

| | | | |
|-------|---|--------|------|
| 研究題目 | 生体診断を目的とした柔軟なフィルム状エレクトレット音響センサの開発 | 報告書作成者 | 蔭山健介 |
| 研究従事者 | 蔭山健介 | | |
| 研究目的 | <p>小型で安価なマイクロフォンとして広く使用されているエレクトレットコンデンサマイクロフォン(ECM)は、恒久的に電場を放出するエレクトレットフィルムと空気ギャップを有するコンデンサにより構成され、空気ギャップの変形が電気信号に変換される。しかし、ECMの空気ギャップは極薄フィルムからなるダイヤフラム(振動板)により形成されており、耐圧が低く、共振周波数も低いため超音波領域の測定が困難であるという問題点がある。</p> <p>ECMの感度はギャップ部の見かけのばね剛性に対する電界強度の比で表され、共振周波数は、ギャップ部の質量に対する見かけのばね剛性の比の平方根に比例する。そこで、ECMのギャップ部にフィルムを積層し、空気ギャップを微視的なサイズにすれば、ギャップ部の見かけのばね剛性が増加させることができ、さらに空気ギャップの絶縁破壊強度も向上することからエレクトレットの放出電場を強化することもできる。これにより、受信感度を維持したまま、周波数帯域を広げ、耐圧性も向上させることが可能と考えられる。</p> <p>この考えに基づき、本研究では図1に示すように、以下の2つの特徴を持つフィルム積層エレクトレットコンデンサセンサ(FilmECS)の開発を行った。</p> <p>(1) 絶縁性が高い極薄高分子フィルムを乾燥接触により積層することによりフィルム層間にマイクロギャップを形成 (2) 高分子フィルムまたは強誘電体をエレクトレット化することによりギャップ中に高電界を発生</p> <p>このFilmECSは耐圧性に優れることから空気中の音響だけでなく、水や生体に密着させることにより、これらの媒体中の音響を測定することが容易になる。また、FilmECSを高分子および金属フィルムのみで製作すれば、柔軟性に富んでいるため密着性がさらに向上し、人体などの生体診断に適すると考えられる。</p> <p>本研究では、さまざまなFilmECSを製作して、その性能を評価することにより、市販のECMと同程度の感度で共振周波数が向上し、柔軟なFilmECSの開発を試みた。さらに、生体用超音波プローブとしての可能性を調べるために、強誘電体エレクトレットを使用したFilmECSを製作し、水や生体のような低音響インピーダンス媒体に対して超音波の送受信感度に優れるFilmECSの開発を試みた。</p> | | |

| | |
|------|---|
| 研究内容 | <p>(1) 高分子フィルムエレクトレットを使用した FilmECS の製作と性能評価</p> <p>背電極を取り付けた厚さ $25\mu\text{m}$ の PTFE (ポリテトラフルオロエチレン) フィルムに対してコロナ放電により負電荷をチャージし、表面電位$-500\sim 3\text{kV}$のエレクトレットを製作した。そして、それに対して厚さ $7\sim 25\mu\text{m}$ の PTFE および PFA (パーフルオロアルコキシアルカン) フィルムを $1\sim 10$ 枚積層し、振動電極として厚さ $10\mu\text{m}$ の Al フィルムを用いて FilmECS を製作した。製作したサンプルは、下記の測定により性能評価を行った。</p> <p>(a) 感度測定($100\text{Hz}\sim 100\text{kHz}$): 半無響箱内でスピーカーから発生させたスイープ音響波を受信して、計装用マイクロフォンと比較し、感度を算出した。</p> <p>(b) 送受信測定: 2つのサンプルを製作し、片方に矩形波を入力してバースト音響を発生させ、片方で受信し、その送受信波形を記録した。</p> <p>(c) 振幅測定: 周波数 1kHz の正弦波を入力してサンプルを振動させ、振動電極の振幅をレーザー変位計により測定した。レーザー変位計のスポット径は $20\mu\text{m}$ で、x 軸ステージにより $20\mu\text{m}$ ピッチで移動しながら測定した(移動量は 20mm とした)。</p> <p>(2) 強誘電体エレクトレットを使用した FilmECS の製作と性能評価</p> <p>はい電極を取り付けた厚さ 2mm の PZT (分極処理済み) を 200°C に加熱保持することにより表面電荷を取り除いた後に冷却することにより、表面電位-1kVのエレクトレットとした。そして、それに対して厚さ $1.5\mu\text{m}$ の PET (ポリエチレンテレフタレート) フィルムを $1\sim 4$ 枚積層し、一番上部のフィルムに Al 蒸着により振動電極を形成して FilmECS を製作した。製作したサンプルについて、シリコンブロックを媒体として下記の 2 プローブ法(媒体を介して 1つのプローブで発信し、もう 1つのプローブで受信する)による超音波送受信測定を行った。</p> <p>(a) 2つのサンプルを製作し、片方に矩形波を入力して超音波を発生させ、片方で受信した。</p> <p>(b) 圧電素子に矩形波を入力して超音波を発生させ、サンプルで受信した。</p> <p>(c) サンプルに矩形波を入力して超音波を発生させ、圧電素子で受信した。</p> |
|------|---|

