

# FBAR等のRF-MEMS素子における2次元振動分布を高速に観測する技術を開発

国立大学法人 千葉大学（以下、千葉大学）橋本研也教授・山口正恆教授の研究グループは、独立行政法人 日本学術振興会、独立行政法人 科学技術振興機構、財団法人 三菱財団からの援助を受け、ネオアーク株式会社（以下、ネオアーク）の協力の元に、薄膜バルク波共振子（以下、FBAR）に代表される高周波マイクロ電気機械システム（以下、RF-MEMS）素子における2次元の振動分布を高速に観測する技術の開発を成功しました。今回開発した技術により、RF-MEMS素子の詳細な動作解析を可能とし、その開発時間短縮と共に高性能化が可能となります。

本技術の詳細は11月26,27日に日本大学理工学部（東京都御茶ノ水）で開催される「最新のMEMS技術を利用した圧電デバイスに関する国際ワークショップ」(<http://www.ieice.org/jpn/kikaku/tc49/index.html>)において紹介されます。

## 開発の背景

現在の移動体通信機器では、高い周波数選択性を持ち、かつ小型で・低損失な弾性表面波（以下 SAW）素子が多用されています。理論限界に近い性能実現が要求される現在では、より一層の性能向上の手がかりを探索するために、素子の動作と直結した弾性波の伝搬姿態を観測する手段が渴望されています。

このような観点から、千葉大学の研究グループは、ネオアークの協力の元に、超高周波帯での微小な振動を高感度で、しかも2次元的に超高速測定する装置（以下、SAW観測装置）を開発してきました。現在、2.5 GHz動作のSAWデバイスにおける二次元振動分布を20分程度で高解像度に2次元観測できるようになっています。この装置は、様々な企業・研究機関からの利用依頼を受ける等、SAW素子用診断ツールとして高い評価を受けております。

SAW観測装置では、図1に示すナイフエッジ法を利用して、入射レーザー光のたわみ振動による偏向光を選択的に検出しています。たわみ振動のみを検出するため、床や駆動モータ等から発生する低周波の縦振動に鈍感であり、その結果、被測定対象の高速走査でも測定結果が乱れず、高速・高精度な

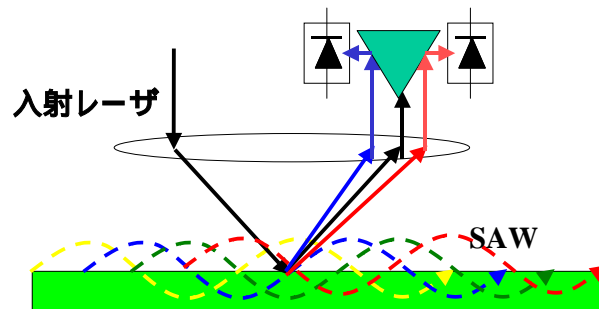


図1 ナイフエッジ法による弾性振動の検出

2次元計測が可能です。しかも、振幅ばかりでなく位相も同時に観測可能であり、様々な情報抽出や画像処理が可能です。

## 課題

最近、超高性能の高周波フィルタや半導体 IC と集積化可能なフィルタとして、FBAR 素子に代表される RF MEMS フィルタが注目を受けています。この素子の場合、厚み方向の縦波振動が主成分である場合が殆どです。このため、ナイフエッジ法を利用した SAW 観測装置では振動を検出できません。そのため、それを高感度に、超高速で2次元観測する装置の開発が望まれていました。

厚み方向の振動を観測できる観測系としてマイケルソン干渉計が知られていますが、この手法の場合、床や駆動モータ等から発生する低周波の縦振動に観測結果が乱されてしまいます。このため、頑丈な除振台を設置し、さらに駆動速度を低下してモータからの振動を抑圧する必要がありました。これでは計測に長時間要してしまうため、特殊な方法を利用して振幅のみを測定することで計測時間を短縮することが殆どでした。

## 開発した技術

今回、SAW 観測装置の光学系へ、これまでのナイフエッジ法に代わりサニャック干渉計を適用し、縦振動観測可能な観測装置(以下、RF-MEMS 観測装置)を新たに開発しました。

