

圧電セラミックス（ピエゾタイト®） 応用センサ

Piezoelectric Ceramic Sensors (PIEZOTITE®)



Innovator in Electronics

muRata

村田製作所

はじめに

近年のめざましい電子技術の発達にともなって、さまざまなエレクトロニクス製品が私達の身のまわりにあふれるようになりました。これまでエレクトロニクスはテレビ、ラジオや通信などの分野でよく知られてきましたが半導体技術とコンピュータ技術の進歩、さらにはマイクロプロセッサの普及によりその応用分野が急速に拡がりました。特に各種センサを五感とし、マイクロコンピュータを知能とした、エレクトロニクスと機械との結合であるメカトロニクスの動向は今後も注目されるところです。これらの製品に使用される部品の中でも、電気機械エネルギー変換というユニークな機能をもち、重要な役割を果たしているのが圧電セラミックスを応用した各種の電子部品です。

本カタログでは、圧電セラミックスの基礎、ムラタの圧電セラミック材料、振動子の種類、およびその応用製品について説明します。

尚、ご使用に際しましては製品に実装された状態で必ず評価・確認をしてください。また、記載内容以外の使い方をされる場合は、予め当社までご連絡ください。

目次

ピエゾタイト®、PIEZOTITE®、セラフィル®、CERAFIL®、セラロック®、CERALOCK®は村田製作所の登録商標です。

1	圧電セラミックスの概要	2
2	圧電セラミックスの特性	3
	1. 共振周波数frと振動モード	3
	2. 圧電材料定数の記号について	6
	1 周波数定数 N	6
	2 圧電定数 d, g	6
	3 電気機械結合係数 k	6
	4 機械的品質係数 Qm	6
	5 ヤング率 Y ^E	7
	6 ポアソン比 ν^E	7
	7 密度	7
	8 比誘電率 $\frac{T}{O}$	7
	9 キュリー温度 T _c	7
	10 抗電界 E _c	7
3	ムラタの圧電セラミック材料ピエゾタイト®	8
	1. 標準材料の特性表	8
	2. 各材料の特長	9
	3. 各材料の温度特性と経年変化	9
4	ムラタの圧電セラミック振動子(ピエゾタイト®)	10
	1. 形状の種類 / 品番の表し方	10
	2. 代表品番と仕様	10
	3. 使用上の注意	10
5	圧電セラミックス(ピエゾタイト®)の応用製品	11
	水中用モールド型振動子	12
	超音波センサ	13
	衝撃センサ	22
	ノッキングセンサ	24
	電位センサ	25

1	圧電セラミックスの概要
2	圧電セラミックスの特性
3	ムラタの圧電セラミック材料
4	ムラタの圧電セラミック振動子
5	圧電セラミックスの応用製品

1 圧電セラミックスの概要

1. 圧電セラミックスとは

圧電体とはその結晶に力あるいは歪を加えることにより電荷を発生する圧電効果と、逆に電界を加えると力や歪が発生する逆圧電効果を持つ物質を言います。圧電体としては古くからロッシェル塩や水晶などの単結晶が知られていましたが、前者は結晶の安定性に問題があり、後者は特性の自由度に限界があるため、今一つ応用展開が進みませんでした。その後圧電セラミックスであるチタン酸バリウム (BaTiO_3) が発見され、超音波振動子(魚群探知機)などへの応用が始まり、さらに電気機械変換効率と、温度特性などの安定性が格段に優れた性能をもつチタン酸ジルコン酸鉛 ($\text{PbTiO}_3 \cdot \text{PbZrO}_3$) の出現により圧電セラミックスの応用分野は一挙に拡大することになりました。このチタン酸バリウムやチタン酸ジルコン酸鉛などの圧電セラミックスは他の圧電材料に比べると右のような多くの特長をもっています。

特長

- 電気機械変換効率が高い。
- 各種形状を比較的自由に作ることができる。
- 材料の組成により広範囲の特性のものを作り分けることができる。(特性の自由度が大きい)
- 安定度が高い。
- 量産性に優れ経済性が高い。

ムラタではこの圧電セラミックスをいち早く手がけ幅広い分野に应用製品を開発・供給しています。

2. 圧電セラミックスの性質

次に圧電セラミックスの性質についてもう少し詳しく説明します。圧電セラミックスは高温で焼き固めた多結晶の強誘電体で図1(a)のような結晶構造になっており、このままでは圧電性を示しません。これは結晶内あるいは結晶毎に内部の電気双極子が任意の方向を向いているので全体としての双極子モーメントが0になるためです。そこで圧電性をもたせるために分極処理を行います。分極処理とは圧電セラミックスに数kV/mmの直流強電界を加えて、内部の電気双極子を一方向に揃える(図1(b))処理を言います。強誘電体の性質により電界を取り去った後も双極子モーメントが残るので、大きな圧電性を示すようになります。(図1(c))

一方、圧電セラミックス(圧電振動子)は、交流の電気信号を印加する場合その周波数が、形状によって決まる弾性固有振動数に一致した時、非常に強く振動するという共振現象を生じます。共振を利用すると電気機械エネルギー変換効率が非常に良くなるため実際の応用には共振がよく利用

されます。また一定の形状の圧電セラミックスではその振動モードにより複数の共振周波数が現われます。この場合応用される目的に最も適した振動モードが選択されます。

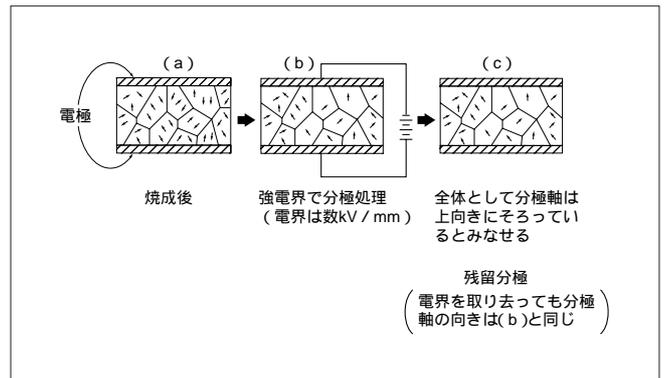


図1 圧電セラミックスの分極処理

3. 圧電セラミックスの応用

以上のような圧電セラミックスの性質を応用した製品として右のようなものがあります。

ムラタはこのような圧電セラミックスの幅広い応用分野全般にわたって日夜、研究開発に取り組んでいます。今後は新しい圧電材料の開発と相まって、さらに圧電セラミックスの応用展開が進んでいくものと期待されます。

本カタログは、その中でも今後さまざまな分野に多様な展開が期待される 動力的応用および センサ的応用に特に重点をおいて説明します。

応用例

- 動力的応用(電気 機械変換)
圧電アクチュエータ、圧電ファン、洗浄器など。
- センサ的応用(機械 電気変換)
空中超音波センサ、ノッキングセンサ、衝撃センサ、加速度センサなど。
- 回路機能部品の応用(共振現象)
セラミックフィルタ、セラミック発振子、表面波フィルタなど。

2 圧電セラミックスの特性

圧電セラミック材料を応用する上で、その性質をよく理解して使い分けることが重要です。ここでは圧電セラミック材料

の性質を評価するための主な特性項目について説明します。

1. 共振周波数 f_r と振動モード (Resonant Frequency and Vibration Mode)

一定の形状の圧電セラミックス(圧電振動子)に交流電圧を加え、その周波数を変化させていくと、圧電セラミックスが非常に強く振動する周波数があります。これは、圧電セラミックスの形状によって決まる弾性固有振動(共振)により決定されるものです。これを共振周波数 f_r と呼びます。圧電セラミックスは、その形状と分極の方向および電界の方向によって決まるさまざまな振動モード(共振モード)をもち、それぞれの振動モードは固有の共振周波数および圧

電特性をもちます。図2に、圧電セラミックスの代表的な振動モードと形状および各振動モードについての共振周波数と材料定数記号を示します。

図2において、各圧電材料定数の記号は、次の意味を表わします。(各々の意味はP6~P7をご参照ください)

- N : 周波数定数 k : 電気機械結合係数
- d : 圧電歪定数 Y^E : ヤング率
- g : 電圧出力定数 τ : 誘電率

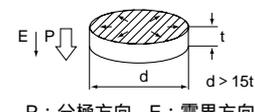
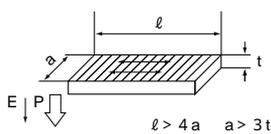
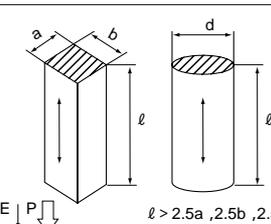
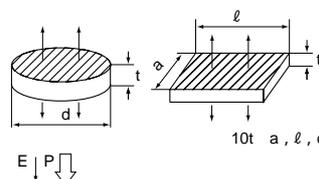
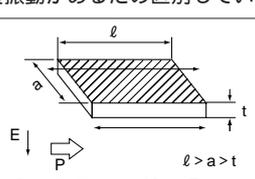
振動モード	形状・振動モード	共振周波数 (f_r)	材料定数記号					
			k	d	g	Y^E	τ	N
径方向振動 (Radial)	 <p>P : 分極方向 E : 電界方向</p> <p>薄い円板の径方向振動で、分極は厚み方向。</p>	$\frac{N_p}{d}$	k_p	d_{31}	g_{31}	Y_{11}^E	$_{33}\tau$	N_p
長さ方向伸び振動 (Length)	 <p>薄い角板で振動方向が分極方向に対して直角であり、しかも単一振動。</p>	$\frac{N_{31}}{l}$	k_{31}	d_{31}	g_{31}	Y_{11}^E	$_{33}\tau$	N_{31}
縦方向振動 (Longitudinal)	 <p>丸棒・角柱で振動方向が分極方向と同一で、単一振動をしているもの。</p>	$\frac{N_{33}}{l}$	k_{33}	d_{33}	g_{33}	Y_{33}^E	$_{33}\tau$	N_{33}
厚み方向振動 (Thickness)	 <p>円板・角板で面の大きさに比較して厚さが薄いもので、効果としては縦振動と同じだが、一般に複振動があるため区別しているもの。</p>	$\frac{N_t}{t}$	k_t	d_{33}	g_{33}	Y_{33}^E	$_{33}\tau$	N_t
厚みすべり振動 (Shear)	 <p>円板・角板で電界方向が分極方向と直角のため、面に沿ったすべり振動をする。</p>	$\frac{N_{15}}{t}$	k_{15}	d_{15}	g_{15}	Y_{44}^E	$_{11}\tau$	N_{15}

図2 圧電セラミックスの代表的振動モードと共振周波数および材料定数記号

2 圧電セラミックスの特性

圧電体に応力 T を加えたとき、分極 P が生じ、 $P = dT$ (d : 圧電歪定数) で表わされます。これを正圧電効果と呼びます。逆に圧電体の電極間に電界 E を加えると圧電体に歪 S が生じ、 $S = dE$ で表わされます。これを逆圧電効果と呼びます。一方、弾性体においては、応力 T と歪 S の関係は $S = s^E T$ で表わされます。 s^E は弾性定数(コンプライアンス)。また誘電体では電気変位 D と電界強度 E の関係は $D = \epsilon E$ で表わされます。圧電セラミックスでは、これらの関係は次式で表わされ、2つの式が圧電歪定数を介して結合しています。

$$\left. \begin{aligned} S_i &= s_{ij}^E T_j + d_{mi} E_m \\ D_n &= d_{nj} T_j + \epsilon_{nm} E_m \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

