

序 文

圧電材料は、組成や微細組織を調整することで特性が大きく変わり、振動子やセンサ、アクチュエータなどのデバイスとして幅広い分野で使用されている。

圧電材料とデバイスに関する技術分野では、本書でも一部紹介するように歴史的に日本の研究者や技術者が発展に大きく貢献し、日本企業の製品が長年世界市場のトップシェアを占めている。今後も日本の技術者の果たす役割が大きい分野である。

本書は、以上の点に鑑み、初学者向けに以下の方針でまとめられている。

- ①代表的な圧電セラミックスの特性は、圧電縦効果、圧電横効果、圧電せん断効果の圧電定数 d_{33} , d_{31} , d_{15} に集約されることを理解する。
- ②圧電 d 定数の求め方を理解する。
- ③圧電 d 定数による製品設計の基本的な考え方を理解する。
- ④圧電共振現象を理解する(機械的品質係数 Q_m の意味)。
- ⑤圧電デバイスの設計で「積層化」する意味を理解する。
- ⑥「材料力学」と「圧電効果」を組み合わせたデバイス設計方法を理解する(基板材と圧電体を複合化させたデバイスの曲げ変形による設計方法)。
- ⑦圧電材料とデバイスの技術史を通じて圧電製品について理解を深める。

また、本文の途中に例題を配し、理解を一層深められるよう解答を掲載した。さらに、コラムを載せて、種々の製品における圧電素子の役割や技術者の圧電デバイス開発にまつわるエピソードを紹介して、圧電材料の勉強に興味をもって取り組めるよう工夫した。

著者の一人(川上)が圧電セラミックスと関わり始めた約 30 年前、圧電デバイスは主に通信用フィルタやトランスデューサ(水中音響や超音波洗浄機、医療用超音波画像診断など)の分野で使用されていた。また当時、ノートパソコンや携帯電話などの新市場向けに圧電素子の新製品開発が活発に行われ、著者はインクジェット用圧電アクチュエータや液晶モニター用圧電トランスなどのプロセス開発と製品化、携帯電話用圧電アクチュエータの材料開発などを経験し、本書では、それらの圧電材料や製品を

ii 本書の構成

紹介している。

時を経て、2024年(令和6年)の現在、圧電デバイスは更なる新技術(圧電 MEMS: Microelectromechanical Systems や織物が可能な有機系圧電材料など)により新しい時代を迎えている。

なお、圧電デバイスの設計技術については吉田哲男博士、田村光男氏に大変お世話になっている。ここに記して感謝の意を捧げる。また、執筆にあたっては、多くの優れた書物や学術論文を参考にさせていただいた。それらの各著者にも深い謝意を表す。さらに、多くの助言をくれた茨城大学講師の森孝太郎博士、東北大学助教の王真金博士と大学院生の丸山衡平氏に心から感謝したい。最後に、本書の編集、出版にあたり、長期間にわたって支援をいただいた内田老鶴園 内田学社長に厚くお礼を申し上げる。

2024年11月

著者

本書の構成

第1章では、圧電材料とデバイスが身近な電子機器で使用されていることを紹介し、圧電材料の原点ともいえる水晶とそのデバイス応用について解説する。

引き続き、第2章では、圧電性の起源に関係する結晶構造と電気的雙極子である分極について概略を述べる。

第3章では力学と電気の相互作用について、第4章では圧電振動について概説する。続く第5章では、各種圧電材料について紹介する。

第6章以降では、応用として圧電積層構造とセンサ(sensor)、アクチュエータ(actuator)、エネルギーハーベスタ(energy harvester)の性能設計について解説する。

具体的な圧電製品事例はコラムなどで紹介する。

なお、本書の圧電セラミックスの製品情報は、主に株式会社トーキンのもので、掲載の許可をいただいている。