研究概要報告書

(/)

| | |
|----------------|---|
| <p>研究のポイント</p> | <p>本研究のポイントは以下の通りである。</p> <p>(a) マイクロギャップによる耐圧の向上（測定音圧の広帯域化） 積層したフィルム層間に形成される微視的な空気ギャップ（マイクロギャップ）により，過大な音圧に対してもエレクトレットが劣化することが無く，媒体に密着させることも可能となる。</p> <p>(b) 高電界放出エレクトレットによる共振周波数の向上（測定周波数の広帯域化） マイクロギャップに加えて，高電界放出エレクトレット（10MV/m以上）を用いることにより，感度を維持したまま共振周波数を向上させることができる。</p> <p>(c) 極薄フィルムの積層による柔軟性の付与 高分子フィルムを積層させることにより圧電セラミックスより柔軟な受圧面を形成することができる。</p> |
| <p>研究結果</p> | <p>(1) 高分子フィルムエレクトレットを使用した FilmECS の製作と性能評価 図2にフッ素樹脂(PTFE, PFA)フィルムとAlフィルムおよび蒸着で構成されたフィルム状ECSの受信感度特性の一例を示す。100kHzまで高い感度を維持しており，超音波送受信結果から得られた共振周波数は121kHzと極めて高い値を示している。またこのフィルム状ECSの厚さは67μmであり，高い柔軟性を持つ。耐圧性も高いことから，生体に密着させ生体内の音響を検出するのに適していると考えられる。</p> <p>(2) 強誘電体エレクトレットを使用した FilmECS の製作と性能評価 図3にシリコーンゴムを媒体として，超音波送受信を行った結果の一例を示す。圧電センサは共振を引き起こすため，実際に使用される超音波プローブではダンパを用いて共振を抑えることが必要となるが，超音波 FilmECS はダンパ無しでも共振がかなり抑えられていることが分かる。</p> |
| <p>今後の課題</p> | <p>高分子フィルムエレクトレットを使用した FilmECS については，植物の音響測定への適用を検討している所おり，他にも電子聴診器や hidroフォンなどへの応用も期待されるが，フィルムの積層だけではマイクロギャップの大きさや分布にばらつきがあり，均一な感度を得ることが難しいため，インクジェットプリンティングなどで微小突起を形成してマイクロギャップを制御することが課題である。また，超音波プローブについては，高分子エレクトレットを使用した FilmECS を用いれば，その柔軟性を活かして医療分野などでの応用が期待できる。そのためには，高電界放出エレクトレットをさらに強化して，共振周波数を10MHz程度まで向上させることが課題である。</p> |