$(m, n = 1, 2, 3; i, j = 1, 2, \dots, 6)$

この式を圧電基本式(d形式)と呼び、電界 E 、電気変位 D はベクトル量で、応力 T 、歪 S は対称テンソル量で表わされます。式(1)は、結晶の対称性を考慮した場合、ある定数は0になり、またある定数と等しくなったりして簡単になります。圧電セラミックスの場合、分極軸を $z(3)$ 軸にとり、それと垂直な内面で直交する任意の2軸を $x(1)$ 、 $y(2)$ とすると、6mm晶族の結晶と同様になり、0でない独立の係数は、次の10個だけとなります。

$$s_{11}^E, s_{12}^E, s_{13}^E, s_{33}^E, s_{44}^E, d_{31}, d_{33}, d_{15}, \epsilon_{11}^T, \epsilon_{33}^T,$$

たとえば、矩形板状振動子の長さ方向の伸び振動の圧電基本式は、次式で表わされます。

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= s_{11}^E T_1 + d_{31} E_3 \\ D_3 &= d_{31} T_1 + \epsilon_{33}^T E_3 \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

圧電セラミック振動子は、その振動モードの圧電基本式を解くことにより、等価回路で表わすことができ、これをメイソンの等価回路と呼びます。より一般的には、図3に示す等価回路で表わすことができます。

図3の等価回路における直列共振周波数 f_s 、並列共振周波数 f_p は次式で表わされます。

$$\left. \begin{aligned} f_s &= \frac{1}{2 \sqrt{L_1 C_1}} \\ f_p &= \frac{1}{2 \sqrt{L_1 \cdot \frac{C_1 C_0}{C_1 + C_0}}} \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

この f_s 、 f_p は、電気機械結合係数 k を求める上で重要な定数です。

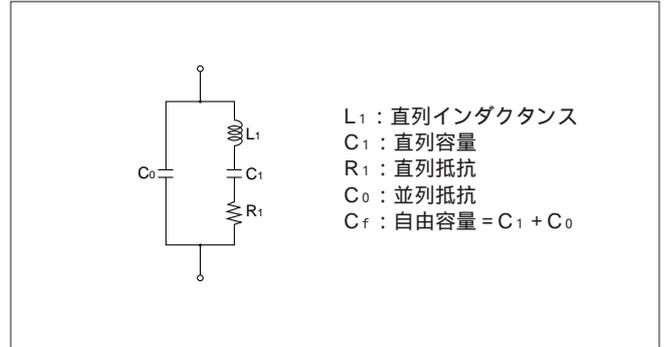


図3 圧電セラミック振動子の等価回路

- L₁ : 直列インダクタンス
- C₁ : 直列容量
- R₁ : 直列抵抗
- C₀ : 並列抵抗
- C_f : 自由容量 = C₁ + C₀

圧電セラミックスの特性 2

定電圧回路による測定法

図4に測定法を示します。

発振器Oscと入力側の抵抗 R_1 および R_2 により、一定の電圧を圧電セラミック振動子に印加し、出力側の抵抗 R_2 にて振動子に流れる電流を測定します。

振動子のインピーダンスが R_2 に比べて非常に大きい場合、電圧計Vの値が最大になる時の周波数が共振周波数 f_r 、最小になる時の周波数が反共振周波数 f_a となります。可変抵抗器 R_v は、機械的品質係数 Q_m を算出するために必要な共振抵抗 R_1 を求めるのに使用します。

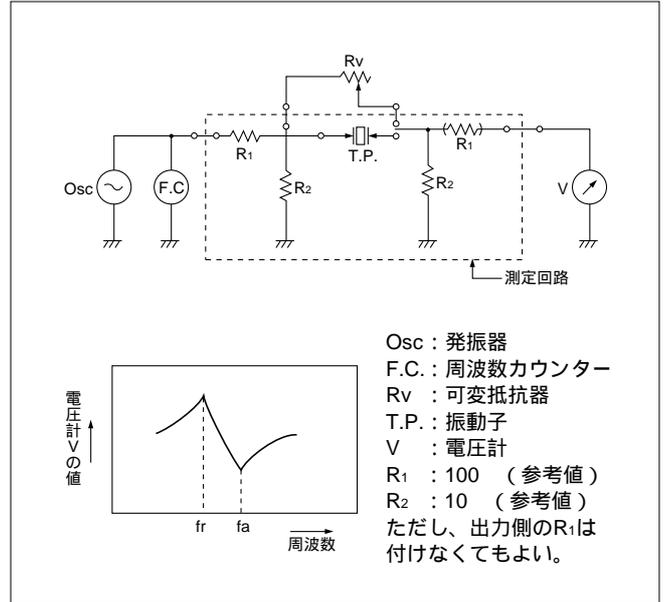


図4 定電圧回路による共振周波数 f_r の測定法

定電流回路による測定法

図5に測定法を示します。抵抗 R_3 は圧電セラミック振動子に流れる電流を一定にするためのものです。圧電セラミック振動子のインピーダンスに比べ R_3 が非常に大きい場合、電圧計Vの値は、振動子のインピーダンスに比例します。この電圧計Vの値が最小となる時の周波数が共振周波数 f_r 、最大となる時の周波数が反共振周波数 f_a となります。

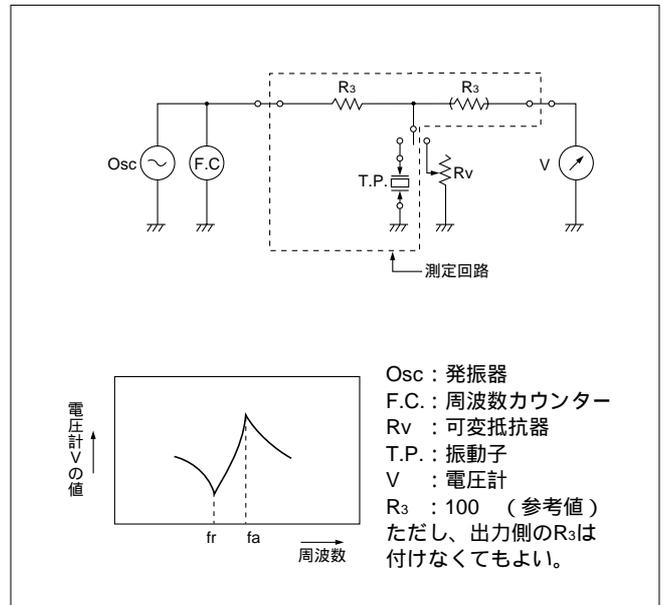


図5 定電流回路による共振周波数 f_r の測定法

2 圧電セラミックスの特性

2. 圧電材料定数の記号について

1 周波数定数N (Frequency Constant)

圧電セラミックスを伝搬する振動の波の音速は、各振動モードごとに、(他の振動モードの共振が近傍にない場合)一定の値をもちます。一定の形状の圧電セラミックスは、共振時は、振動の波長と伝搬方向の長さ l の間に、式(4)の関係があります。したがって音速一定より、次の式(5)(6)が成立します。

$$\frac{v}{2} = l \dots\dots\dots(4)$$

$$= fr \cdot \dots\dots\dots(5)$$

$$fr \cdot l = \frac{v}{2} = N(\text{Hz} \cdot \text{m}) \dots\dots(6)$$

Nを周波数定数と呼びます。周波数定数は振動モードによって異なります。共振周波数は、図2に示されるように $fr = N/l$ からも求められます。

2 圧電定数d, g (Piezoelectric Constant)

圧電歪定数d (Piezoelectric Strain Coefficient)
 応力ゼロの状態での電界を与えた時に生じる歪を言い、式(7)より求められます。

$$d = k \sqrt{\frac{\tau}{Y^E}} \text{ (m/V)} \dots\dots\dots(7)$$

ここで、 τ ：誘電率、 Y^E ：ヤング率(N/m²)、 k ：電気機械結合係数すなわち

$$d_{31} = k_{31} \sqrt{\frac{\tau}{Y_{33}^E}}, d_{33} = k_{33} \sqrt{\frac{\tau}{Y_{33}^E}}, d_{15} = k_{15} \sqrt{\frac{\tau}{Y_{44}^E}} \dots\dots\dots(8)$$

電圧出力定数g (Voltage Output Coefficient)
 電気変位ゼロの状態での応力を与えた時に生じる電界の強さを言い、式(9)より求められます。

$$g = \frac{d}{\tau} \text{ (V} \cdot \text{m/N)} \dots\dots\dots(9)$$

$$\text{すなわち、} g_{31} = \frac{d_{31}}{\tau}, g_{33} = \frac{d_{33}}{\tau}, g_{15} = \frac{d_{15}}{\tau} \dots\dots(10)$$

d定数、g定数は、振動モードにより異なり、図2に示される記号で与えられます。d定数、g定数を用い、電圧を与えた時の変位置、あるいは力を加えた時の発生電圧を求めることができます。たとえば、図2の長さ方向振動の場合、電極間に電圧Vを与えた時に発生する変位置 l は、

$$\frac{l}{l} = d_{31} \cdot \frac{V}{t} \dots\dots\dots(11)$$

により求められます。
 また、逆に力Fを振動方向に加えた時に電極間に発生する電圧Vは、

$$V = g_{31} \cdot \frac{1}{a} F \dots\dots\dots(12)$$

により求められます。

3 電気機械結合係数k

(Electro Mechanical Coupling Coefficient)

電気機械結合係数は、圧電体の圧電活性の能力を表わす定数であり、圧電体の電極間に加えた電気エネルギーを機械エネルギーに変換する効率を表わし、電氣的総入力に対する機械的な形で結晶中に蓄積されたエネルギーの比の平方根で定義されます。

$$\text{電気機械結合係数} = \sqrt{\frac{\text{蓄積された機械エネルギー}}{\text{供給された電気エネルギー}}}$$

電気機械結合係数は図2に示されるように、振動モードによって異なり、共振周波数 fr 、反共振周波数 fa 、およびその差 $f = fa - fr$ により、次式より求められます。

円板状振動子の径方向振動

$$\frac{kp^2}{1 - kp^2} = \frac{(1 - \epsilon) J_0 \left(\frac{f}{fr} \right) - (1 + f/fr) J_1 \left(\frac{f}{fr} \right)}{(1 + \epsilon) J_0 \left(\frac{f}{fr} \right) - (1 + f/fr) J_1 \left(\frac{f}{fr} \right)} \dots\dots\dots(13)$$

J_0, J_1 ：ゼロ次、1次の第1種ベッセル関数

ϵ ：ポアソン比

$1 : (1 - \epsilon) J_1(\) = J_0(\)$ の最低次正根

kp が比較的小さい時の近似式

$$kp^2 \approx 2.529 \cdot \frac{f}{fr} \dots\dots\dots(14)$$

矩形板振動子の長さ方向伸び振動

$$\frac{k_{31}^2}{1 - k_{31}^2} = - \frac{fa}{2} \cdot \frac{fr}{fr} \cot \left(\frac{fa}{2} \cdot \frac{fr}{fr} \right) \dots\dots\dots(15)$$

円柱状振動子の縦方向振動

$$k_{33}^2 = \frac{fr}{2} \cdot \frac{fr}{fa} \cot \left(\frac{fr}{2} \cdot \frac{fr}{fa} \right) \dots\dots\dots(16)$$

円板状振動子の厚み方向振動

$$k_t^2 = \frac{fr}{2} \cdot \frac{fr}{fa} \cot \left(\frac{fr}{2} \cdot \frac{fr}{fa} \right) \dots\dots\dots(17)$$

矩形板状振動子の厚みすべり振動

$$k_{15}^2 = \frac{fr}{2} \cdot \frac{fr}{fa} \cot \left(\frac{fr}{2} \cdot \frac{fr}{fa} \right) \dots\dots\dots(18)$$

4 機械的品質係数Qm (Mechanical Qm)

機械的Qmとは、共振周波数付近における機械的な振動の“鋭さ”を表わす定数です。次の式(19)によって求められます。

$$Qm = \frac{1}{2 fr R_1 C_f} = \frac{1}{2 fr R_1 C_f \left\{ 1 - \left(\frac{fr}{fa} \right)^2 \right\}} \dots\dots\dots(19)$$