サニャック干渉計は、同一経路を右回りする光と左回りする光間に発生する位相差により干渉が発生します(図2参照)。

この干渉光強度は周波数に比例するため、本質的に低周波振動に対して感度が低く、所望の高周波縦振動のみを超高速に2次元計測できます。

このため、ナイフエッジ法の様々な特長をそのまま生かしながら、縦振動を選択的に観測できます。

このサニャック干渉計は、低周波振動検出やジャイロ等の光ファイバセンサに広く利用されていますが、高周波弾性振動の検出にはあまり利用されてきませんでした。

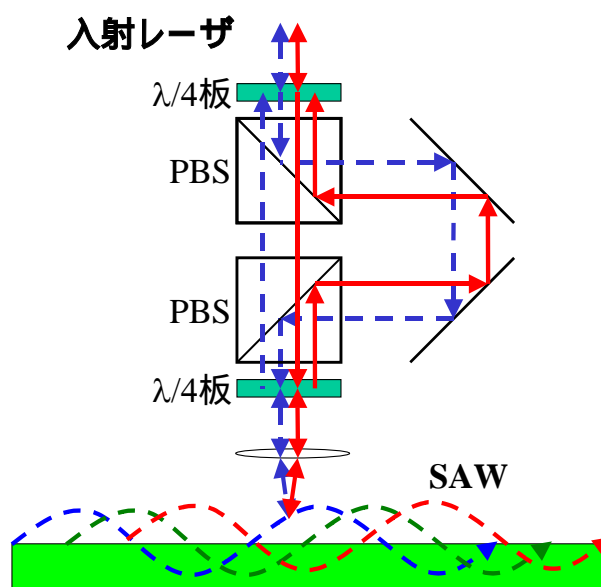


図2 サニャック干渉計の構成(PBS: 偏光ビームスプリッタ)

今回、この干渉計を微小光学系により構築しました。これにより、小型で、経時変化が少なく、しかも最高周波数2.5 GHz付近まで高感度に縦振動が観測可能となりました。

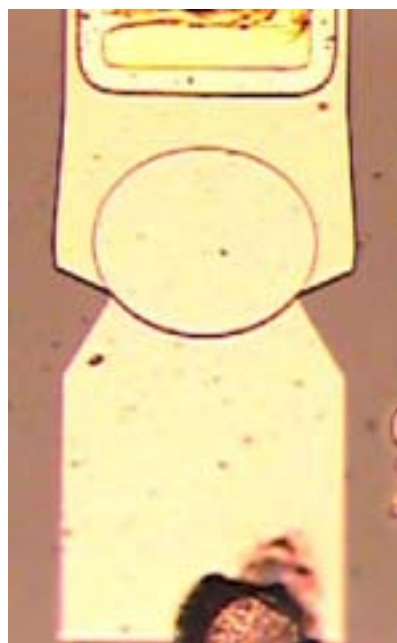
また、SAW観測装置のために開発された様々なソフトウェアやハードウェア、ノウハウはそのままRF-MEMS観測装置に移植でき、短時間での装置開発が可能となりました。

## 効果

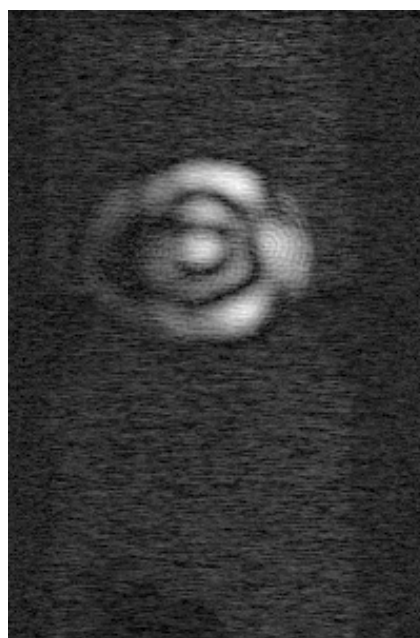
図3にこの装置を利用して観測したFBARにおける不要共振の振動振幅分布を示します。素子の駆動周波数は1.82 GHz、観測点数は500-750 (X-Y)で、400 nmステップで計測しています。この時の観測時間は全部で約10分です。ちなみに、観測時間はY方向の測定点数でほぼ計測時間が決まります。

楕円状の部分はFBARが構成されている部分であり、2つの長方形はFBARを挟みこんでいる上下の電極です。FBAR部にエネルギーが集中しているが、分割振動している様子が見て取れます。ちなみに、振幅と位相の両データを利用することにより振動の様子を動画像として表示することもでき、より直感的に理解できるようになります。この様なデータは素子の動作を理解し、更なる性能向上を目指す上で重要な様々な知見を与えます。

