

静電駆動型MEMS光スキャナの振動特性の温度依存性と走査角制御に関する研究

石河, 範明

<https://hdl.handle.net/2324/1789430>

出版情報：九州大学, 2016, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名 : 石河 範明

論 文 名 : 静電駆動型MEMS光スキャナの振動特性の温度依存性と
走査角制御に関する研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

静電駆動型MEMS光スキャナは、レーザーを回転振動する反射面で反射することで1次元、もしくは、2次元に走査するMEMSデバイスである。レーザープロジェクタ、工業計測機器、共焦点内視鏡などへ適用することが可能であり、一部は実用化されている。上記用途に静電駆動型MEMS光スキャナを適用する場合、レーザーを一定の周波数と角度で走査することが求められるが、静電駆動型MEMS光スキャナの振動特性は温度によって変動する。しかし、振動特性の温度依存性について、今まで詳細に検討されていない。本論文では、静電駆動型1軸MEMSスキャナ（以下、評価デバイス）の振動特性の温度依存性を実験と理論の両側面から検討した。また、評価デバイスの反射面の走査角を電氣的に測定し、温度に関わらずレーザーの走査角が一定となるように制御する制御回路を設計、作製し、その機能を確認した。

第2章では、評価デバイスの構造、製造方法および反射面の固有振動数の理論計算結果について述べる。評価デバイスは単結晶シリコンで作製されており、評価デバイスの反射面は一對の梁で支持されている。駆動電極は反射面と微小空隙を介して対向して配置されており、反射面と駆動電極の間に電位差を与えることで、反射面は回転振動する。反射面の固有振動数を理論的に解析し、1989Hzという結果を得た。

第3章では、室温における評価デバイスの振動特性（周波数応答特性、固有振動数およびQ値）の測定結果について述べる。静電駆動型MEMS光スキャナの周波数応答特性は、ばね定数の非線形性のため一般的な振動体とは異なる振動特性を示すため、周波数応答特性より固有振動数とQ値を求めることができない。本論文では反射面の減衰振動より固有振動数を求め、2045.7Hzという結果を得た。この結果は、第2章における理論計算結果と概ね一致する。

第4章では評価デバイスの振動特性の温度依存性の実験結果について述べる。温度が30℃から80℃になると、固有振動数は低下し、それに伴い、周波数応答特性も低周波数側にシフトした。また、一定の周波数で駆動すると、反射面の走査角が小さくなった。

第5章では第4章における温度依存性の原因を明らかにするため、固有振動数と温度の関係を理論的に検討した。理論計算結果は第4章の実験結果と概ね一致し、温度が高くなると固有振動数が低くなる原因は剛性率の温度依存性が主要因であることが判明した。

第6章では反射面の走査角が一定となるように制御することを目的として、駆動信号と振動特性の関係を評価した。駆動信号を制御することによる走査角変化は温度による走査角変化よりも十分大きく、駆動信号を制御することで走査角を制御することが可能であることを確認した。

第7章では走査角が一定となるように制御する制御回路の設計、評価結果について述べる。反射面の傾斜角を電氣的に測定し、駆動信号を制御することで、温度による走査角の変動を1/10以下に低減した。