ここで R_1 は共振抵抗、 C_f は電極間の自由容量。
 Qm の逆数は弾性損失率 $\tan \delta$ となります。

圧電セラミックスの特性 2

5 ヤング率 Y^E (Young's Modulus)

弾性体においては、比例弾性範囲内では、応力 T を加えた時に生じる歪を S とすると、次の式が成り立ちます。

$$S = s^E T$$

s^E は弾性定数(コンプライアンス)であり、ヤング率は、その逆数です。

たとえば、図3の長さ方向の伸び振動の場合、

$$Y_{11}^E = (2\ell fr)^2 \cdot \rho = \rho \cdot (N/m^2) \dots (20)$$

となり Y_{11}^E が求められます。ここで ρ は密度(kg/m^2)、 f は音速(m/s)です。

6 ポアソン比 ν^E (Poisson's Ratio)

弾性体の比例弾性範囲内で一方向に一樣な応力を加えた時、ポアソン比 ν^E は、次のように定義されます。

$$\nu^E = - \frac{\text{加えた応力と直角方向の歪率}}{\text{加えた応力方向の歪率}}$$

7 密度 (Density)

密度は圧電セラミックスの体積と質量より次の式から求められます。

$$\rho = \frac{m}{V} (kg/m^3) \dots (21)$$

ここで m は質量(kg)、 V は体積(m^3)です。

8 比誘電率 ϵ_0^T (Relative Dielectric Constant)

誘電率とは、応力ゼロの状態では単位電界を与えた時に生ずる電気変位であり、電界強度を E 、電気変位を D 、誘電率を ϵ_0^T とすると、

$$D = \epsilon_0^T \cdot E$$

誘電率 ϵ_0^T を真空の誘電率 $\epsilon_0 (= 8.854 \times 10^{-12} F/m)$ で割った値を比誘電率と呼びます。

図2の長さ方向の伸び振動モードにおいて、電極間の周波数1kHzにおける自由容量を C_f とすると、分極方向と電界を加える方向が同じ時の比誘電率は、

$$\frac{\epsilon_{33}^T}{\epsilon_0} = \frac{C_f \cdot t}{\ell \cdot a \cdot \epsilon_0} \dots (22)$$

また、同じく図2の厚みすべり振動モードにおいて、電極間の周波数1kHzにおける自由容量を C_f とすると、分極方向と電界を加える方向が直角の時に比誘電率は、

$$\frac{\epsilon_{11}^T}{\epsilon_0} = \frac{C_f \cdot t}{\ell \cdot a \cdot \epsilon_0} \dots (23)$$

より求められます。

9 キュリー温度 T_c (Curie Temperature)

キュリー温度とは、温度を上昇させていった場合、圧電セラミックスが自発分極を消失して圧電性を失う臨界温度のことを言います。温度を上昇させていき、誘電率の値が最大になった時、その温度をキュリー温度と呼びます。

10 抗電界 E_c (Coercive Field)

強誘電体(Ferroelectric Material)は、図1に示される通りその結晶が強磁性体のように分域構造をなしており、1つの分域内の双極子モーメント(Dipole Moment)が同一方向を向いていて自発分極を生じているような材料をいいます。

これに外から電界 E を加えると図6に示されるように、全体としての分極 P の変化はヒステリシス曲線(Hysteresis Loop)を描きます。すなわち一度電界を印加したものは電界を取り去っても元の分域構造には戻らず残留分極(Remanent Polarization) P_r が残り、この残留分極を打ち消すためには、さらに逆方向にある程度の電界を加えることが必要です。これに必要な電界強度 E_c を抗電界と呼びます。

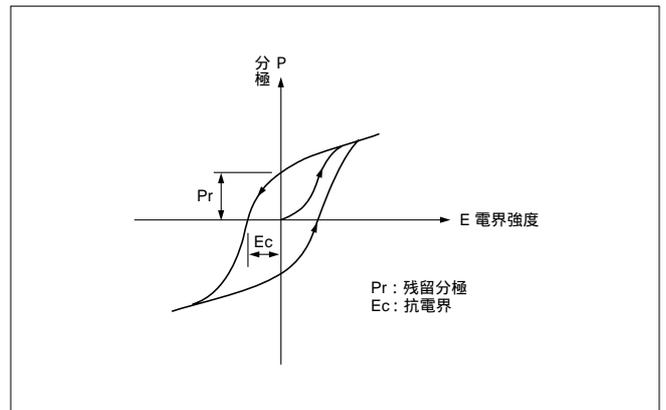


図6 強誘電体のヒステリシス曲線

3 ムラタの圧電セラミック材料ピエゾタイト®

1. 標準材料の特性表

表1にムラタの標準的な各種圧電セラミック材料の特性を示します。

項目	記号 (単位)	P-3	P-5C	P-5E	P-6C	P-6E	P-6F	P-7	P-7B
比誘電率	$\epsilon_{11}^T / \epsilon_0$		1230	1490	760	1260	1670	1930	3200
	$\epsilon_{33}^T / \epsilon_0$	1070	1550	1510	800	1380	1780	2100	4720
損失係数	tan δ (%)	0.5	0.3	0.4	1.0	1.4	1.2	1.4	2.2
電気機械結合係数	k_p 〔径〕 (%)	22	56	56	39	46	57	65	65
	k_{31} 〔長さ〕 (%)	15	32	32	21	26	32	38	36
	k_{33} 〔縦〕 (%)	44	54	62	50	60	65	71	68
	k_t 〔厚さ〕 (%)	36	42	45	43	44	48	51	47
	k_{15} 〔すべり〕 (%)		50	60	47	53	61	66	57
圧電定数	d_{31} (10^{-12}m/V)	-44	-131	-131	-3	-94	-148	-207	-303
	d_{33} (10^{-12}m/V)	133	225	271	135	235	311	410	603
	d_{15} (10^{-12}m/V)		294	400	196	309	431	550	592
	g_{31} ($10^{-3}\text{V}\cdot\text{m/N}$)	-5	-10	-10	-8	-8	-9	-11	-7
	g_{33} ($10^{-3}\text{V}\cdot\text{m/N}$)	14	16	20	19	19	20	22	14
	g_{15} ($10^{-3}\text{V}\cdot\text{m/N}$)		27	30	29	28	29	32	21
周波数定数	N_p 〔径〕 (Hz·m)	3140	1920	2250	2520	2410	2210	2050	1960
	N_{31} 〔長さ〕 (Hz·m)	2270	1580	1610	1850	1730	1540	1430	1370
	N_{33} 〔縦〕 (Hz·m)	2210	1670	1550	1820	1670	1540	1400	1350
	N_t 〔厚さ〕 (Hz·m)	2590	2180	2060	2130	2110	2060	2000	1970
	N_{15} 〔すべり〕 (Hz·m)		1020	1010	1150	1080	1000	930	930
機械的品質係数	Q_m	720	2070	970	680	410	110	80	70
弾性定数	S_{11}^E ($10^{-12}\text{m}^2/\text{N}$)	8.7	12.6	12.4	9.4	11.1	13.4	15.8	16.7
	S_{12}^E ($10^{-12}\text{m}^2/\text{N}$)	-2.6	-4.7	-4.1	-3.0	-3.6	-4.8	-5.7	-5.9
	S_{13}^E ($10^{-12}\text{m}^2/\text{N}$)	-2.9	-5.3	-5.2	-3.0	-4.3	-5.4	-7.0	-7.5
	S_{33}^E ($10^{-12}\text{m}^2/\text{N}$)	9.6	12.8	14.3	10.3	12.7	14.5	18.1	18.8
	S_{44}^E ($10^{-12}\text{m}^2/\text{N}$)		31.6	34.0	25.6	30.0	34.2	40.6	38.8
	S_{66}^E ($10^{-12}\text{m}^2/\text{N}$)	22.7	34.6	33.0	24.8	29.3	36.5	43.0	45.4
	Y_{11}^E (10^{10}N/m^2)	11.5	8.0	8.1	10.7	9.0	7.5	6.3	6.7
ポアソン比	ν	0.30	0.37	0.33	0.32	0.33	0.36	0.36	0.36
密度	(10^3kg/m^3)	5.6	8.0	7.8	7.7	7.6	7.9	7.8	8.0
温度特性	TK(fr) (ppm/°C)		324	115	10	35	38	59	336
	TK(Cf) (ppm/°C)		1500	3500	2500	3000		4500	13500
キュリー温度	T_c (°C)	120	360	280	320	270	280	300	180
線膨張係数	($10^{-6}/\text{°C}$)	5	2	4	2	3	4	2	2
抗折強度	(10^6N/m^2)	113	101	113	125	116	103	99	85
主な用途		魚探 ソナー	洗浄器 アクチュエータ ハイパワー用		ロックセンサ	センサ		超音波センサ ピックアップ アクチュエータ 音響用	アクチュエータ 音響用

標準試料での材料定数を示しており、一部の定数は形状により若干異なります。
 Q_m 、TK(fr)、TK(Cf) は径振動での測定値です。

表1 ムラタの標準的な各種圧電セラミック材料ピエゾタイト®の特性表

ムラタの圧電セラミック材料ピエゾタイト® 3

2. 各材料の特長

各材料の特長を表2に示します。

ムラタの圧電セラミック材料は、チタン酸バリウム(BaTiO_3)、チタン酸・ジルコン酸鉛($\text{PbTiO}_3 \cdot \text{PbZrO}_3$)の2種類があ

ります。またチタン酸・ジルコン酸鉛には、3つの性質の異なる材料があります。用途・目的に応じてこれらの材料を使い分けます。

種類	材料記号	特長
チタン酸バリウム	P-3	チタン酸バリウムを主成分として常温付近の温度特性を改善した材料です。チタン酸・ジルコン酸鉛に比べて電気機械結合係数やキュリー温度が低いものの、水中では充分実用に耐え、経済性に優れているため、魚群探知機やソナーなどに使用されています。
チタン酸・ジルコン酸鉛	P-5E	電気機械結合係数と機械的Qmが大きく、経年変化が小さい材料であり、超音波洗浄器や強力超音波トランスデューサなどの音響的パワーを利用する分野で使用されます。
	P-6C	共振周波数の温度特性と経年変化に優れています。セラミックフィルタ、セラミック発振子や、安定度を必要とするセンサなどに使用されます。
	P-7	電気機械結合係数とd定数が大きく、逆に機械的Qmの低い材料です。圧電プザーや空中超音波センサなどの非共振あるいは広帯域を必要とする用途で使用されます。