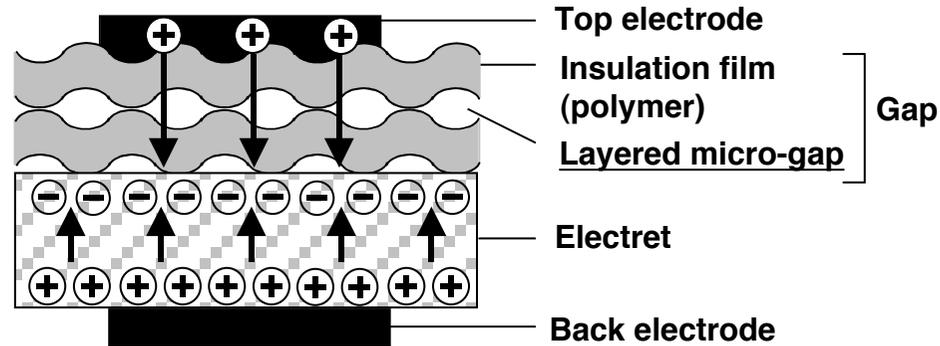


図 1. 本研究におけるフィルム積層 ECS の概念図

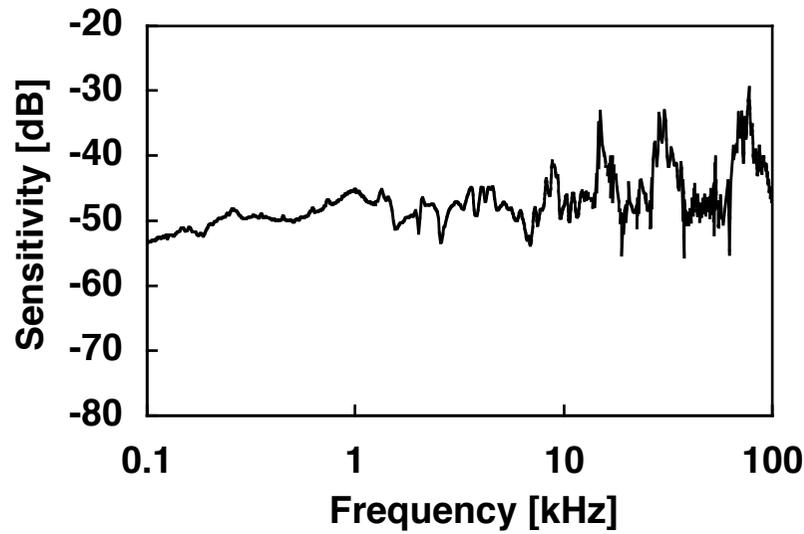


図 2. フィルム積層 ECM の受信感度特性

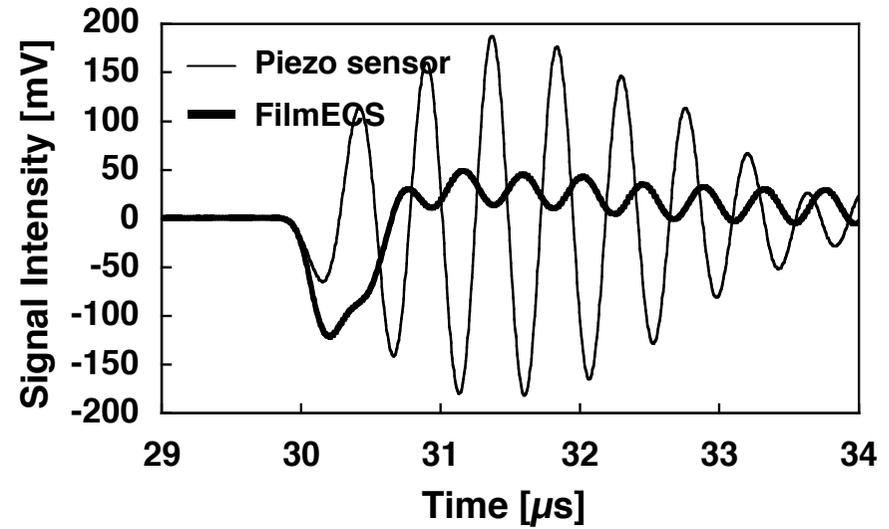


図 3. フィルム積層 ECS による超音波送受信波形と圧電センサとの比較 (シリコンを媒体とした 2 プローブ法による超音波送受信)