DC-GHz帯有接点RF-MEMSスイッチ/リレーの研究

積 知範

本論文は，MEMS技術によるDC-GHz帯に適応する有接点のRF-MEMSスイッチ/リレーの実用化を目的にした研究開発に関するものである。

これまで多くのRF-MEMSスイッチやマイクロリレーに関する研究の報告がなされているが，未だ商業ベースとしてのデバイスが実現していない。理由としては，信頼性に関する技術課題や高周波特性を維持した外部接続への課題などがある。そこで，本研究では単結晶シリコンを用いた静電駆動型アクチュエータに高周波線路設計を融合した有接点RF-MEMSスイッチ/リレーの開発を行っている。実用レベルの信頼性を確保するため，ウェハレベルパッケージにより可動部を外界から保護しており，実装可能な状態で評価できる。この有接点RFスイッチの特長を明らかにし，動作信頼性に関し実用レベルにあることを複数デバイスの評価結果により実証している。

本論文は6章から構成されている。第1章では，本研究の背景および目的と概要について述べ，本研究の位置づけを行う。第2章では，MEMS技術によるスイッチングデバイスに関する研究の現状と課題を分析し，RFスイッチの設計に必要な基礎理論を整理した。第3章では，アクチュエータに非線型ばね構造を採用し，接点開閉動作中に接点が離れなくなる固着現象を防止する手法について述べる。構造設計には有限要素法による動作解析を行い，実機検証により有用性を確認している。高周波特性評価では，実装状態を考慮したモデルを構築し有限要素法による高周波解析と実機を用いた検証を行っている。実機作製プロセスにはウェハレベルパッケージを用い，実装状態での評価を実現している。その結果，従来デバイスである半導体スイッチを凌駕する基本特性をDC-GHz帯で達成することを確認している。第4章では，将来，高速大容量化する情報通信に必要な10GHz以上の帯域における優れた高周波特性を得るため，ガラス基板に貫通配線を設けて直接基板実装できるウェハレベルパッケージについて述べる。第5章では，重要な課題である接点接触信頼性に関して，評価方法と故障モードについて述べる。接点の成膜状態について検討し，無線回路の切替え用途に十分な信頼性を示す開閉回数20億回以上を複数チップで実現していることを示す。第6章では，本研究成果の結論を述べ，総括する。