表2 各材料の特長

3. 各材料の温度特性と経年変化

図7に各材料の温度特性の一例を示します。

図8に各材料の経年変化特性の一例を示します。経年変化は少なく安定しています。

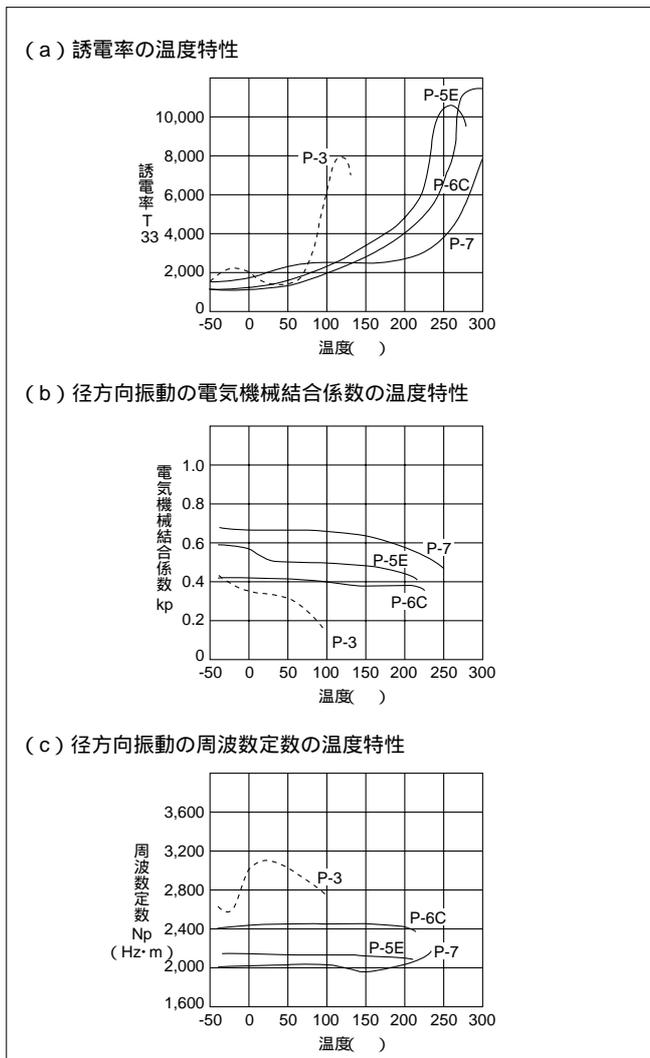


図7 各材料の温度特性

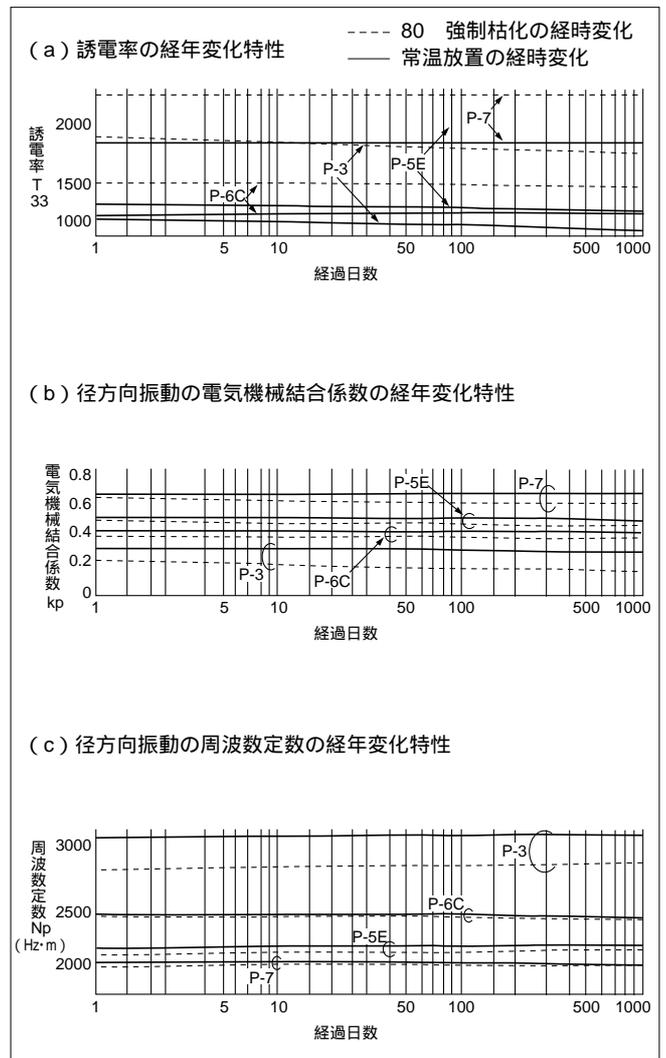
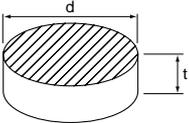
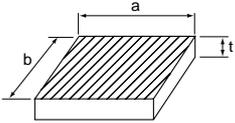
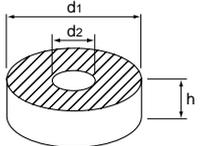


図8 各材料の経年変化

4 ムラタの圧電セラミック振動子(ピエゾタイト®)

1. 形状の種類 / 品番の表し方

ムラタのピエゾタイト®は、表3に示す形状のものを取りそろえています。

形状	外觀図	振動モード	品番の表し方(例)
円板形		径振動 厚み振動	7 D -15 -5400 ① ② ③ ④ ① 材料P-7を表す ② 円板または円柱を表す ③ ハイフン「-」と数字で直径 d (mm)を表す ④ ハイフン「-」と数字で共振周波数(厚み振動) (kHz)を表す
角板形		厚み振動 長さ振動	7 R -34 -23 -6700 -1 ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ① 材料P-7を表す ② 角板または角柱を表す ③ ハイフン「-」と数字で長辺 a (mm)を表す ④ ハイフン「-」と数字で短辺 b (mm)を表す ⑤ ハイフン「-」と数字で共振周波数(厚み振動) (kHz)を表す ⑥ ハイフン「-」と数字で識別記号を表す
円環形		厚み振動	6C C -10 -3R9 -1000 ① ② ③ ④ ⑤ ① 材料P-6Cを表す ② 円環を表す ③ ハイフン「-」と数字で外径 d1 (mm)を表す ④ ハイフン「-」と英数字で内径 d2 (mm)を表す ⑤ ハイフン「-」と数字で共振周波数(厚み振動) (kHz)を表す

“英大文字「R」は小数点を表す”

図9 ムラタの圧電セラミック振動子ピエゾタイト®の各種の形状

2. 代表品番と仕様

表3にムラタのピエゾタイト®の代表品番と仕様を示します。

	品番	外形寸法 (mm)	共振周波数 (kHz)	k (%)	C (pF)
円板形	7D-10-9000-2	φ10 × 0.2t	200 (径振動)	55 (kp)	5200
	7D-15-5400	φ15 × 0.4t	137 (径振動)	55 (kp)	7200
	7D-25-1600	φ25.5 × 1.27t	80 (径振動)	45 (kp)	6300
角板形	7R-34-23-2500	33.3L × 22.8W × 0.8t	68 (長さ振動)	50 (kp)	16000
	7R-34-23-4000-1	33.3L × 22.8W × 0.5t	42 (長さ振動)	20 (kp)	26000
	7R-34-23-6700	32.8L × 22.3W × 0.3t	42 (長さ振動)	20 (kp)	42000
円環形	6CC-21-15-700	φ21.1 × φ15 × 2.85t	66 (径振動)	18 (kp)	450
	6CC-10-3R9-1000	φ10 × φ3.9 × 2.1t	180 (径振動)	20 (kp)	230

表3 ピエゾタイト®の代表品番と仕様

3. 使用上の注意

本体を素手で扱うと変色の原因となり特性が劣化することがありますので、素手で扱わないでください。

5 圧電セラミックス(ピエゾタイト®)の応用製品

圧電セラミックスは電気的エネルギーを機械的エネルギーに、あるいは逆に機械的エネルギーを電気的エネルギーに変換するものです。この「電気エネルギー 機械エネルギー」の変換という基本機能を応用した各種の製品を図10に示します。図10には、既に製品として生産されているものの他に開発段階のものも掲載してあります。これらの開発段階のものにつきましても、仕様を打合せの上、設計および生産が可能ですので、お問合せください。

また、図10に掲載したものの以外にも、各種の応用が可能ですので、お問合せください。

図10において*印の各製品は、別に個別カタログ、アプリケーションマニュアルを各種用意しておりますので内容につきましては、それらをご参照ください。

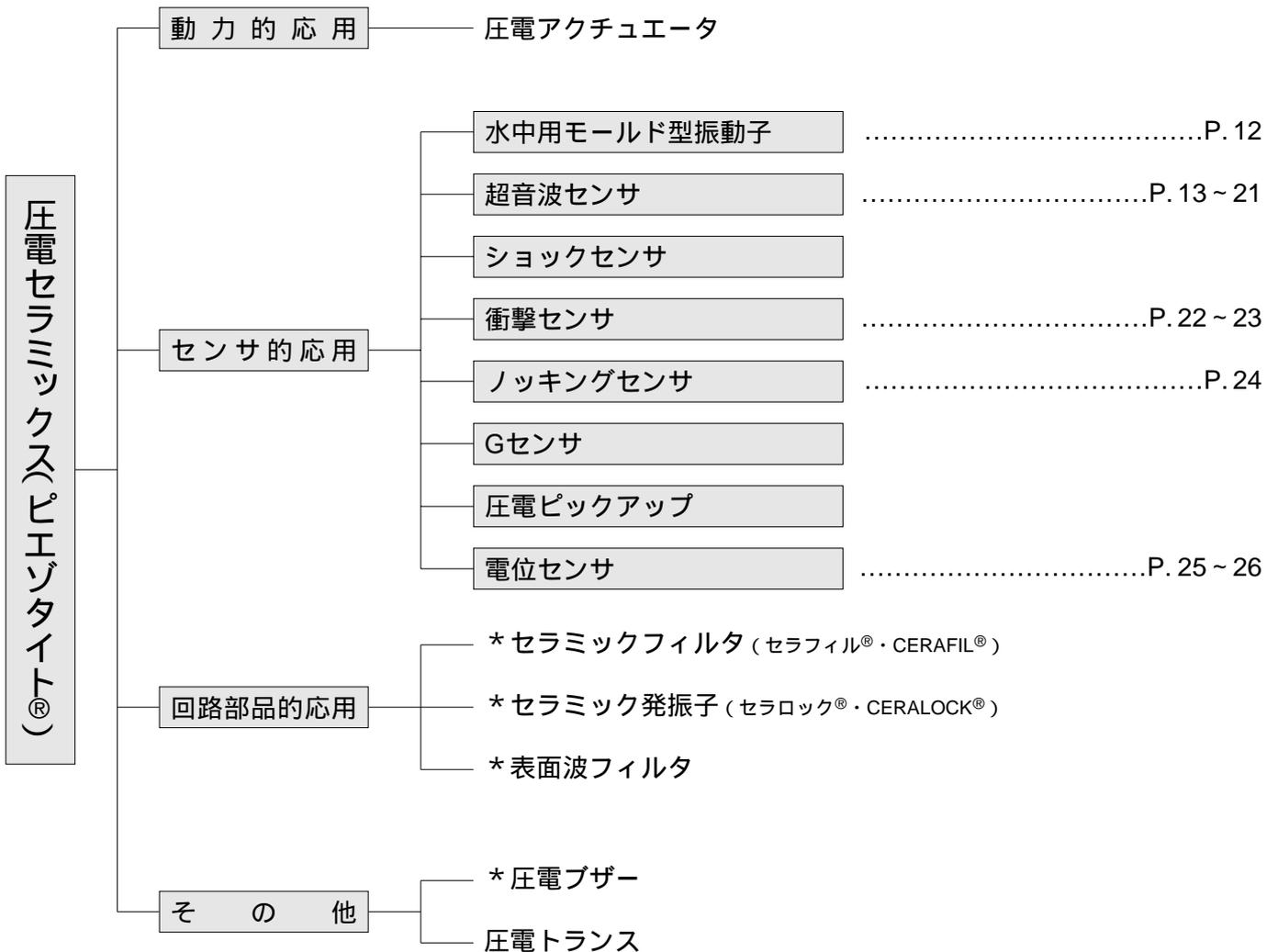


図10 圧電セラミックス(ピエゾタイト®)の各種応用部品

圧電セラミックス (ピエゾタイト®) 応用センサ



水中用モールド型振動子

水中用モールド型振動子は水中に超音波を発射して、反射してきた超音波を受信することにより、魚群探知器や測探器などに使用されています。

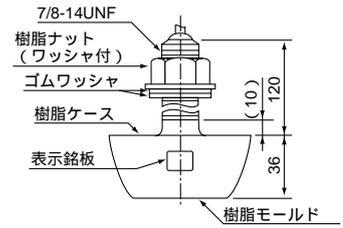
この振動子は、水中での使用を目的として設計されており、感度が高いだけでなく水密性に優れ、波や水探を考慮して機械的に堅固な構造になっています。

