

高分子圧電フィルムスピーカー「HPS-01」

エルメック電子工業株式会社

須藤 隆一

音展 2009 では弊社ブースに多くのお客様にご来場頂き有難う御座いました。又複数日かよっていたいたお客様もあり心より感謝申し上げます。

1. はじめに

KF ピエゾフィルム（ポリフッ化ビニリデン）は（株）クレハが世界で初めて商業化した高分子圧電フィルムです。

一般的にセンサー等に用いられることが多く、応用製品としては、超音波プローブ、音響ピックアップ、圧力・振動センサー、水中ハイドロフォン等があります。

ピエゾフィルムのスピーカーへの応用は 1974 年にパイオニアがヘッドフォンや円筒型のツイーター商品化しました。現在では一部スーパーツイーターやヘッドフォンで市場に出ておりますがそれ以外のスピーカーとしては市場への展開は殆どありませんでした。

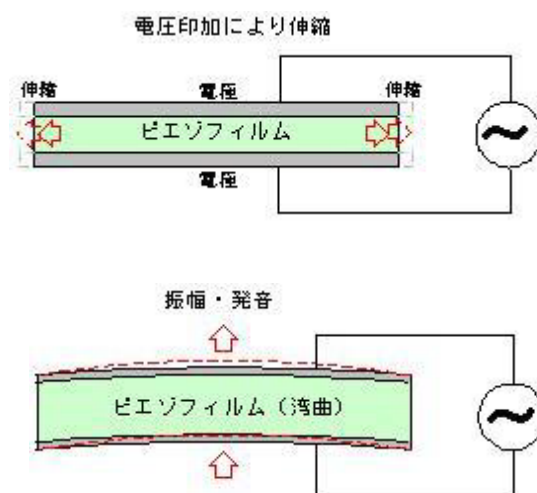
2. 発音するフィルム「KF ピエゾフィルム」

圧電材料としては水晶や圧電セラミックス等がありますが、特徴の一つとしてピエゾフィルムはこれらの圧電材料に比べ軽量で柔軟性があることです。

圧電体は応力や歪み、熱などの刺激が加わることで電荷（電圧）が発生する正効果と、電界や電荷を与えることで歪みや発熱を生じる逆効果があります。正効果は主にセンサーとして用いられ逆効果はアクチュエーターとして用いられます。

スピーカーはこの逆効果を応用しピエゾフィルムに付加されている電極材に電圧を印加することによりその電圧に比例して圧電体が伸縮します。圧電体

を湾曲することによりその伸縮を振幅に変化させる構造をとる事により発音させることが出来ます。



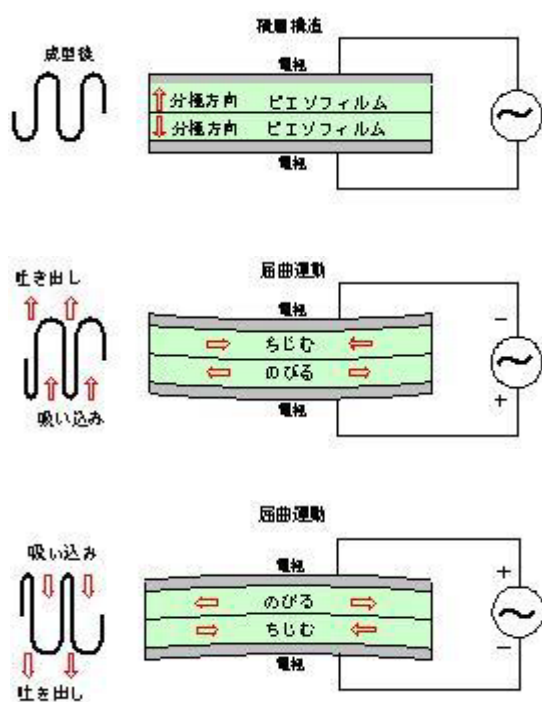
3. ハイル型ピエゾドライバー

ハイル型構造でのスピーカー開発は、2000 年(有) テイクティーの丈井氏との出会いから始まります。

構造は 2 枚のピエゾフィルムの分極方向を互いに向かい合う方向に積層し、その後積層フィルムの裏表にパターン化した電極を形成したものをタック状に成型します。

動作原理は、ピエゾフィルムが電圧で伸縮する特性を利用し、一方の面に +、もう一方の面に - の電圧を印加することにより、2 枚のピエゾフィルム的一方が伸び、もう一方がちぢむことで積層フィルム全体が屈曲します。

