

積層型セラミックスピーカ

(1999年～現在)

Key-words : 圧電, スピーカ, 積層

注1 巻き線に電流を流しフレミングの法則を利用してダイアフラムを振動させるタイプのスピーカ。

近年、携帯電話をはじめ各種モバイル機器の小型・軽量化には著しい進歩の跡が見られる。特に高速通信をベースにしたコンテンツビジネスは高音質音楽・高画質の画像配信へと広がり、地上デジタル波の普及はワンセグをキーワードに携帯電話の新たな市場を拓くことは容易に推測できる。また100gを切る携帯電話も普及しており、このようなモバイル機器の多機能化・高度化・小型化は電子デバイスの進化により達成されたと言っても過言ではない。

セラミック発音体の歴史は古く、1960年代の後半から1970年代後半にかけて多くの技術者により、様々な改善や高度化が進められた。当時は家庭用電話のベルとして高音圧を要求された。セラミック発音体の音圧は同じ大きさのダイアフラムであれば屈曲振動の変位量に依存する。そこで、過去の技術者達は如何にしてその変位量を確保するかの研究に着手した。例えば、ダイアフラムのヤング率の最適化、支持方法の最適化、ダイアフラムとPZTの幾何学寸法比の最適化、さらには空気抵抗の排除・有効活用など、様々な創意工夫が行われたが、いずれも本質的な改善には至らなかった。そして今日、成熟した廉価型発音体として市場での認識を得ている。

その一方で1980年頃から電磁式小型スピーカの普及が始まった。特に希土類磁石Nd-Fe-B系磁石の発明は電磁式スピーカ^{注1)}の特性のみならず市場までを大きく変えることになった。現在では、ほとんどの携帯電話用のスピーカとして電磁式スピーカは普及している。

積層型セラミックスピーカ(図1)はこれらモバイル機器のヒューマンインターフェイスを担う次世代型スピーカとして、セラミックの積層技術をベースに開発された超薄型のスピーカである。薄さ、軽さのみならず従来のセラミックスピーカにはなかった高音圧、高音質、低消費電力などの特徴を持ち合わせ、2000年以降携帯電話、デジタルスチルカメラなどへの採用が進んでいる。

1. 積層型セラミックスピーカの動作原理と特徴

図2に圧電セラミックス(以下PZT)の基本的な動作原理を示した。薄板状に焼成されたPZTの上下面に銀などの電極を形成し、電極間に電圧を印加すると、

PZTは長手、厚み方向にそれぞれ伸縮する。この変位の大きさはそれぞれ、 Δt 、 Δl で示され、電圧 V と圧電定数 d_{33} 、 d_{31} に依存する。変位量のおよその目安は、 $100\mu\text{m}$ の板厚に150Vの電圧を加えて、厚み方

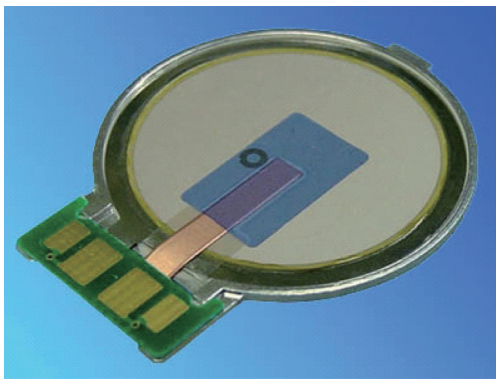


図1 積層型セラミックスピーカ

圧電セラミックスピーカは、電磁式スピーカに比べて低消費電力、薄型、非磁性性などのメリットを持つが、音圧・音質面で大きなデメリットを持っていた。今回は、メリットを維持したまま音圧の改善を図り、超薄型のセラミックスピーカを開発することに成功した。

