたり大きな費用が掛かるため、高性能半導体によってもたらされる機器全体の小型化・軽量化が最優先事項となります。さらに月面においてX線測定・観察装置を作りたい場合、小型化と安定性が課題となりますが、その際に高性能な半導体を用いる必要があります。

現在のところSiCやGaNによる電子機器・移動体の小型化が進んでいますが、私たちの材料でさらにどこまで軽量化ができるか楽しみです。宇宙服に宇宙線耐性がある半導体小型センサを貼りつけたり、宇宙線の影響でこれまででは難しかった過酷な環境へ探査機を送り込んだりすることで、誰も知らなかった新しい宇宙像が得られるかもしれません。国際宇宙ステーションの宇宙実験などを利用して性能評価と実装を進めたいと考えています。