なお、この時の振動振幅は50 pm (ピコメートル、10<sup>-12</sup> 乗メートル)と概算されます。



工学写真像



振幅分布

図3 FBARにおける振動分布の観測例 (1.82 GHz)

これにより、GHz帯でも高感度に縦振動が観測可能なことを示し、この干渉計が低周波振動に鈍感なために高速2次元走査が可能であることを実証されました。

また、図4に、1 GHz動作のSAWデバイスにおける二次元振動分布を観測した例を示します。この時の測定点は460-300 (X-Y)で、1 $\mu$ mステップ、計測時間は10分程度です。

縦縞が見えますが、これは交差指電極が周期的に並んでいる部分で、その線と空隙の幅は1 $\mu$ mです。交差指電極部にエネルギーが集中している様子が見取れます。また、周囲の電極部や交差指電極部外へエネルギーが漏れ出している様子も判ります。この装置はFBARばかりでなく、SAW観測装置としても十分な性能を有していることが判ります。

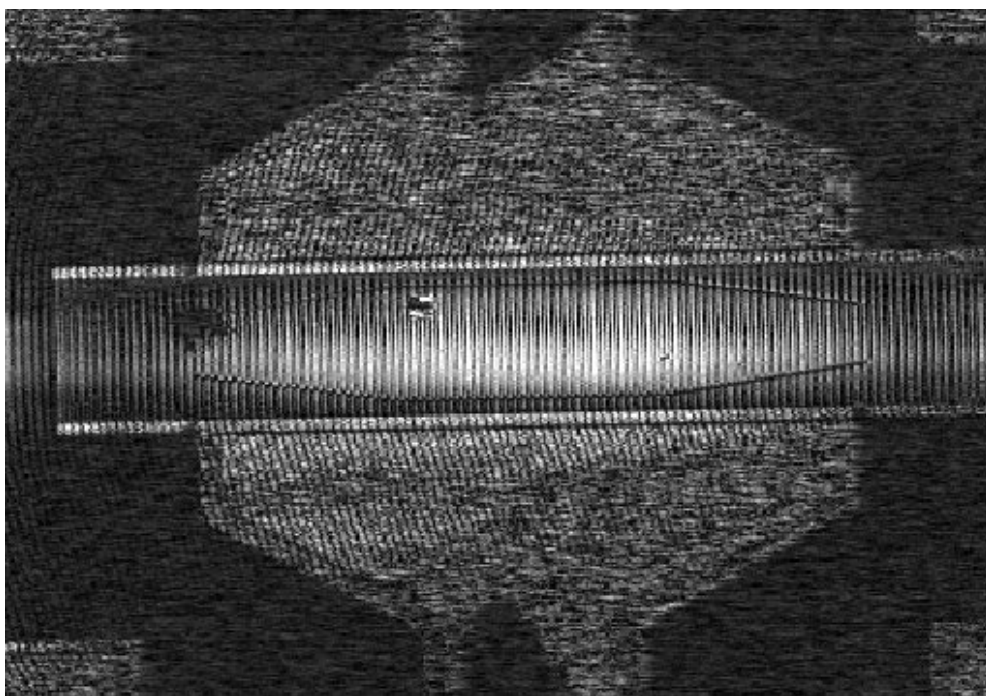


図4 SAW共振子における振動分布の観測例 (1 GHz)

## 今後

測定試料のアライメントや測定パラメータの設定等の簡略化・自動化を目指し、RF-MEMS/SAW観測装置としての製品化を目指します。

以上

## 注釈

注1 国立大学法人 千葉大学:

学長 古在豊樹(こざい とよき)、本部 千葉県千葉市。

注2 ネオアーク株式会社:

代表取締役 城和彦(じょう かずひこ)、本社 東京都八王子市

## 本件に関するお問い合わせ

千葉大学大学院工学研究科人工システム科学専攻 教授 橋本研也  
電話:043-290-3318

E-mail: [k.hashimoto@ieee.org](mailto:k.hashimoto@ieee.org)

ネオアーク株式会社 製造技術部 部長 赤羽 浩一

電話:042-627-7211

E-mail: [akahane@neoark.co.jp](mailto:akahane@neoark.co.jp)

ネオアーク株式会社 東京営業部 小林 善紀

電話:042-627-7671

E-mail: [y.kobayashi@neoark.co.jp](mailto:y.kobayashi@neoark.co.jp)