OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	共振超音波スペクトロスコピーを用いた機能性窒化物・酸化物の弾性特性及び圧電特性に関する研究
Author(s)	足立, 寛太
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/69606
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　　名　（足立　寛太）	
論文題名	共振超音波スペクトロスコピーを用いた機能性窒化物・酸化物の弾性特性及び圧電特性に関する研究

論文内容の要旨

本研究では，共振超音波スペクトロスコピー(RUS)を用いて種々の機能性材料の弾性特性及び圧電特性の解明に取り組んだ．初めに，GaNに着目した．GaNは，近年，高品質試料の作成が可能となった材料であり，その弾性定数と圧電定数はすでにいくつか報告されているものの，薄板形状の試料しか得られないことに起因して十分に信頼性の高い結果は未だに得られていない．特に，圧電定数に関してはある特定の圧電定数のみの計測に限られている．本研究ではまず，GaNの極低温弾性定数計測に取り組んだ．独自に開発したアンテナ発振共振超音波スペクトロスコピーを用いて室温から極低温で薄板試料の弾性定数を正確に計測できる装置を作成した．自作の装置を用いてGaNの弾性定数を10～305 K の温度域で計測し，外挿により0 Kでの値を算出してDebye温度を正確に決定した．また，観測した温度依存性から各弾性定数のモードGrüneisenパラメータを決定し，GaNは格子振動の非調和性に異方性が存在することを明らかにした．その後，GaNの圧電定数計測に取り組んだ．キャリアのホッピング伝導に起因する圧電性消失現象を利用した新たな圧電定数計測法を考案し，GaNの全ての圧電定数を正確に計測することに初めて成功した．

次に，β-Ga_2O_3に着目し，その弾性特性の解明を行った．β-Ga_2O_3は結晶対称性が低く，結晶構造自体は1960年に解明されているにも関わらず，弾性定数は未だに計算値も含めて報告されていない．本研究では独自に開発したRUS/レーザー法を用いてβ-Ga_2O_3の弾性定数計測の障壁となっていた共振モード同定の困難さを克服することにより，13個の全ての弾性定数を正確に決定することに成功した．

最後に，負のポアソン比などの特異な弾性特性が数多く報告されているα-TeO_2に着目した．本研究ではα-TeO_2の多数の共振周波数を室温から低温にかけて計測し，特定の組の周波数が擬交差(力学共振モード擬交差)を示すことを見出した．化学反応において擬交差現象は Landau-Zener 効果として知られているが，力学的擬交差に関してはまだ十分に理解されていない．そこで，力学共振モード擬交差のメカニズムを調べ，力学共振モード擬交差では対称性の崩れが重要であり，線形弾性論では再現できないことを明らかにした．得た研究成果より，力学共振モード擬交差は非線形効果に起因する現象であることが示唆された．

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　足立寛太　）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主査　教授	小林 秀敏
	副査　教授	田中 正夫
	副査　教授	尾方 成信
	副査　教授	荻　博次（工学研究科）

論文審査の結果の要旨

本論文では機能性酸化物および窒化物の弾性特性と圧電特性に関する研究成果についてまとめている。酸化物や窒化物はそのすぐれた機械特性・電気特性を利用して、弾性波フィルタやパワーデバイスなどで用いられている。実用に際してはその弾性定数や圧電定数が必須であり、その特徴的な物性の発現起源の理解においてもこれらの詳細な計測が必要となる。このような背景のもと、本論文ではGaN、β-Ga_2O_3、α-TeO_2の弾性定数・圧電定数について独自の計測法を開発して、研究を行っている。

GaNは代表的な圧電材料であるが、独立な全ての圧電定数の測定値は測定の困難さのために報告されていなかった。本研究ではキャリアのホッピングを利用した新しい計測手法を開発し、全ての圧電定数を初めて計測することに成功した。また、アンテナを使った自作の共振計測装置を用いて、10～305Kの温度域で弾性定数を決定し、さらにGrüneisenパラメータとDebye温度を決定した。

β-Ga_2O_3はパワーデバイスの基盤材料として近年注目されている。古くから知られている材料ではあるが、弾性定数は測定されてこなかった。これは弾性対称性が低いために独立な弾性定数が13個存在し、その計測が困難なためである。本研究では、超音波共振法とレーザードップラー振動計を組み合わせた共振計測法を用いることで、全ての弾性定数を決定することに成功し、特徴的な異方性が存在することを示した。

α-TeO_2の対しては、擬交差についての研究を行っている。固体の共振周波数は振動モードによって異なり、温度が変化するとそれぞれが独立に変化して交差することがある。ところが、α-TeO_2においては、共振周波数がお互いに近づくと交わることなく擬交差する現象を観測した。一部の現象は線形弾性論で説明できるが、それ以外は線形弾性論では説明できず、新しいモデルが必要なことが示され、圧電体の物性において新たな課題の存在を明らかにした。

以上のように、酸化物・窒化物に対する多くの重要な知見が得られており、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。