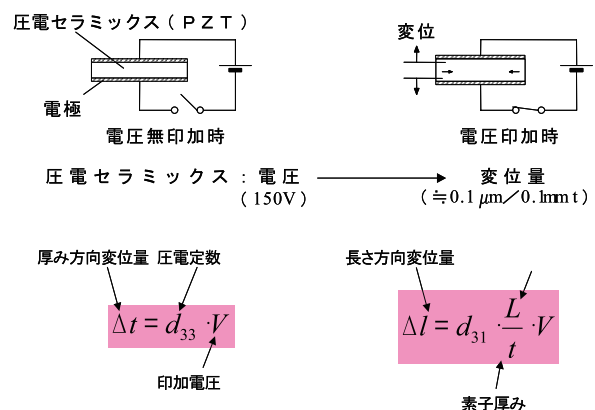


図2 圧電セラミックスの基本動作

圧電セラミックは電気-機械変換素子であり、電界の方向により歪みの量が定義される。

向に $0.1 \mu\text{m}$ 程度の変位を生じる。このように PZT は微小な変位を発生する電気-機械変換材料であり、現在の主な用途として半導体ステッパの微小位置決め機構や、小型モータなどとして応用されている。この素子を音響デバイスとして応用する場合、変位量が小さいため十分な音圧を得るための空気振動を発生することは難しい。そこで、**図3**のような変位拡大機構が過去に提案され、今日の圧電発音体^{注2)}の基本構造になっている。

磁石の世界で材料発明に偉大な進歩の足跡が残されている頃、セラミックの世界にも新たな技術の進歩が残されていた。それが大容量型積層セラミックコンデンサに支えられた「セラミック積層技術」である。今回説明する積層型セラミックスピーカはこのコアテクノロジーを従来のセラミック発音体に付加することで、今まで全く考えられなかったセラミックスピーカの音圧・音質特性を実現することに成功した。式(1.1)に積層型セラミックスピーカの振動エネルギーを示した。振動エネルギーが大きいほど得られる音圧も増大する。

$$\text{energy} \approx \frac{1}{2} \frac{d_{31}^2 \cdot V^2 \cdot D^2}{S_{31}} \left(\frac{n}{t} \right) \dots \dots (1.1)$$

(一般的部分) (新技術部分)

d_{31} : 長手方向圧電歪み定数 S_{31} : 長手方向圧電弾性定数 V : 印加電圧
 D : 圧電セラミックの直径 t : セラミックシートの厚み n : セラミックシートの積層枚数

積層型セラミックスピーカの振動エネルギーは、印加電圧や PZT の直径に依存する。しかし携帯電話や PDA のように電池電源の機器に大きな印加電圧は期待できない。また大きなセラミックスを用いることは小型化に対して得策とは言えない。したがって、(1.1) 式の一般的な部分の設計式だけではモバイル機器への適用は難しく、この結果がモバイル機器へのセラミックスピーカ搭載を妨げて来た。筆者らはこの振動エネルギーの式に、新しい技術として積層構造を付加した(式中、新技術部分)。式中、振動エネルギーはセラミックス厚みと積層枚数に依存す

る。すなわち、薄いセラミックシートを多層化することで振動エネルギーは増大する。ただし、これらはセラミックの径方向についてのみ解析を行ったものであり、実際にはこれらの径振動が屈曲振動に変わる必要があるため、(1.1) 式の積層枚数 n のみを増大化すると、セラミックの厚みが増し、屈曲変位を抑制してしまう。この積層枚数 n とセラミックシートの厚み t に関しては積層コンデンサで蓄積された独自の積層信頼性技術と一般的な有限要素法(**図4**参照)による振動体設計により最適化を行った。

これら力学的な設計と材料技術・積層技術の融合、さらには振動解析、音響解析技術などを調和させるこ

注2 電界を印加することにより歪みを生じる圧電セラミックスを、一対の金属板に貼付して屈曲振動をさせ音を作る発音体。

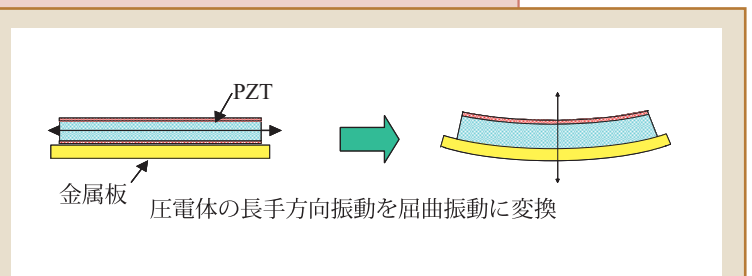


図3 圧電発音体の動作原理

圧電発音体は圧電セラミックの横方向の歪みを利用している。一般的にはユニモルフやバイモルフと呼ばれる構造が代表的である。ユニモルフとは図のように金属板に対して片面のみ PZT (セラミック) を貼付した構造を示し、バイモルフとは金属板の表裏に PZT を貼付した構造を言う。