特長

1. ゴム、ウレタン、エポキシなどによる独自のモールド技術により、高感度、高信頼性です。
2. 周波数や形状、許容入力により多くの品種がそろっています。



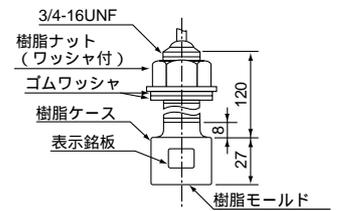
LFタイプ
(UT200LF8)



(in mm)



BAタイプ
(UT200BA8)



(in mm)

品番	共振周波数 (kHz)	静電容量 (pF)	共振インピーダンス ()	指向性 (deg)	許容入力 (W)
UT200BA8	200	1700	310 ~ 590	22	50
UT200LF8	200	2700	230 ~ 430	12	200

ケーブル長はすべて8mです。

指向性：音圧レベルが正面に比べて6dB減衰する全角度を表します。

許容入力：水中モールド型振動子に加えられる電力を水中駆動時の瞬時値で表しています。

駆動はデューティ1/200を前提としています(上表の数値は参考値です)。

使用上の注意

1. 指向性がありますので、機器への取付位置にご注意ください。
2. 直流電圧が印加された場合、不具合を生じることがありますのでコンデンサによる直流カットの処置などを行ってください。
3. 空中では使用しないでください。

圧電セラミックス（ピエゾタイト®）



超音波センサ

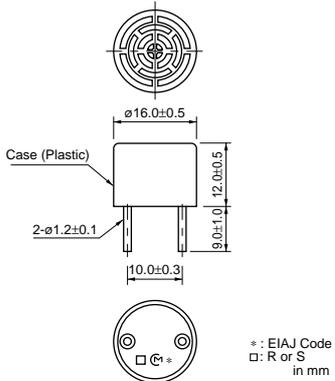
開放型

- 特長
1. 小型・軽量です。
 2. 高感度・高音圧です。
 3. 低消費電力です。
 4. 高信頼性です。

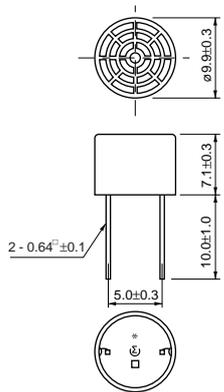
- 用途
1. パーグラーアラーム
 2. 距離計
 3. 自動ドア
 4. 電子機器のリモートコントロール



MA40B8R/S



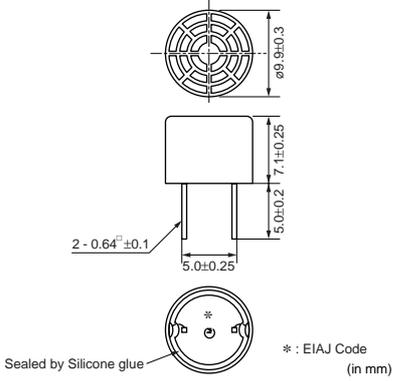
MA40S4R/S



*: EIAJ Code
□: R or S
in mm



MA40S5



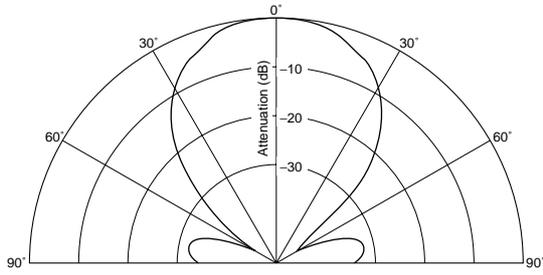
*: EIAJ Code
(in mm)

品番	構造	使用方法	公称周波数 (kHz)	送受感度 (dB)	感度 (dB)	音圧 (dB)	指向性 (°)	静電容量 (pF)	使用温度範囲 (°C)	検知距離範囲 (m)	分解能 (mm)	最大許容印加電圧 (Vp-p)
MA40B8R	開放型	受信用	40	-	-63 (0dB=10V/Pa)	-	50 (typ.)	2000	-30 ~ 85	0.2 ~ 6	9	-
MA40B8S	開放型	送信用	40	-	-	120 (0dB=0.02mPa)	50 (typ.)	2000	-30 ~ 85	0.2 ~ 6	9	40 Continuous signal
MA40S4R	開放型	受信用	40	-	-63 (0dB=10V/Pa)	-	80 (typ.)	2550	-40 ~ 85	0.2 ~ 4	9	-
MA40S4S	開放型	送信用	40	-	-	120 (0dB=0.02mPa)	80 (typ.)	2550	-40 ~ 85	0.2 ~ 4	9	20 Continuous signal
MA40S5	開放型	送受兼用	40	-54 ± 6dB 0dB=10Vpp at 30cm (10mVpp ~ 40mVpp)	-	-	60 (typ.)	2550	-30 ~ 85	0.5 ~ 2	9	20 Pulse with 0.4ms Interval 100ms

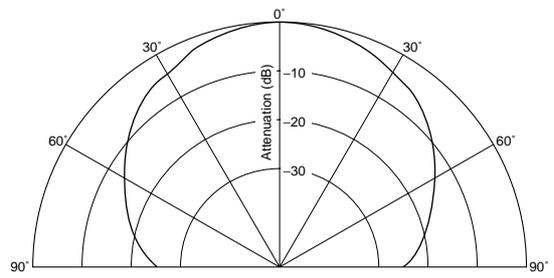
測定距離:30cm、送・受感度:0dB=10Vp-p、感度:0dB=1Vrms/μbar、音圧:0dB=2×10⁻⁴μbar、1μbar=0.1Pa
 使用温度範囲は実施用に耐え得る範囲です。感度/音圧の温度特性および耐久性については別途仕様書をご参照ください。
 指向性、検知距離、分解能は参考値であり、使用回路、センサ取り付け方法等によって変化します。

感度指向性

MA40B8R

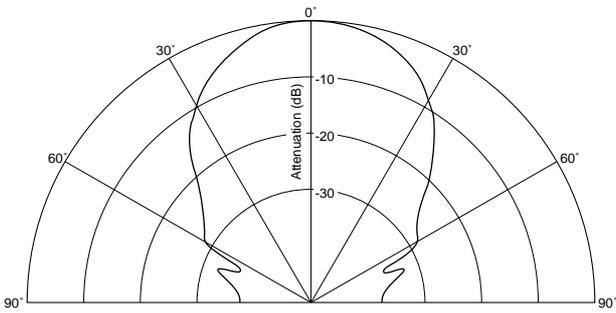


MA40S4R

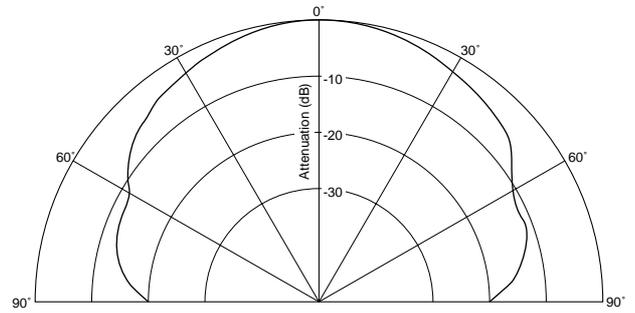


音圧指向性

MA40B8S

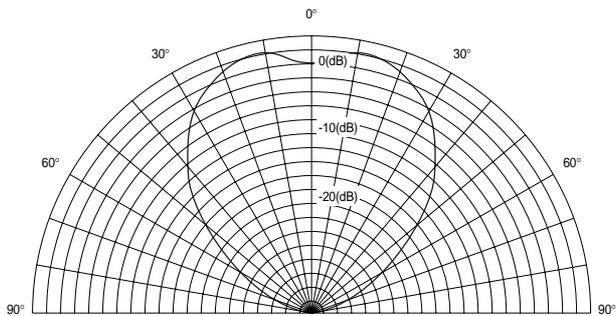


MA40S4S



送受感度指向性

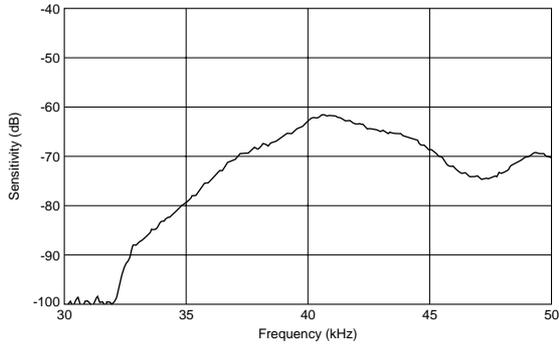
MA40S5
Beam Pattern



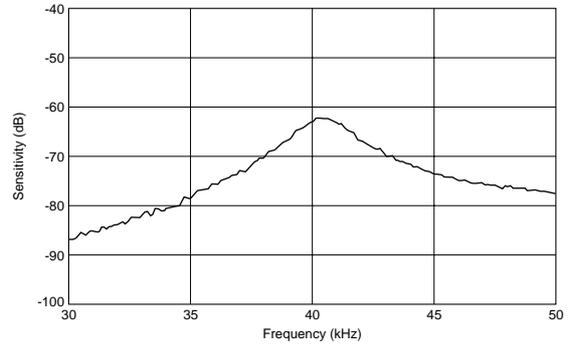
5

感度-周波数特性

MA40B8R

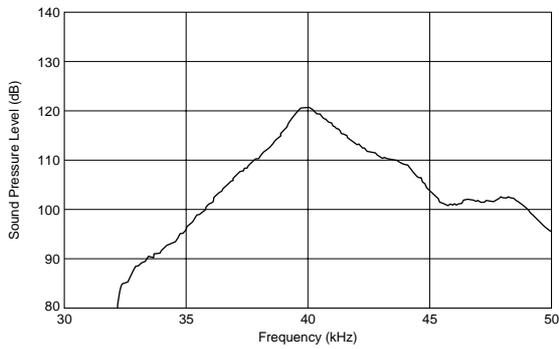


MA40S4R

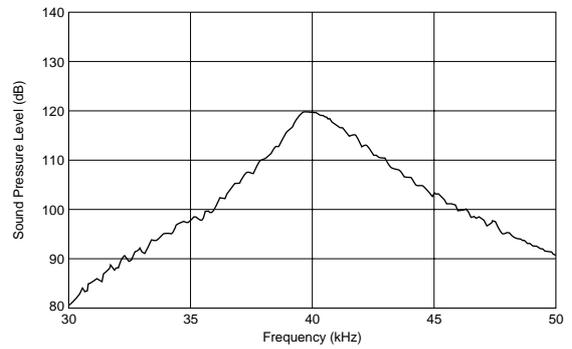


音圧-周波数特性

MA40B8S



MA40S4S



5

防滴型 コーンタイプ

金属ケースの内部に圧電セラミックスを貼り合わせた密閉構造となっているため耐候性に優れ、屋外でも使用できます。

特長

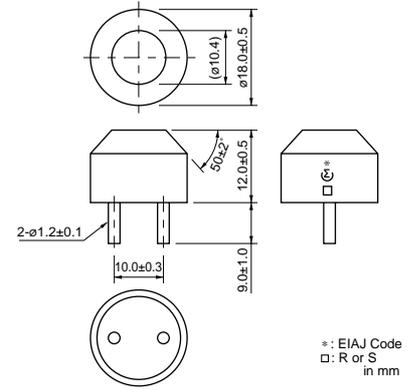
1. 小型・軽量です。
2. 高感度・高音圧です。
3. 低消費電力です。
4. 高信頼性です。

