

課題番号 : F-19-TU-0069  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : ワイヤレス MEMS の研究  
 Program Title (English) : Study on Wireless MEMS Devices  
 利用者名(日本語) : 鈴木健一郎  
 Username (English) : K. Suzuki  
 所属名(日本語) : 立命館大学理工学部機械工学科  
 Affiliation (English) : College of Science and Engineering, Ritsumeikan University  
 キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、成膜・膜堆積、膜加工・エッチング、分析、研磨

### 1. 概要(Summary)

我々は、車両衝突事故防止のための車載用ミリ波レーダやIoT端末機器の高性能化を目的に、アンテナや共振器の研究を進めている。従来から高周波回路で使用されている圧電材料(水晶等)はシリコン基板と集積化することが困難であるという課題があることから、シリコン材料のみからなる高周波デバイスの研究に注目した。本年度は温度センサを集積化したシリコン MEMS 共振器の周波数安定制御に挑戦して水晶デバイスレベルの温度安定性を実現することに成功した。

### 2. 実験(Experimental)

#### 【利用した主な装置】

- ・成膜: 芝浦スパッタ装置(Ti / Au)
- ・フォトリソグラフィ: 両面アライナ露光装置一式、ブランソン アッシング装置
- ・エッチング: アネルバ RIE 装置、Vapor HF エッチング装置

ドーピング: 中電流イオン注入装置、酸化拡散炉、ランプアニール装置、拡がり抵抗測定装置

#### 【実験方法】

pn ダイオード温度センサをリン不純物拡散を利用して作製した。電流一定のとき、ダイオード電圧は温度にほぼ比例して減少するため、このセンサから出力される電圧を MEMS 共振器の制御電極に負帰還させることによって共振器の周波数安定制御を行うようにした。設計した共振器デバイスを試作して温度変化する環境下でその共振周波数の変化を測定した。

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

試作した MEMS 共振器の表面写真を Fig. 1 に示す。試作したデバイスを 5 Pa の真空中に置き、AC 振幅 0.14

V の電気信号を印加するとき、477.3 kHz の面内振動モードをもつことが確かめられた。p-n diode 温度センサを利用した制御電圧の発生により 25-80°C の温度範囲で共振周波数変化を ±30ppm 以内に抑えることができた(Fig. 2)。これは、水晶発振器と同程度の値である。

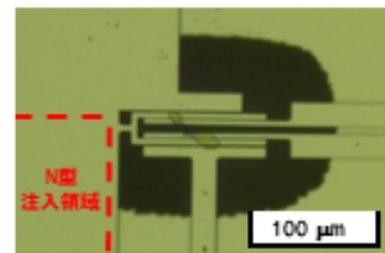


Fig. 1 Fabricated tuning fork MEMS resonator integrated with a p-n diode sensor.

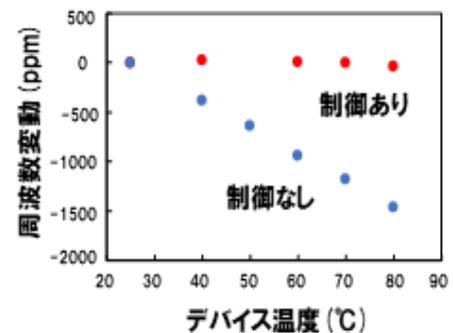


Fig. 2 Measured stability of resonant frequency with control or without it.

### 4. その他・特記事項(Others)

なし

### 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- 1) K. Kawakami, S. Kaneuchi, H. Tanigawa, and K. Suzuki, "MEMS resonator with wide frequency tuning range and linear response to control voltages for use in voltage control oscillators," J. Micromech. Microeng., Vol. 29, 125007, 2019.

### 6. 関連特許(Patent)

なし