この積層フィルムをハイルドライバーと同様にアコーディオンブリーツ状に成型したものが、ハイル型ピエゾドライバーになります。

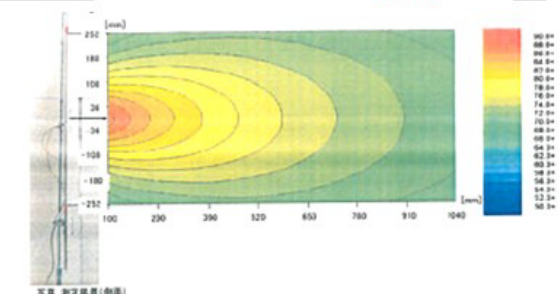


このハイルドライバ構造の高分子圧電型スピーカーは、マグネット式ハイルドライバと同様にアコーディオンブリーツ状に成型した谷間の振動板が空気を放出、吸引する動作原理に基づいています。

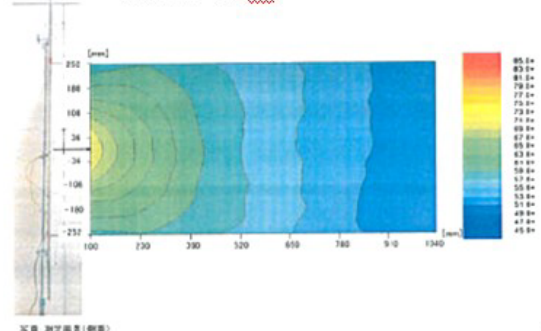
ブリーツ状に成型された振動板は正電圧を加えると前面のRが閉じ後面にRが開き全面の谷間から空気を圧縮して前面に押し出し、後面の谷間から空気を吸い込みます。振動膜は磁気回路を必要とせず、膜自体も非常に軽量でブリーツ状に細分化されており、個々の振動が小さい為分割振動が少なく膜自体が信号電圧により全面で一応に駆動するため、レスポンスも良いのではないかと考えられます。

以下にピエゾスピーカー開口 110 mm×110 mmとダイナミックスピーカー開口 $\phi 72$ mmの音圧分布の比較データを示します。

周波数 200Hz~8KHz (0vref All)

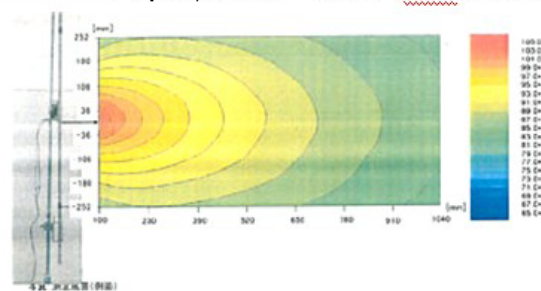


周波数 1KHz

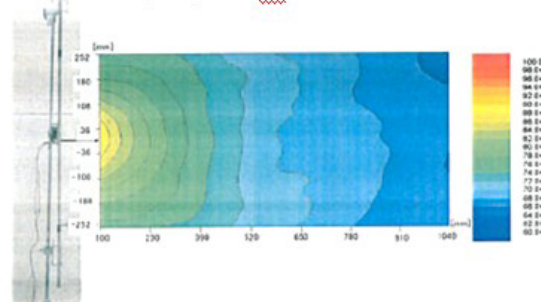


インテンシティープロブ測定法による
ピエゾスピーカーの音圧分布

周波数 200Hz~8KHz (0vref All)



周波数 1KHz



インテンシティープロブ測定法による
ダイナミックスピーカーの音圧分布

ピエゾスピーカーはダイナミックスピーカーに比べ 200Hz ~ 8KHz での指向性はやや狭いが周波数 1KHz での音圧分布では距離減衰でのハラツキが少ないように見えます。

ピエゾスピーカーのドライブ方式はダイナミックスピーカーと違い、通常パワーアンプの出力電圧では電圧が低く音圧を上げるために、トランスで昇圧してドライブします。

インピーダンスは、コンデンサと同じで周波数に依存し昇圧トランスを含めたインピーダンスは $Z=1/2\pi fCN^2$ で計算できます。

f : 周波数

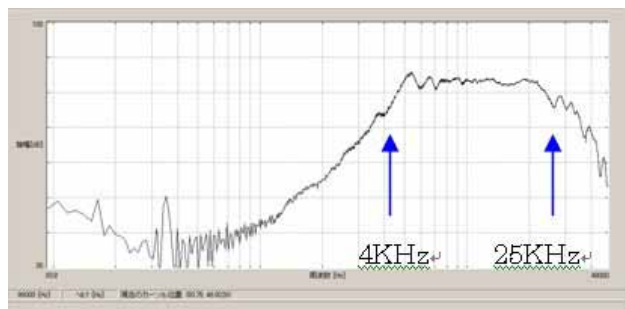
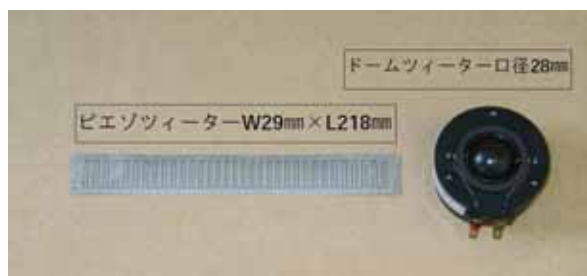
C : スピーカー静電容量