用途

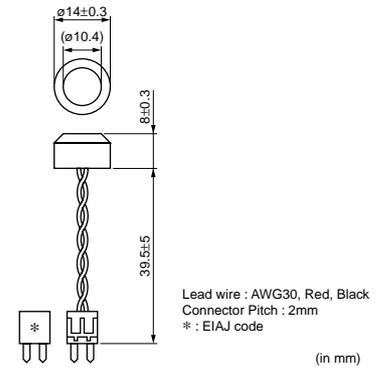
1. 自動車の後方検知装置
2. パーキングメータ
3. 水位・液面計



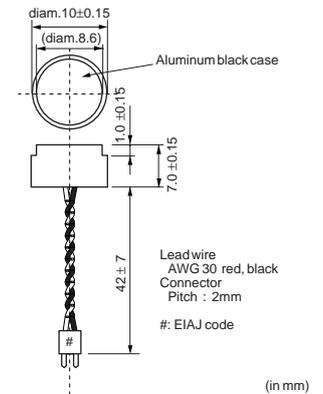
MA40E7R/S



MA40E8-2



MA40MC10-1B

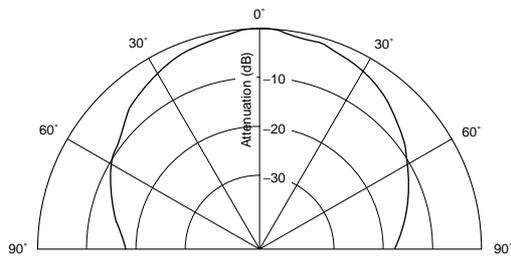


品番	構造	使用方法	公称周波数 (kHz)	送受感度	感度 (dB)	音圧 (dB)	指向性 (°)	静電容量 (pF)	使用温度範囲 (°C)	検知距離範囲 (m)	分解能 (mm)	最大許容印加電圧 (Vp-p)
MA40E7R	防滴型	受信用	40	-	-74 min. (0dB=10V/Pa)	-	100 (typ.)	2200	-30 ~ 85	0.2 ~ 3	9	-
MA40E7S	防滴型	送信用	40	-	-	106 min. (0dB=0.02mPa)	100 (typ.)	2200	-30 ~ 85	0.2 ~ 3	9	100 Pulse width 0.4ms Interval 100ms
MA40E8-2	防滴型	送受兼用	40	-	-85 min. (0dB=10V/Pa)	106 min. (0dB=0.02mPa)	75 (typ.)	2800	-30 ~ 85	0.2 ~ 1.5	9	160 Pulse width 0.8ms Interval 60ms
MA40MC10-1B	防滴型	送受兼用	40	-	-86 min. (0dB=10V/Pa)	104 min. (0dB=0.02mPa)	100 (typ.)	2400	-40 ~ 85	0.2 ~ 1.5	9	160 Pulse width 0.8ms Interval 60ms

測定距離:30cm、送・受感度:0dB=10Vp-p、感度:0dB=1Vrms/μbar、音圧:0dB=2×10⁻⁴μbar、1μbar=0.1Pa
 使用温度範囲は実施用に耐え得る範囲です。感度/音圧の温度特性および耐久性については別途仕様書をご参照ください。
 指向性、検知距離、分解能は参考値であり、使用回路、センサ取り付け方法等によって変化します。

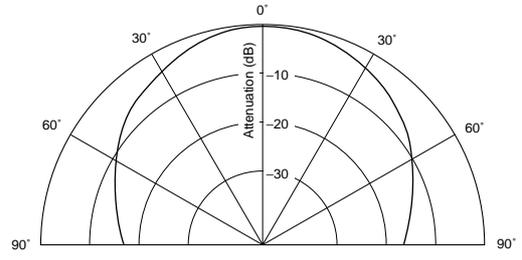
感度指向性

MA40E7R



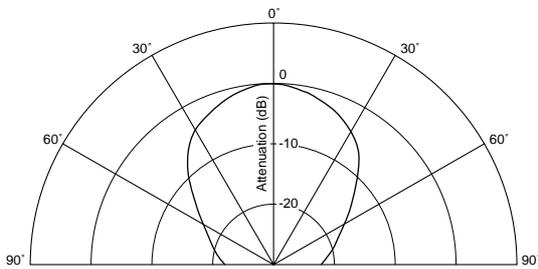
音圧指向性

MA40E7S

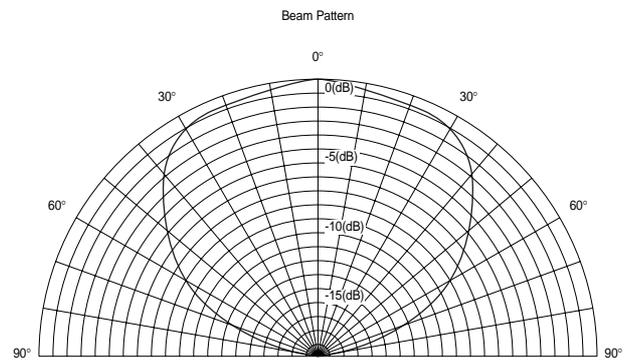


送受感度指向性

MA40E8-2

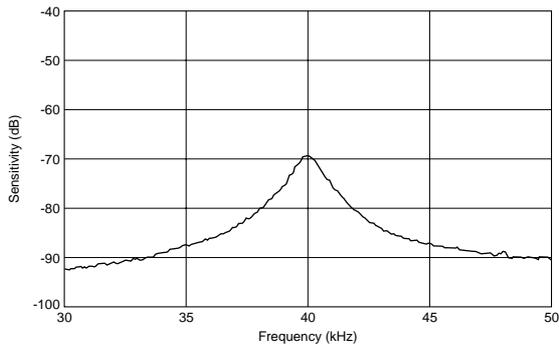


MA40MC10-1B



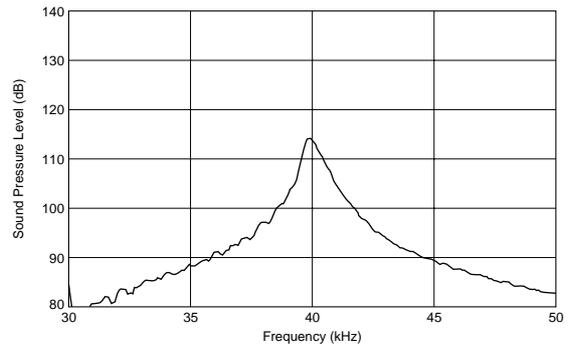
感度-周波数特性

MA40E7R



音圧-周波数特性

MA40E7S



5

防滴型 フラットタイプ

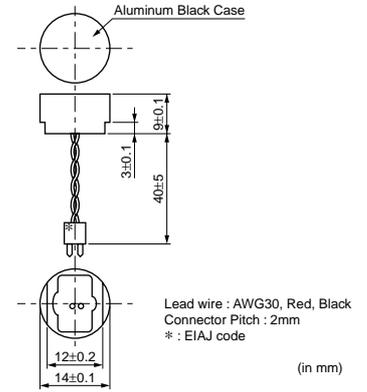
1. 小型・軽量です。
2. 高感度・高音圧です。
3. 低消費電力です。
4. 高信頼性です。
5. センサ単体で扁平な指向性を持ちます。

用途

1. 自動車の後方検知装置
2. パーキングメーター
3. 水位・液面計



MA40MF14-5B

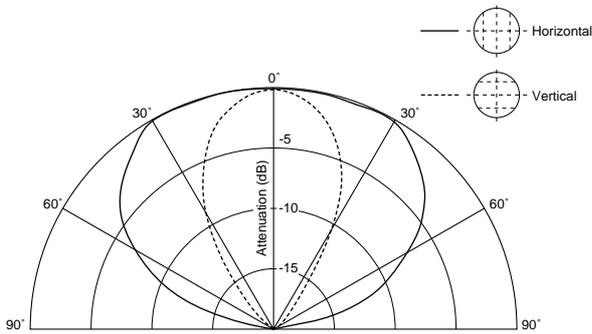


品番	構造	使用方法	公称周波数 (kHz)	送受感度	感度 (dB)	音圧 (dB)	指向性 (°)	静電容量 (pF)	使用温度範囲 (°C)	検知距離範囲 (m)	分解能 (mm)	最大許容印加電圧 (Vp-p)
MA40MF14-5B	防滴型	送受兼用	40	-	-87 min. (0dB=10V/Pa)	103 min. (0dB=0.02mPa)	110 x50° (typ.)	4400	-40 ~ 85	0.2 ~ 1.5	9	160 Pulse width 0.8ms Interval 60ms

使用温度範囲は実施用に耐え得る範囲です。感度/音圧の温度特性および耐久性については別途仕様書をご参照ください。
 指向性、検知距離、分解能は参考値であり、使用回路、センサ取り付け方法等によって変化します。

送受感度指向性

MA40MF14-5B



高周波型

空気との音響インピーダンスのマッチングを取るために音響整合層として特殊な材料を使用し、これを圧電セラミックスで励振させることで高感度なセンサを実現しました。波長が短いため指向性がシャープで、高精度の計測に適しています。

特長 (MA_A1)

1. 小型・軽量です。
2. 高感度・高音圧です。
3. 低消費電力です。
4. 高信頼性です。

用途

1. FAなどの近接スイッチ
2. 距離計
3. 水位・液面計など

特長 (MA200D1)

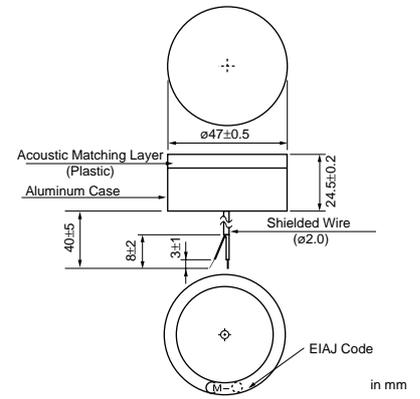
1. 低残響です。
2. 広帯域・高応答性です。
3. 使用温度範囲において感度の温度特性が安定しています。

用途

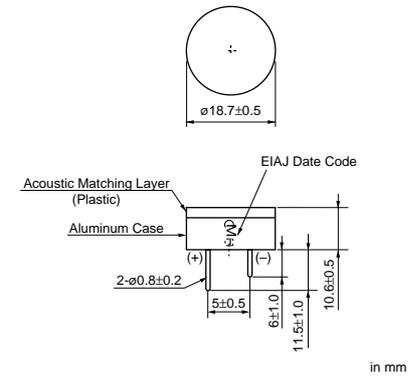
1. FA・ロボットなどの近接スイッチ
2. 距離計
3. 紙葉の重送検知



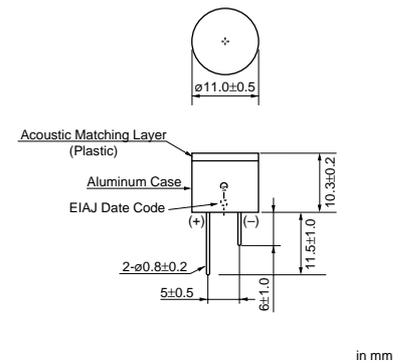
MA80A1



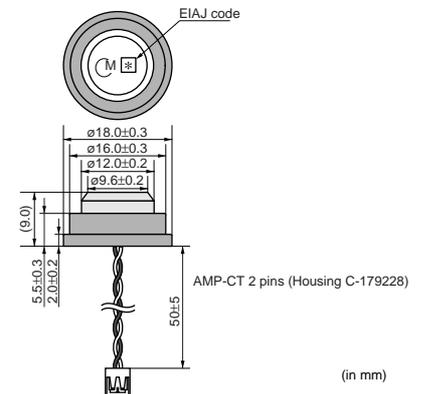
MA200A1



MA400A1



MA200D1-1

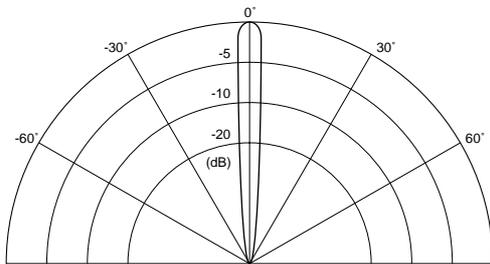


品番	構造	使用方法	公称周波数 (kHz)	送受感度 (dB)	感度	音圧	指向性 (°)	静電容量 (pF)	使用温度範囲 (°C)	検知距離範囲 (m)	分解能 (mm)	最大許容印加電圧 (Vp-p)
MA80A1	高周波型	送受兼用	75	-47 min. 0dB=18Vpp at 50cm	-	-	7 (typ.)	-	-10 ~ 60	0.5 ~ 5	4	120 Pulse width 625 μs Interval 45ms
MA200A1	高周波型	送受兼用	200	-54 min. 0dB=18Vpp at 20cm	-	-	7 (typ.)	-	-30 ~ 60	0.2 ~ 1	2	120 Pulse width 250 μs Interval 20ms
MA200D1-1	高周波型	送受兼用	220	1.0 ~ 2.5V	-	-	20 以下	2300	-20 ~ 70	0.1 ~ 0.3	2	50 駆動波数5波、 駆動周期220Hz
MA400A1	高周波型	送受兼用	400	-74 min. 0dB=18Vpp at 10cm	-	-	7 (typ.)	-	-30 ~ 60	0.06 ~ 0.3	1	120 Pulse width 125 μs Interval 6ms

