

# 携帯機器アンテナの内蔵化を実現するRF-MEMS

## 小型アンテナを可能にする周波数チューニング技術

テレビ(TV)を視聴できる携帯機器の外付けアンテナは、デザイン性や利便性などのため機器への内蔵化が望まれています。しかし、アンテナを小型化すると受信できる周波数幅が狭くなり、幅広いTV周波数帯をカバーするにはアンテナの受信周波数をチューニングする必要があります。東芝は、このチューニングを可能にするRF-MEMS (Radio Frequency-Micro Electro-Mechanical Systems) 可変容量素子を開発しました。当社独自の折返し構造を採用し、圧電体で動作するRF-MEMS可変容量素子は、携帯機器の電池電圧で動作し、内蔵アンテナの幅広いチューニングに必要な容量変化を実現します。

### 内蔵アンテナを実現する受信周波数チューニング技術

TVを視聴できる携帯音楽プレーヤーや携帯電話などが増えてきましたが、幅広いTV周波数帯の信号を受信するために、これらの携帯機器の多くはホイップアンテナなど、外付けアンテナを必要とします。小型化の進む携帯機器にとって外付けアンテナは、デザイン面に制約を生じ、比較的大きな収納場所を必要とするため、構造面や利便性などで問題があります。そのため、アンテナを小型化して携帯機器に内蔵することが望まれています。しかし、一般的にアンテナにはサイズと受信できる周波数幅にトレードオフの関係があり、小型化すると受信周波数幅は狭くなります。これがアンテナ内蔵化を阻む要因となっていました。

アンテナサイズと受信周波数幅のトレードオフを解決する技術として、可変素子によるアンテナ受信周波数のチューニングがあります(図1)。代表的な可変素子である可変容量素子を携帯機器の内蔵アンテナに適用するには、電池電圧で動作すること、及びチューニングに必要な大きな容量変化があることが求められます。

### 圧電体で動作するRF-MEMS可変容量素子

東芝は、内蔵アンテナの受信周波数のチューニングに適用できるRF-MEMS可変容量素子を開発しました(図2)。RF-MEMSは、半導体製造工程で作製した微小な可動構造を電気信号で機械的に変位させて、素子の電気特性を変化させることができる高周波デバイスです。

RF-MEMS可変容量素子の片側(図2の上半分)部分の構造を図3に示します。可動部分は電極に挟まれた圧電体を二つ積層したバイモルフ構造としています。それぞれの圧電体に逆方向の電界を印加すると、図の矢印で示すように上下の圧電体は逆方向に伸縮し、結果として可動構造は屈曲変位します。圧電体には、良好な結晶配向性を持つ高品質な窒化アルミニウム(AIN)を使用しています<sup>(1)</sup>。設計の最適化により、可動構造は動作電圧1Vで約1μmの変位が得られます。静電容量は可動構造の先端に形成された可動電極と基板上的固定電極間の距離に応じて変化することから、RF-MEMS可変容量素子では、初期の可動・固定電極間の距離を1μm近傍に設定することで、携帯機器の電池電圧で大きな容量変化を期待できます。

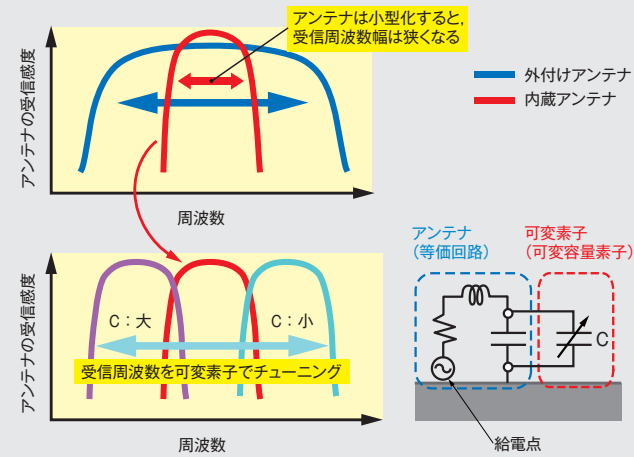


図1. 可変素子によるアンテナ受信周波数のチューニング—アンテナの小型化による受信周波数幅の減少に対して、可変容量素子でアンテナの受信周波数をチューニングすることで、広い周波数帯をカバーできます。

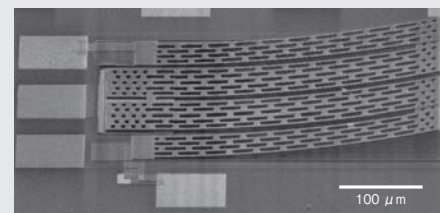


図2. 内蔵アンテナに適用できるRF-MEMS可変容量素子—RF-MEMS可変容量素子のSEM(走査型電子顕微鏡)写真です。半導体製造工程により、折返し構造を持つ微小な可動構造を作製しています。

