

Title	極低温ピコ秒超音波法の確立と機能性酸化物・窒化物の弾性特性の究明
Author(s)	長久保, 白
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/34520
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏 名 (長 久 保 白)

論文題名

極低温ピコ秒超音波法の確立と機能性酸化物・窒化物の弾性特性の究明

論文内容の要旨

本研究では極低温におけるピコ秒超音波法の確立を行い種々の機能性材料の弾性特性の解明を行った。ピコ秒超音波法とはフェムト秒パルスレーザーを用いたポンプ・プローブ法の一つで、サブTHzオーダーの超高周波・nmオーダー極短波長の超音波を励起検出可能である。そのため微小試料やナノ薄膜に対しても高精度で弾性率・減衰率計測が可能な優れた手法である。本研究ではこれを室温から極低温にわたって計測する光学系の構築・手法の確立に成功した。

対象とした材料は圧電体材料として応用が進む水晶とAlNとGaN, その圧電体を用いたノイズカットフィルタの温度補償材料として欠かすことのできないフッ素添加石英ガラス薄膜, 種々の機能性薄膜の基板としても重要なSrTiO₃, ダイヤモンドに次ぐ硬度・弾性率を誇ると言われているBNの6種類である。これら材料はデバイスとしての応用価値が非常に高くその音響特性は非常に関心が高いにもかかわらず, 合成の困難さや用途上からくる寸法の制約上の理由でこれまで計測が困難であった。

計測の結果, 本研究で構築した光学系は高い精度と信頼性を誇ることが証明された。また石英ガラス薄膜の音響特性はバルク値と大きく異なることを解明し, そのフッ素添加量依存性も従来のバルク試料に対する計測結果からは予測不可能であることを実験的に解明した。石英ガラス薄膜の音速及びその温度依存性はデバイス開発の最重要パラメータの一つであり, 本研究が果たした貢献度は大きい。またBNの弾性率計測にも成功し, 粒径の変化(50~200 nm)に応じて弾性率が4%以上変化することを敏感にとらえた。これは切削用工具として重要なパラメータである硬度とも深く関連する重要な結果であり, 本研究で構築した光学系を持って初めて解明に成功した。

以上の結果は本研究の一部の成果に過ぎないが, このように様々な機能性酸化物・窒化物の音響特性を数多く解明することに成功した。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (長 久 保 白)			
	(職)	氏	名
論文審査担当者	主 査	教 授	平 尾 雅 彦
	副 査	教 授	小 林 秀 敏
	副 査	教 授	尾 方 成 信
	副 査	准教授	草 部 浩 一
	副 査	准教授	荻 博 次

論文審査の結果の要旨

本研究では極低温におけるピコ秒超音波法を確立し、種々の機能性材料の弾性特性を系統的に究明した。ピコ秒超音波法とはフェムト秒パルスレーザーを用いたポンプ・プローブ法の一つで、サブTHzオーダーの超高周波・nmオーダー極短波長の超音波を励起検出検出可能である。そのため微小試料やナノ薄膜に対しても高精度で弾性率・減衰率計測が可能な優れた手法である。本研究ではこれを室温から極低温にわたって計測する光学系の構築・手法の確立に成功した。

対象とした材料は圧電体材料として応用が進む水晶とAlNとGaN、その圧電体を用いたノイズカットフィルタの温度補償材料として欠かすことのできないフッ素添加石英ガラス薄膜、種々の機能性薄膜の基板として重要なSrTiO₃、ダイヤモンドに次ぐ硬度・弾性率を有するBNの6種類である。これら材料はデバイスとしての応用価値が非常に高く、その音響特性は非常に関心が高いにもかかわらず、合成の困難さや用途上からくる寸法の制約上の理由でこれまで計測が困難であった。

計測の結果、本研究で構築した光学系は高い精度と信頼性を誇ることが証明された。石英ガラス薄膜の音響特性はバルク値と大きく異なることを解明し、そのフッ素添加量依存性も従来のバルク試料に対する計測結果からは予測不可能であることを実験的に解明した。石英ガラス薄膜の音速及びその温度依存性はデバイス開発の最重要パラメータの一つであり、本研究が果たした貢献度は大きい。また、BNの弾性率計測にも成功し、粒径の変化(50~200 nm)に応じて弾性率が4%以上変化することを敏感にとらえた。これは切削用工具として重要なパラメータである硬度とも深く関連する重要な結果であり、本研究で構築した光学系を持って初めて解明に成功した。これらの実験結果は高い新規性と意義を持つ上に、理論計算をも系統的に総括し、今後の材料研究に大きな筋道を示す役割を果たした。

以上のように工学的・学術的に非常に多くの成果を上げたこの論文は博士(工学)の学位論文として価値のあるものと認める。