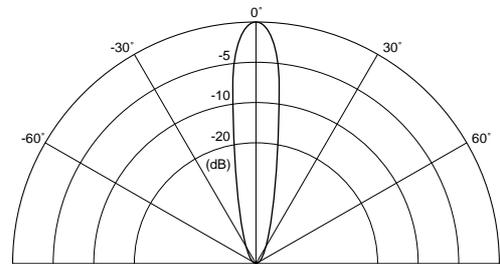
使用温度範囲は実施用に耐え得る範囲です。感度/音圧の温度特性および耐久性については別途仕様書をご参照ください。
 指向性、検知距離、分解能は参考値であり、使用回路、センサ取り付け方法等によって変化します。

送受感度指向性

MA_A1シリーズ

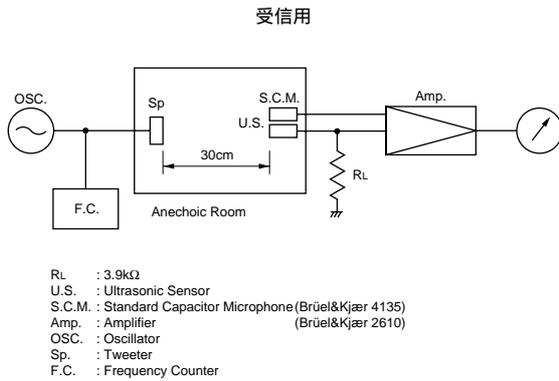


MA_D1シリーズ

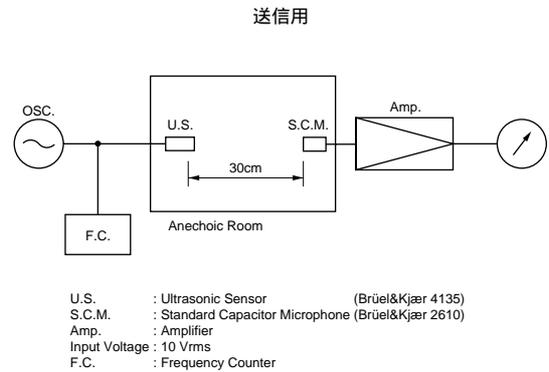


関連データ/使用上の注意/品番の表し方

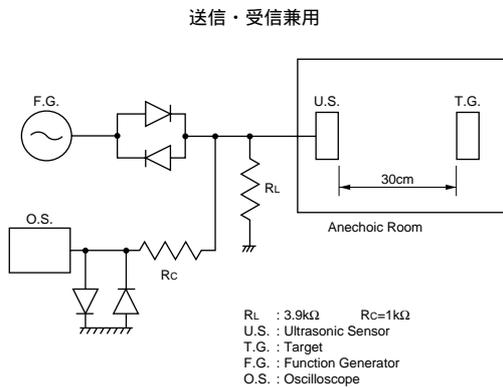
感度測定回路



音圧測定回路



感度測定回路



使用上の注意（実装上の注意）

1. 指向性がありますので、機器への取付位置にご注意ください。
2. 直流電圧が印加された場合、不具合を生じることがありますので、コンデンサによる直流カットなどの処置を行ってください。
3. 本センサは空中用に設計されていますので、水中では使用しないでください。

品番の表し方

超音波センサ

(品番例)

MA	40MF	14	-1N	-M
----	------	----	-----	----

- ① 識別記号
- ② シリーズ
- ③ 特性
- ④ 個別仕様
- ⑤ 包装仕様コード

- ・ 品番は例をあげたものです。実際の品番と異なる場合があります。
- ・ 「① 識別記号」以外の内容については実際の品番では桁数が異なる場合があります。

圧電セラミックス (ピエゾタイト®) 応用センサ



衝撃センサ

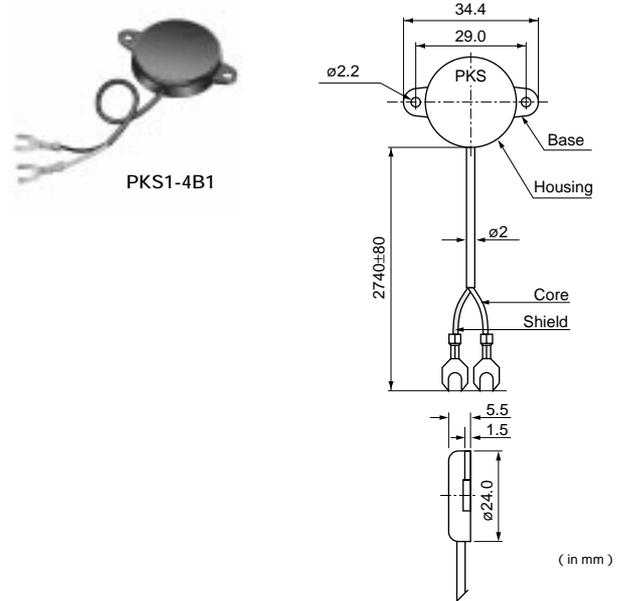
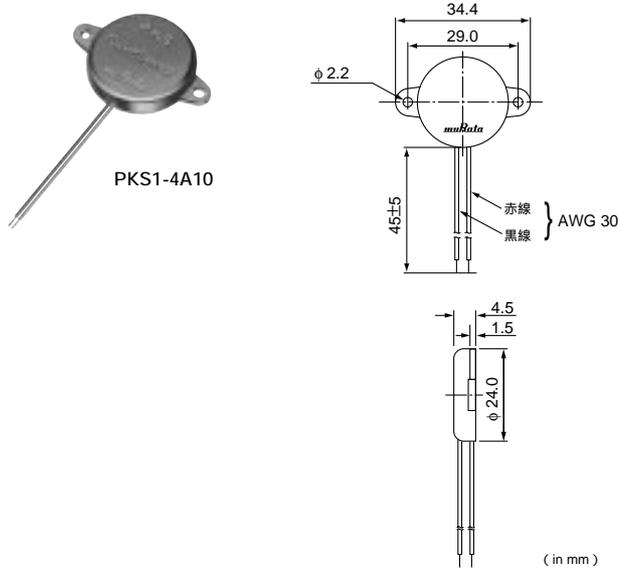
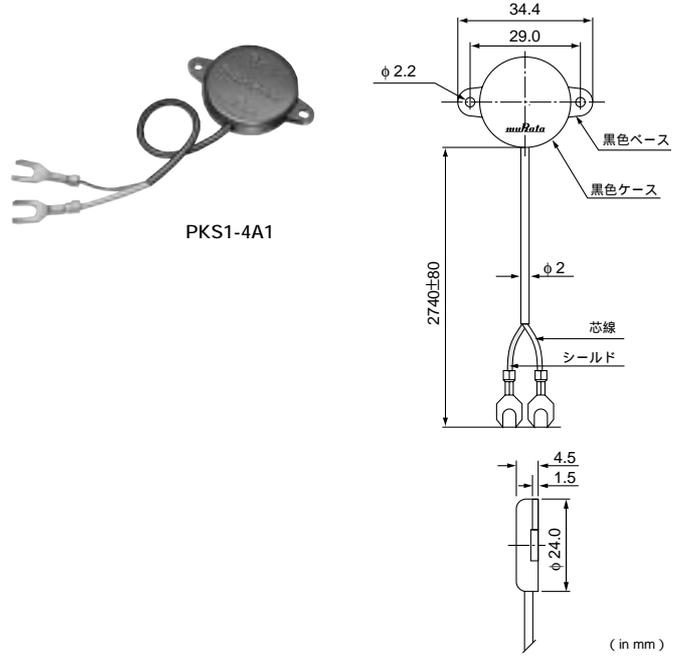
圧電素子に外部より衝撃や振動が加わるとその大きさに比例した電圧が発生します。この圧電セラミックスの性能を利用して衝撃や振動を電気信号として取り出すようにしたものが衝撃センサです。この圧電型衝撃センサは圧電セラミックスと金属板を貼り合わせたユニモルフ振動子がケースの中に外周を支持されて入った構造となっています。小型、軽量で可動部分が無く各種衝撃振動検知に適したセンサです。

特長

1. 小型・軽量です。
2. 感度が高く、小さな振動や衝撃にも反応します。
3. 衝撃、振動に強く堅牢です。
4. 圧電素子を使用していますので、バイアス電圧は不要です。

用途

1. 自動車（ドアに取り付け）の盗難防止
2. ドアや窓からの侵入検知
3. ショーウィンドや金庫の盗難防止
4. 機器の振動検知



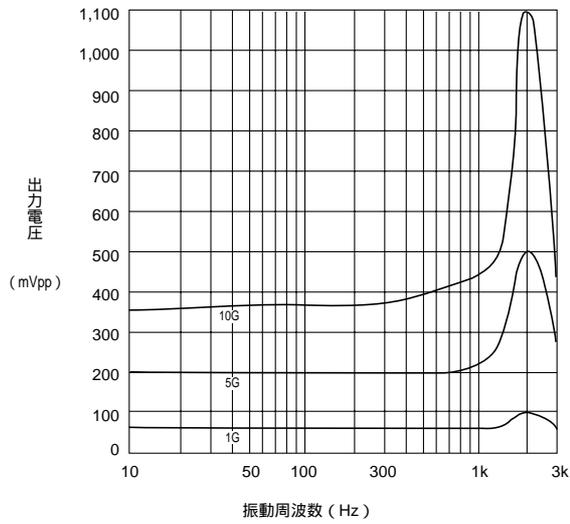
品番	出力電圧	静電容量	絶縁抵抗
PKS1-4A1	40mVo-p /G TYP. 4.08mVo-p/G (m/s ²) TYP. (at 25 °C、20MΩ 負荷、10Hz ~ 1kHz)	10000pF±30%	30MΩ以上 (at 100V DC)
PKS1-4A10		9000pF±30%	
PKS1-4B1	44mV rms ± 15% (at 25 °C、20MΩ 負荷、2G、100Hz)	10000pF±30%	

1G=9.8m/s²

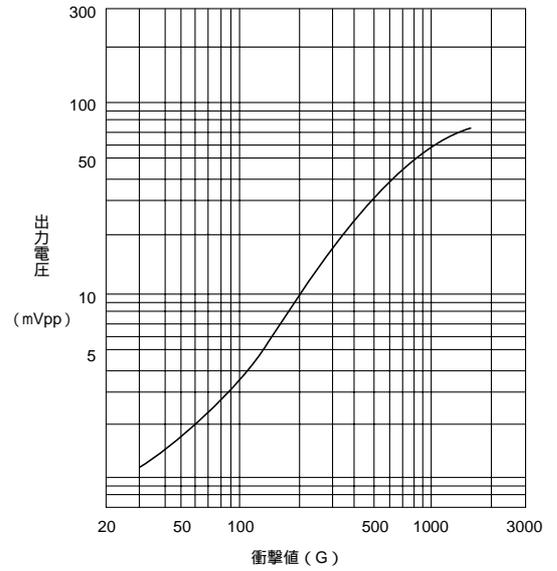
PKS1-4A1/PKS1-4A10の出力電圧は参考値です。

特性データ

周波数特性 (PKS1 - 4A1)



