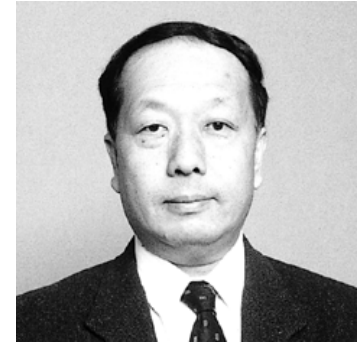


Investigation of new high performance piezoelectric
single crystals and thin films, and applications for next
generation electronics and communication systems

新圧電単結晶・薄膜材料の探索と
次世代高度情報システム用高機能弾性波デバイスの研究

プロジェクトリーダー 山田 顕

東北大学 大学院工学研究科 助教授



1. 研究の目的

近年、圧電体中を伝搬する弾性波を利用したデバイスの研究の進展は著しいものがあります。周波数制御・選択ならびに信号処理のための独自の機能と優れた特性を有する数多くの弾性波デバイスが開発され、電子・情報通信システムの高度化に大きな役割を果たしてきました。しかし、来るべき21世紀のグローバルな高度情報化社会に向けて、弾性波デバイスの超高周波化、高度集積化、高機能化の実現、ならびに新しい弾性波機能デバイスの開拓が大きな課題となっています。

本研究では、次世代情報通信システム構築を目指し、大きな電気機械結合係数と大きな音速をもつ新しい圧電単結晶材料の探索と育成、及び高品質圧電単結晶薄膜の形成の研究を行うと共に、弾性波動の線形・非線形伝搬特性を解明し、弾性波と光波や半導体中キャリアとの相互作用を用いた新機能デバイスを開拓することを目的としています。さらに、以上の成果を基に、優れた特性や機能をもつ超高周波弾性波デバイスを開発するとともに、半導体集積回路への弾性波デバイスの集積化を実現することを目指しています。

本研究は、21世紀においても引き続き我が国がこの分野で世界をリードして行く上で礎となるものであり、学術的にも、また社会産業上の見地からも、その意義は大きいと考えています。

2. 研究の内容

本研究の目的を達成するため、弾性波デバイスの基礎となる圧電材料の研究から、デバイス設計にいたるまで、研究者が互いに連携を取りながら総合的に研究を推進しています。その主な研究項目を以下に示します。

高結合圧電単結晶・薄膜

新圧電材料である KNbO_3 単結晶・薄膜の育成の研究を行うとともに、弾性表面波伝搬特性の解析と高性能基板カットの探索を行っています。特に KNbO_3 単結晶には53%という極めて大きな電気機械結合係数の弾性表面波が存在することが発見されました。 KNbO_3 単結晶・薄膜を用いた次世代画像通信用広帯域フィルタ、周波数有効利用のための温度特性と周波数特性に優れたフィルタ、広帯域可変信号源、スペクトル拡散通信用高効率コンポルバなどの研究を行っています。

圧電材料の特性評価の研究

超音波マイクロスペクトロスコープ(UMS)技術により圧電結晶・薄膜材料の特性を高精度に自動計測するシステムを開発し、圧電材料作製プロセスの評価法や弾性関連物理定数の決定法の研究を行っています。

超高周波弾性表面波デバイスの実現

5 ~ 10 GHz 帯の低損失弾性表面波デバイスを実現するため、 $0.1 \mu\text{m}$ 以下の超微細加工の研究と超伝導電極を用いた低損失デバイスの研究を行っています。

超高周波帯圧電薄膜共振器

ECR 分子線エピタキシー法による高品質 ZnO 圧電単結晶膜の成長法の研究を行っています。また、 Si 基板上に音響インピーダンスの異なる2種類の媒質を $1/4$ の厚さで交互に積層し、その上に $1/2$ の厚さの圧電膜を付けることにより弾性波を圧電膜に閉じ込めて共振を生じさせる新しい圧電薄膜共振器の研究を行っています。この共振器は、集積化が容易で、従来の弾性波デバイスでは困難であった20GHz程度の超高周波帯で動作する素子も実現できる可能性があります。

