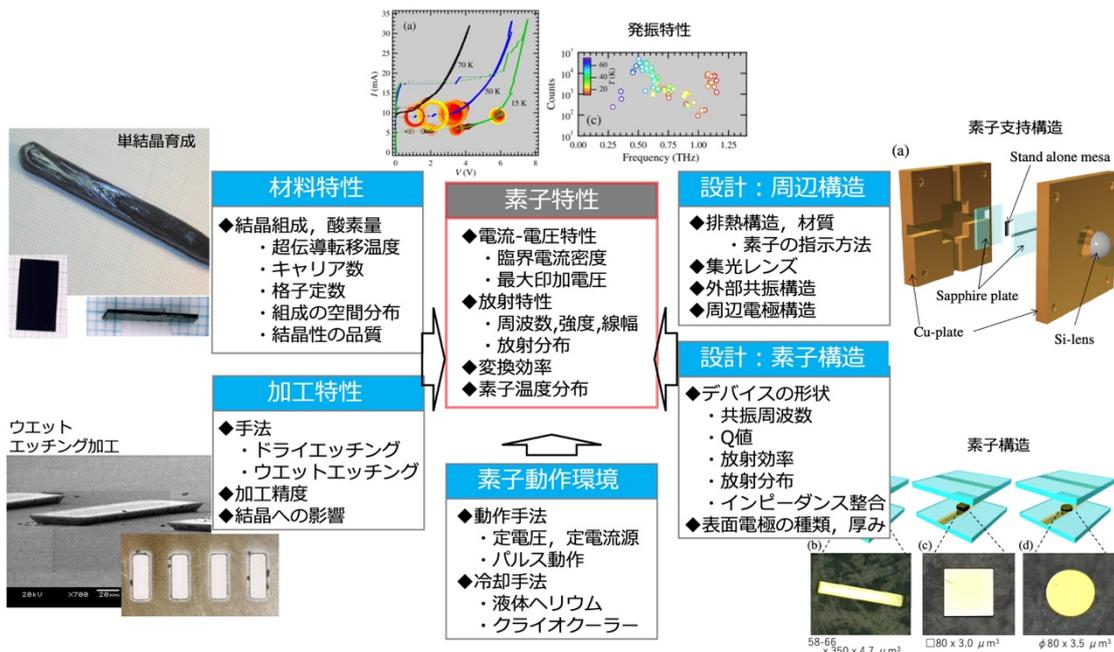


高温超伝導体単結晶デバイスを用いた次世代電波技術の創出

筑波大学 数理物質系 物質工学域 柏木 隆成

波長 0.3 mm 程度のテラヘルツ帯の電磁波(テラヘルツ波)は、次世代の産業技術の創出につながる電波技術として長年注目を集めている。例えば、通信業界においては、既に 0.3 THz 程度までは国際的な利用規格が決まっており、6G-7G 通信といった将来的な超高速・大容量通信には、テラヘルツ波の利用が期待されている[1]。さらにテラヘルツ波は、生体に対して非侵襲であるため、非破壊検査や医療診断といった分野への適用も検討されている。

我々は、高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (Bi2212)の単結晶を用いた小型テラヘルツ波発振素子の開発を行なっている[2-4]。素子の発振原理は、この単結晶内の固有ジョセフソン接合における交流ジョセフソン効果である。Bi2212 結晶を $80 \times 400 \times 5 \mu\text{m}^3$ 程度のチップ状に成形し、超伝導転移温度 $T_c \sim 90 \text{ K}$ 以下で、結晶チップ内の固有ジョセフソン接合に電圧を印加することで、テラヘルツ帯の電磁波が発生可能である。我々は、この素子について動作原理から発振特性まで幅広く長年研究しており、素子特性の決定要因に関する知見を蓄積してきた。図 1 には、素子特性を決定する代表的な要因を示した。これまでの研究により、これら要因の 1 つ 1 つに対する設計指針が明確になりつつある。ただし実際の発振素子の特性は、要因同士が相互に影響して決定されており、現在はこの点の制御・解明を試みている。本発表では、図 1 に示した要因のうち、結晶材料 [5,6]、素子加工技術[7,8]、素子構造 [9]の 3 つの要因を中心に近年の試みを紹介する。また、今後の高温超伝導デバイスの開発の方向性についても紹介する。



[1] 総務省: https://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/B5G_sokushin/index.html, [2] L. Ozyuzer *et al.*, Science **318**, 1291 (2007)., [3] T. Kashiwagi *et al.*, Appl. Phys. Lett **107**, 082601 (2015)., [4] T. Kashiwagi *et al.*, IEIEC Trans. on Electronics **E106.C**, 281 (2023)., [5] S. Nakagawa *et al.*, J. Appl. Phys. **133**, 163904 (2023)., [6] M. Nakayama *et al.*, J. Appl. Phys. **135**, 073902 (2024). [7] T. Imai *et al.*, J. Appl. Phys. **60**, 126501 (2021)., [8] S. Nakagawa *et al.*, J. Appl. Phys. Accepted (2025)., [9] R. Kikuchi *et al.*, J. Appl. Phys. **135**, 073902 (2025).