

生体を把持対象としたロボットハンド用MEMSデバイスの研究

竹下, 俊弘

<https://doi.org/10.15017/1654680>

出版情報：九州大学, 2015, 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 : 竹下 俊弘

論 文 名 : 生体を把持対象としたロボットハンド用 MEMS デバイスの研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

日本の高齢化が進むなか、介護従事者の負担軽減の観点から、介護現場においてロボット技術の活用が強く期待されている。本研究では生体を把持対象としたロボットハンド、あるいはロボットハンドの指先に内蔵可能な MEMS デバイスの研究開発を行った。特に本論文では生体などを把持対象とする繊細な把持動作をロボットで実現するためには、アクチュエータとなるモーターや piezo アクチュエータの制御用センサ、また実際に把持対象に負荷される力を測定可能な力覚センサの開発が必要であると考え、それらセンサの研究開発に関して述べる。

第二章ではモーター制御用センサである MEMS 技術を用いたマイクロエンコーダチップ、またナノインプリント技術を用いた回転回折格子の作製に関して述べる。マイクロエンコーダチップは MEMS 技術のみならず、高度なパッケージング技術を用いることで、ワンチップ(2.8mm*2.8mm)のなかに発光素子、受光素子、レンズ、ミラー、位相シフト膜、配線など多くの光学素子、電子素子を内蔵することに成功した。回転回折格子に関しては、ナノインプリントと機械加工をほぼ同時に行う新規的な作製方法により、回折パターンとモーターの回転軸を挿入する貫通穴を高精度に位置合わせしながら作製することに成功した。最後にマイクロエンコーダチップと回転回折格子を組み合わせて回転角、回転角速度の測定する実験を行い、実際に回転角、回転角速度を測定可能であることを示した。

第三章では光センサチップの開発、光センサチップを用いた圧電アクチュエータの制御、光センサチップの高機能化に関して述べる。光センサチップは小型(3mm*3mm)、簡単構造、部品点数が少ないという特徴を有する。特に複数個の PD をワンチップに集積化することにより、光センサにある煩雑なアライメントをする必要がない。次にこの光センサチップを用いた piezo アクチュエータの位置決め制御実験を行った。piezo アクチュエータはヒステレシス特性を有し、より精密な動作を行うためにはセンサを用いた位置決め制御が必要となる。実験に光センサチップを用いて位置決め制御を行うことにより、ヒステレシスによる位置誤差を減少する結果が得られた。最後に光センサチップの高機能化のための温度センサ内蔵型光センサチップ、初段アンプ内蔵型光センサチップの開発に関して述べる。

第四章では小型せん断力センサの研究開発に関して述べる。本センサは受力部と検出部から構成されており、検出部には第三章の光センサチップを用いた。受力部にはステンレスで作製した金属フレームと弾性ゴムを用いた弾性ゴムフレームを用いており、特に弾性ゴムフレームを用いたせん断力センサはセンサ自体のサイズが 6mm*6mm 厚さ 8mm とロボットハンドの指先に内蔵できるように小型なセンサとなっている。このセンサの特徴として受力部と検出部が物理的に分離されており、繊細な検出部が力を受けないという特徴がある。またセンサの性能が弾性ゴムフレームの物性に大きく依存するため、受力部のみを変えることでセンサの性能を大きく変えることが可能になる。

実際に実験を行うことにより二軸方向のせん断力を分離して測定可能であること、また弾性ゴムフレームを変えることによりセンサ性能を変えることが可能であることを示した。

第五章では第四章で述べたせん断力センサの高機能化を目的とした MEMS レンズアクチュエータの研究開発に関して述べる。本デバイスはせん断力センサの分解能、測定範囲を弾性ゴムフレームを変えることなく可変化する事が可能である。この MEMS レンズアクチュエータはマイクロレンズと MEMS アクチュエータデバイスの 2 つから構成されており、まずマイクロレンズの作製に関して述べた。このマイクロレンズは DMD 露光装置というマスクレス露光かつグレースケール露光が可能な装置を用いて作製することにより高精度にレンズ形状をコントロールできることを示した。次に MEMS アクチュエータデバイスの作製に関して述べた。MEMS アクチュエータデバイスは成膜した piezo 薄膜 (PZT) に電圧を印可することで動作させる。このような薄膜を用いた MEMS デバイスの場合、薄膜と基板の間に発生する内部応力とその内部応力により発生する変形が大きな問題となる。そのため FEM ソフトウェアを用いて MEMS アクチュエータデバイスの変形の予測を行い、その結果を設計にフィードバックすることで内部応力の力のつり合いをとり、変形のない MEMS アクチュエータデバイスの設計を行った。さらにこの手法を用いると、変形がほぼ無いデバイスの作製に成功した。その後実際に作製した MEMS レンズアクチュエータデバイスを用いて実験を行い、作製した MEMS レンズアクチュエータを光センサチップと組み合わせることによってせん断力センサの性能を可変化する事を示した。

以上のように本研究では生体などを把持対象としたロボットハンドやロボットハンドの指先に内蔵可能な MEMS センサの研究開発を行った。