N : トランス昇圧比

ピエゾスピーカーの再生帯域はタックの高さと深さ、電極を含めたフィルムの弾性率等に依存し、再生帯域等の設計は比較的容易に行えます。

下記にツイーターのダイヤフラムを記載いたします。一般的な口径 28 mm のツイーターに比べ 6 倍以上の面積があり空気をドライブする放射面積も 2 倍以上あります。

周波数特性はマグネット式のハイルドライバーと同様に再生帯域内の音圧のパラツキが少ないことが伺われます。このことは過渡特性が良いことを表す材料の一つと考えられます。



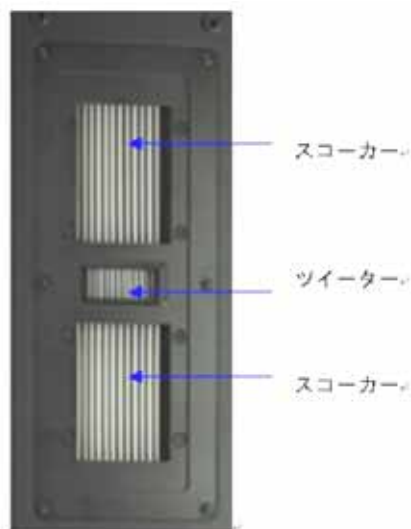
4. ハイブリット型圧電フィルムスピーカー

2002 年以降ピエゾスピーカーの開発を中断し、センサーの応用開発に労力をシフトしてまいりました。

この間のセンサー開発で蓄積された製造方法・材料等のノウハウをピエゾスピーカーに生かすべく、2009 年音展出展のためハイブリット型圧電フィルムスピーカーを開発しました。

今回展示しましたスピーカーはダイナミックスピーカーをウーハーに用いたハイブリットでの仕様になっています。

システムは、ウーハーに、ScanSpeak 社の 15 インチミッドウーハーを採用し、中高域にピエゾツイーターを 2 個のピエゾスピーカーで挟んだ同軸型ユニットで構成されております。クロスオーバーは 600Hz, 4KHz で再生帯域は 30Hz ~ 25KHz で能率 85.5dB の仕様になっています。



同軸型ピエゾスピーカーユニット

ピエゾスピーカーはトランスで昇圧しているため、振動板には数十ボルト ~ 数百ボルトの信号電圧が加わります。

今回製作したスピーカーの電極には Ag 薄膜電極を用い、Ag の変色防止、湿気での電極間の放電対策とし、電極表面に薄膜の防湿コートを施し耐環境性を考慮しました。

エンクロージャーは高密度 MDF の 24 mm 厚を使

用し、ウーハー部はバスレフ構造になっております。エンクロージャー内部に2段補強板を付け、フロントバッフルウーハー取り付け部位にはさらに24mm厚の補強板を配しました。

外層は、ブラックのエナメル塗層とし側面パネルにはアメリカンチェリーの天然突き板張りで仕上げました。また、底部には転倒防止用の台座パネルも付属しました。



ハイブリット型圧電フィルムスピーカー
HPS-01

5. 最後に

今回製作致しましたハイブリット型圧電フィルムスピーカーは、高域で高能率の出せるpiezoスピーカーと低域で高能率なダイナミックスピーカーを組み合わせることでpiezoスピーカーのみでは出来なかった広帯域での高能率化を目指し開発いたしました。

piezoフィルムはセンサーやアクチュエーター等今後も多方面での用途開発が期待されており、スピーカーとしても今回のハイルドライバー構造だけでなく大面積化や薄膜軽量などのpiezoフィルムの特徴を生かした特徴あるスピーカーの用途展開が期待されます。

筆者プロフィール

須藤 隆一 (すどう りゅういち)



1988年エルメック電子工業㈱入社。開発グループリーダー。焦電素子、超音波プローブ、トランスデューサー、音響ピックアップ、圧力センサー、スピーカー等高分子圧電フィルムの応用開発、委託開発に従事。