衝撃値対出力電圧特性 (PKS1 - 4A1)



使用上の注意

1. 規定の特性を得るために振動検出方向にセンサの主感度方向（ケ - 面に垂直方向）を合わせてください。
2. センサに直流電圧が印加された場合、不具合を生じることがありますので、コンデンサによる直流カットの処置を行ってください。

圧電セラミックス（ピエゾタイト®）応用センサ



ノッキングセンサ

ノッキングセンサは自動車のエンジンがノッキングを起こし始めたとき、その異常振動を検知しエンジン制御系にフィードバックをかけるために用いられます。このノッキングセンサには、共振型と非共振型があります。

ムラタでは、自動車のエンジンに直接付けて用いられるノッキングセンサ用に、安定度の高い圧電素子を製造しています。厳しい環境条件で使用されるため、とくに耐熱性、耐応力性を重視した設計になっています。形状寸法は要望に応じて設計します。

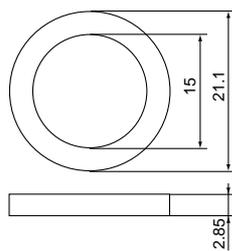
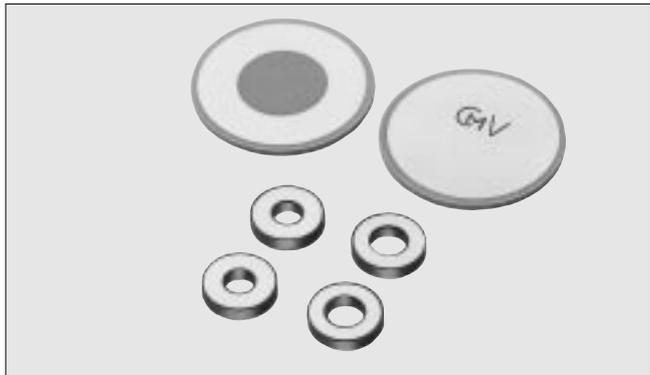
特長

1. 広い温度範囲で使用できます。
2. 振動加速度に比例した出力電圧が得られます。
3. フラットな周波数特性なのですべてのエンジンに使用できます。（非共振型の場合）

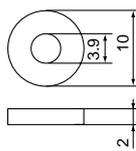
用途

自動車エンジンのノッキング検出

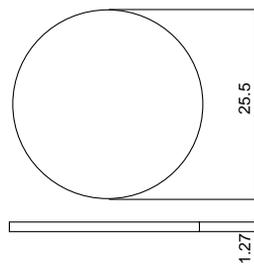
外形寸法図



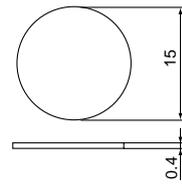
6CC-21-15-700



6CC-10-3R9-1000



7D-25-1600



7D-15-5400

(in mm)

性能 (Typical値)

品番	共振周波数 (kHz)	静電容量 (pF)	電気機械結合係数 (%)	使用方法
6CC-21-15-700	66	450	18	非共振型
6CC-10-3R9-1000	180	230	20	非共振型
7D-25-1600	80	6300	45	共振型
7D-15-5400	137	7200	55	共振型

使用上の注意

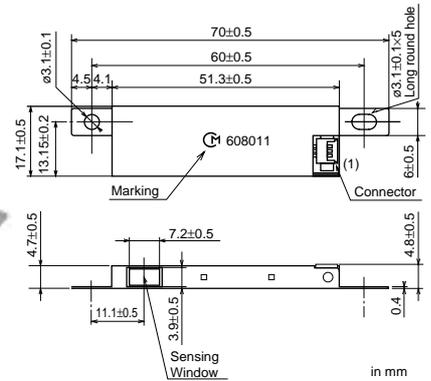
1. 本体を素手で扱うと変色の原因となり特性が劣化することがありますので、素手で扱わないでください。
2. 規格以上の高温雰囲気中に置かれますと特性が劣化しますので、使用温度範囲には十分にご注意ください。また、高圧下においても特性が劣化する事がありますので、使用条件を当社までご連絡ください。
3. センサに直流電圧が印加された場合、不具合を生じることがありますので、コンデンサによる直流カットの処置などを行ってください。

圧電セラミックス（ピエゾタイト®）



電位センサ

物質の表面には自発的に発生した電荷や外部より与えられた電荷が存在しており、他の物質に対して何らかの電位が生じています。電位センサはこの表面電位を測定するためのセンサです。表面電位の検出方式には物質表面より出ている電気力線（電界）を周期的に遮断して検出電極に入射する電界を変調し、検出電極に表面電位（直流）に比例した交流電流を誘起する方法（フィールドミル型）と、物質の表面と検出電極間でコンデンサを形成して、検出電極を物質の表面に垂直方向に振動させ、検出電極にコンデンサ容量と表面電位に比例した電荷を誘起し、表面電位（直流）に比例した交流電流を得る方法（振動容量型）があります。



ムラタの振動容量型電位センサは振動電極を得るために、長年実績のある高精度、高信頼性の圧電音叉共振子を使用した、信頼性の高いセンサです。

特長

1. 小型・薄型です。
2. 直流電圧出力です。
3. 高精度リニア出力で高安定です。
4. 発振回路、増幅回路、整流回路などすべての信号処理回路を内蔵しています。

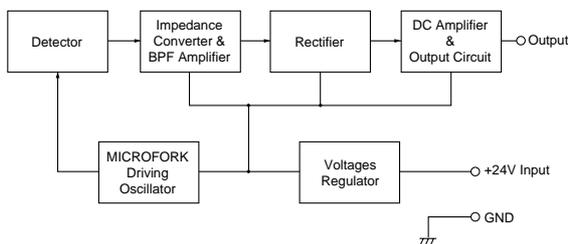
用途

1. PPC複写機、レーザービームプリンタの感光ドラムの表面電位の検出。
2. 高電圧を利用した機器の高電圧測定、検出。

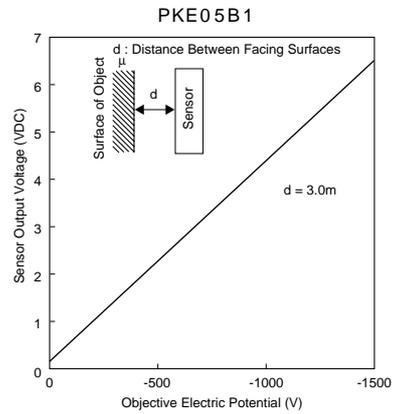
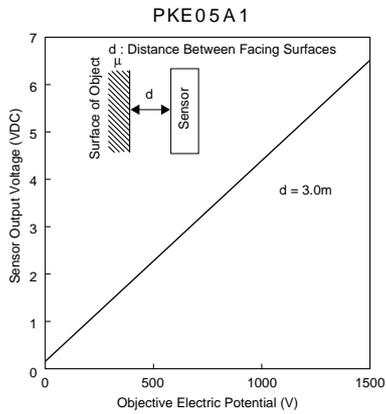
品番	電源電圧 (Vdc)	消費電流 (mA)	検出電位下限 (V)	検出電位上限 (V)	出力電圧	リニアリティ (%)
PKE05A1	24 ± 10%	50	0	1500	検出電位の1/240Vdc (公差は別途仕様書をご参照ください。)	± 1.5 : 50V ~ 1500V (詳細は別途仕様書をご参照ください。)
PKE05B1	24 ± 10%	50	0	-1500	検出電位の1/240Vdc (公差は別途仕様書をご参照ください。)	± 1.5 : -50V ~ -1500V (詳細は別途仕様書をご参照ください。)

動作温度範囲：0 ~ 60 保存温度範囲：-30 ~ 80
 負電位検出タイプもあります。

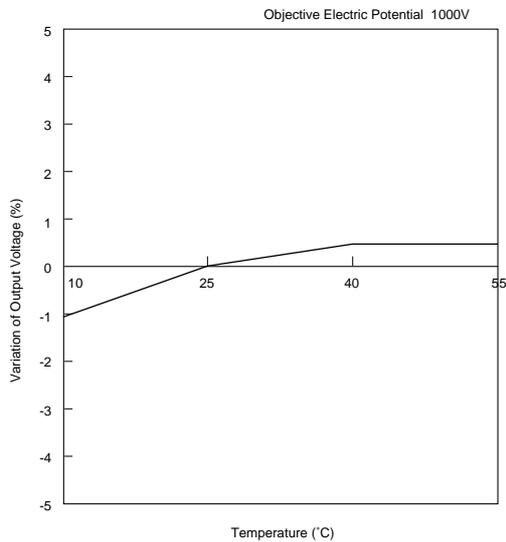
回路構成図



検出電位 - 出力特性



温度特性



使用上の注意（定格上の注意）

電源電圧、使用温度、入出力条件等は、スペックの範囲内でご使用ください。

スペック範囲外での使用は、故障や信頼性低下の原因になります。

使用上の注意（取り扱い上の注意）

1. 静電気や過電圧および逆電圧の印加は、故障や信頼性低下の原因になります。
特に次の事項が起こらないように注意してください。
(1) 特性チェック時の過電圧、逆電圧の印加および0Vラインの接続浮き。
(2) 製造ライン作業者が発生する静電気の印加
2. センサが衝撃等で変形した場合、故障や出力電圧特性が変化する等の不具合を生じますので、取り扱いには十分ご注意ください。
3. このセンサは出力電圧に距離依存性がありますので、ご注意ください。

品番の表し方

電位センサ

(品番例)



- ① 識別記号
- ② シリーズ
- ③ 特性
- ④ 個別仕様

- ・ 品番は例をあげたものです。実際の品番と異なる場合があります。
- ・ 「① 識別記号」以外の内容については実際の品番では桁数が異なる場合があります。

△お願い

1. 当カタログに記載の製品について、その故障や誤動作が人命または財産に危害を及ぼす恐れがある等の理由により、高信頼性が要求される以下の用途でのご使用をご検討の場合、または、当カタログに記載された用途以外でのご使用をご検討の場合は、必ず事前に当社営業本部または最寄りの営業所までご連絡ください。

航空機器 宇宙機器 海底機器 発電所制御機器 医療機器
輸送機器(自動車、列車、船舶等) 交通用信号機器 防災/防犯機器 情報処理機器 その他上記機器と同等の機器

2. 当カタログの記載内容は2005年5月現在のものです。
記載内容について、改良のため予告なく変更することや供給を停止することがございますので、ご注文に際してはご確認ください。
記載内容にご不明の点がございましたら当社営業本部または最寄りの営業所までお問い合わせください。
3. 製品によっては、守らないと発煙、発火等に至る可能性のある定格や△注意(保管・使用環境、定格上の注意、実装上の注意、取扱上の注意)を記載しておりますので、必ずご覧下さい。
4. 当カタログには、紙面の都合上代表的な仕様しか記載しておりませんので、ご注文にあたっては詳細な仕様が記載されている納入仕様書の内容をご確認いただくか承認函の取交しをお願いします。
5. 当カタログに記載の製品の使用もしくは当カタログに記載の情報の使用に際して、当社もしくは第三者の知的財産権その他の権利にかかわる問題が発生した場合は、当社はその責を負うものではありません。また、これらの権利の実施権の許諾を行うものではありません。
6. 当カタログに記載の製品のうち、「外国為替及び外国貿易法」に定める規制貨物等に該当するものについては、輸出する場合、同法に基づく輸出許可が必要です。
7. 当社の製造工程では、モンリオール議定書で規制されているオゾン層破壊物質(ODS)は一切使用しておりません。