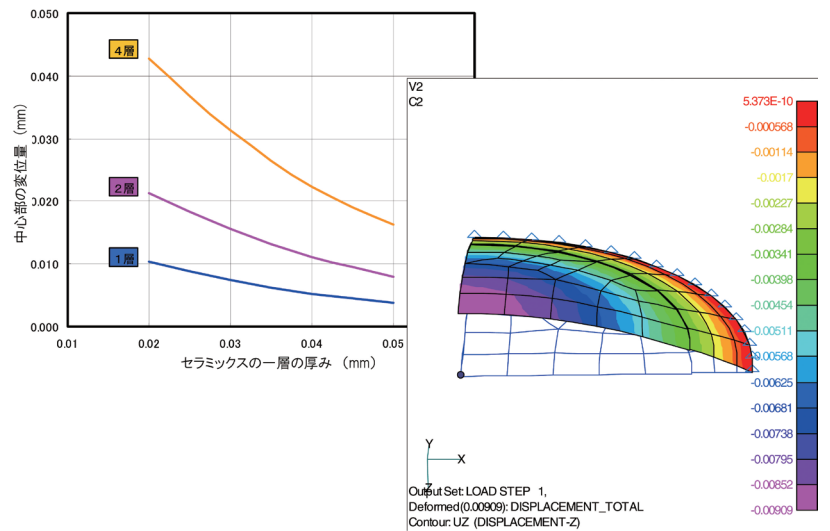


図4 有限要素法による変位量の解析例

発音体の音圧は屈曲振動の変位量に依存する。そのため、有限要素法は非常に有効な手段である。図中では静解析のみを行っているが、他にも変位量の周波数依存性や高次振動モード解析などの解析を行い、発音体の特性設計を行った。

注3 バックキャパシティとは音響デバイスの背面容積を示し、理想条件では容積が無限大とされているため、一般的に容積が大きい方が音響デバイスの特性を活かすことが出来る。

とで、次世代セラミックスピーカ積層型セラミックスピーカが生まれた。

図5に開発した積層型セラミックスピーカの素子断面図を示した。約18 μ mの焼成体を3層構造にし、電極にはAg/Pdを用いた。また電気接続方法は積層インダクタで一般的に用いられているピアホール方式を用いた。

積層型セラミックスピーカの大きな特徴を下記にまとめたと。

1) 0.7mmの超薄型構造を実現。

2) 0.4g以下の超軽量化を実現。

3) 電磁式と比較して1/5~2/3の低消費電力を実現。

4) 広帯域にわたり高音圧、高音質を実現。

5) 磁気を発生しないため、キャッシュカードなど各種磁気カードへの影響を除去。

6) バックキャパシティ^{注3)}の影響を受けにくい音響特性を実現。

[連絡先] 松井 幸弘(まつい ゆきひろ)
〒370-3345 群馬県高崎市上里見町1660
太陽誘電株式会社 榛名工場
開発研究所 材料開発部

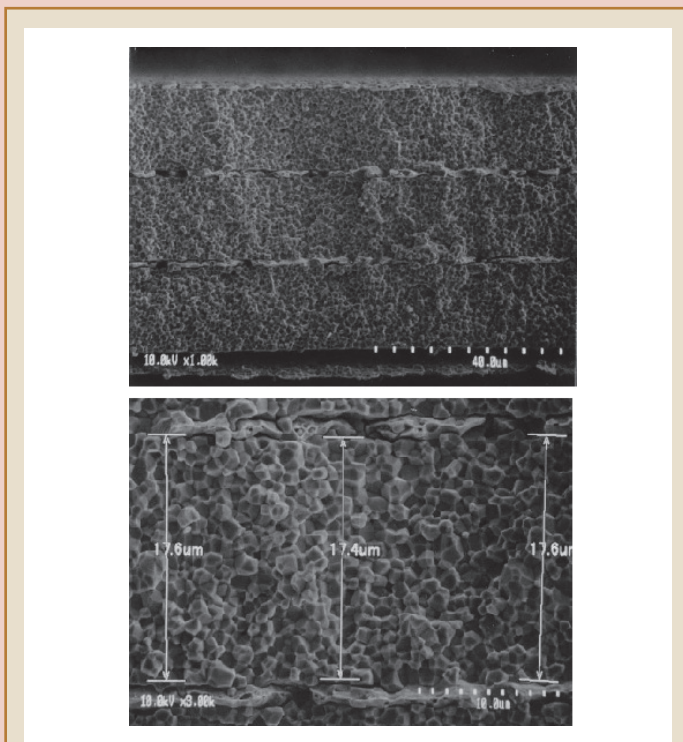


図5 積層素子の断面図

本セラミックは内部電極と素地の同時焼成構造を採用した。これにより薄層シートの積層が可能になった。