波長多重光通信用波長可変光フィルタ

次世代光通信方式として期待されている波長多重光通信では、任意の波長の光を高精度で選択して取り出す波長可変光フィルタが必要とされています。本研究では LiNbO_3 圧電単結晶の熱処理により形成される反転ドメイン層を利用した超精密回転変位アクチュエータとファブリペロー共振器を組み合わせた小形高精度波長可変光フィルタを提案し、開発を行っています。また、高速スイッチングが可能な素子として、電気機械結合係数が大きな横波弾性表面波と光波のコリニア相互作用を利用した高効率波長可変光フィルタの研究も行っています。

弾性波・半導体集積デバイスと移動体通信システムの研究

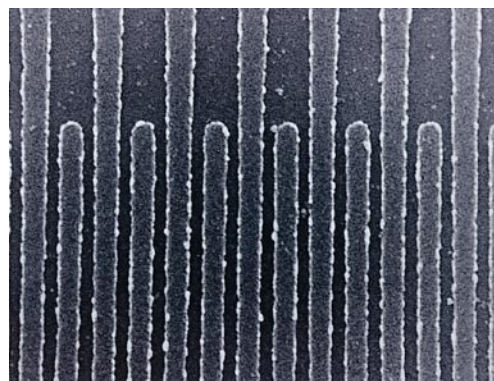
ワイヤレスマルチメディアの実現を目指して、 $\text{AlN}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 弾性表面波マッチトフィルタを用いた高信頼2.4GHzスペクトラム拡散ワイヤレス無線カードの開発を行っています。 AlN が零温度係数伝搬遅延時間特性をもつことを見出すとともに、サファイア基板上への AlN エピタキシャル成長技術として成長前の Al_2O_3 基板の原子ステップ制御技術と Al_2O_3 基板初期窒化技術を開発し、膜厚分布 $\pm 1\%$ 以下で AlN を成長させる技術を確認しました。さらに2.4GHz フロントエンドマッチトフィルタを設計・製作し、2.4GHz スペクトラム拡散ワイヤレス無線モデムの開発を行っています。

3. 研究の体制

期 間：1997年7月～2002年3月

構 成：プロジェクトリーダー1名、コアメンバー1名及び研究分担者18名によって構成され、各大学に所属する研究者及び大学院生が参加しています。

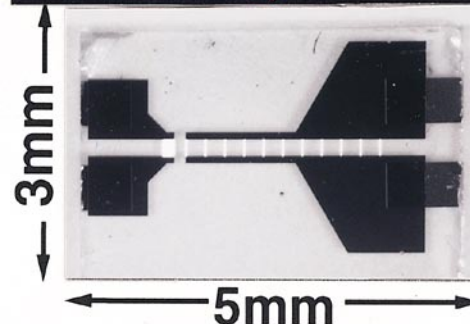
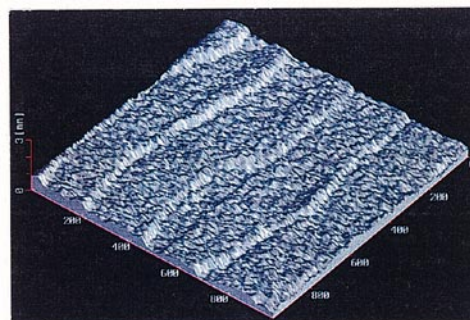
実施場所：東北大学大学院工学研究科及び東北大学電気通信研究所をコアとして、東京工業大学大学院社会理工学研究科、山梨大学工学部、及び千葉大学工学部において研究を行っています。



10GHz帯低損失SAWフィルタの電極(線幅:95nm)



ZnO圧電単結晶膜作製用ECR分子線エピタキシー装置



原子ステップ制御した初期窒化後のサファイア基板表面のAFM像と2.4GHzフロントエンド $\text{AlN}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 弾性表面波マッチトフィルタ