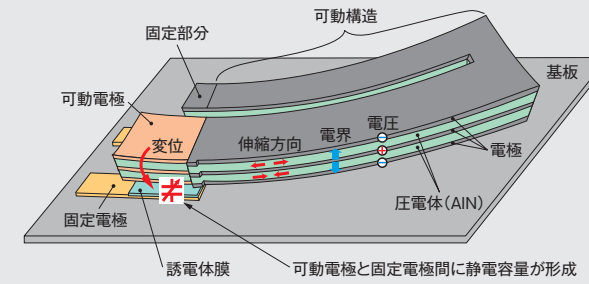


図3. RF-MEMS可変容量素子の構造—図2上側の可動部の構造です。電極に挟まれた圧電体を二つ積層したバイモルフ構造を採用し、圧電体の伸縮で屈曲変位します。静電容量は可動電極と固定電極間の距離に応じて変化します。

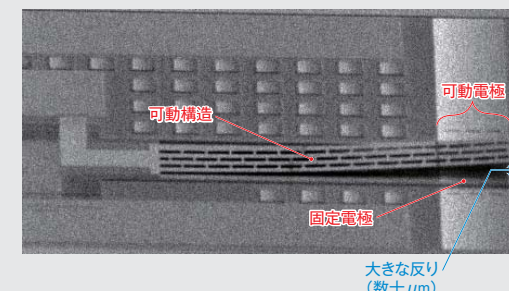


図4. RF-MEMS可変容量素子に発生する反り—可動構造には製造時の残留ひずみの影響で反りが発生するため、折返し構造の採用で反りを抑制する必要があります。

### 折返し構造による低電圧動作と大きな容量変化の実現

可動構造は圧電体と電極を積層しているため、各層を形成する際に生じる残留ひずみの違いから数十μmの反りが発生します(図4)。その結果、可動・固定電極間の距離が極端に大きくなり、低電圧動作と大きな容量変化を同時に実現できなくなります。そこで、反りの影響を抑制するため、図2のような折返し構造を採用しています。折返し構造では、可動構造の先端に同一の可動構造を折り返して接続することで、先端での反りをほぼキャンセルできます。これにより、可動構造の反りに影響されず、初期の可動・固定電極間の距離を数μm以下と一定に保つことができるようになります。

試作したRF-MEMS可変容量素子の動作電圧に対する静電容量の変化特性を図5に示します。3V以内の動作電圧に対して7倍程度の容量変化が安定して得られており、携帯機器の電池電圧による駆動で大きな容量変化が実現できています。

### 内蔵アンテナへの適用

RF-MEMS可変容量素子を、携帯電話をモチーフにした内蔵アンテナに適用したときのアンテナ特性を図6に示します<sup>(2)</sup>。静電容量の変化に応じて受信周波数が変化し、携帯電話のデジタルTV周波数帯の信号をほぼ受信できるチューニング特性が得られています。

### 今後の展望

内蔵アンテナには、受信周波数のチューニングだけでなく、微弱な信号

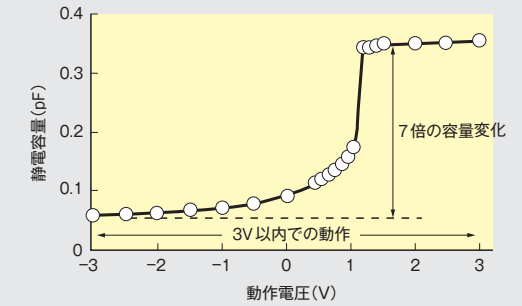


図5. RF-MEMS可変容量素子の静電容量—動作電圧特性—携帯機器の電池電圧程度の動作電圧で、7倍という大きな容量変化を実現しました。

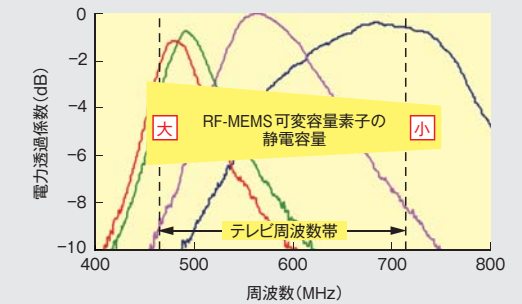


図6. RF-MEMS可変容量素子を適用した内蔵アンテナの受信特性—静電容量に応じて内蔵アンテナの受信周波数は変化し、TV周波数帯の信号をほぼ受信できる特性を実現しました。

を高感度で受信することも求められます。高感度な受信には、内蔵アンテナの低損失化が求められることから、今後はこの低損失化の課題にも取り組み、内蔵アンテナの更なる特性向上を図り、RF-MEMS可変容量素子の実用化を目指します。

### 文献

- 板谷和彦, ほか. RF-MEMSデバイス. 東芝レビュー. 61, 2, 2006, p.27-30.
- Nishigaki, M., et al. "Piezoelectric MEMS Variable Capacitor for a UHF Band Tunable Built-in Antenna". IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, Honolulu, HI, 2007-06, IEEE, 2007, p.2079-2082.

西垣 亨彦

研究開発センター  
電子デバイスラボラトリー