

■ 用語の説明

弾性表面波（SAW）フィルタに用いられる主な用語について、ご紹介致します。

公称周波数：中心周波数の公称値をいい、関連規格の基準周波数として用います。

通過帯域幅：中心周波数を中心にして、フィルタとして信号を通過させる帯域（通過帯域）の幅のことで、通常、帯域内の最小損失点から減衰量がある一定量（例えば 1dB や 3dB）増加する幅（1dB 帯域幅、3dB 帯域幅）を指します。

リップル：通過帯域内にて減衰量の極大値がある場合、その極大損失と極小損失との差のうち最大の値をいいます。

挿入損失：フィルタを挿入したときと、しないときの（挿入減衰量）減衰量の差をいい、定損失と最小挿入損失、最大挿入損失に区別されます。定損失は、公称周波数における挿入損失の値をいい、最小挿入損失は挿入損失の帯域内での最小値、最大損失はその最大値をいいます。なお、IEC（国際電気標準）では挿入減衰量（Insertion attenuation）と呼ぶように定めていますが、業界では挿入損失という表現が圧倒的に使用されています。

減衰量：通常、最小挿入損失を基準とした減衰帯域での相対減衰量のことを言いますが、無線機などでは、スルーレベル（0dB）を基準とした絶対減衰量を指すこともあるので、注意が必要です。

減衰帯域幅：相対減衰量が規定減衰量と同値かそれ以上であることを保証する値での周波数幅をいいます。

保証減衰量と保証減衰帯域：減衰帯域にて保証する相対減衰量とその周波数帯域をいいます。

終端インピーダンス：フィルタ側からみた使用回路側のインピーダンスを表します。通常、回路の負荷インピーダンスをそのまま表す（50 Ω や 150 Ω など）場合と、回路との間に整合回路を介して、SAW 側のインピーダンスの共役条件を表す場合があり、後者の場合は一般に抵抗とマイナス符号の並列容量（共役条件）で表します。

群遅延時間：位相変化量を角周波数で微分した値をいいます。

群遅延時間リップル：規定した通過帯域幅における群遅延時間の極大値と極小値の差のうち最大の値をいいます。

■ 解説

弾性表面波（Surface Acoustic Wave：SAW）は、弾性体の表面付近にエネルギーが集中して伝搬する波で、この波を応用した電子デバイスを SAW デバイスと呼びます。

NDK ではフィルタ、共振子、遅延線、発振器等を開発製造しております。

ここでは SAW フィルタと SAW 共振子について説明します。

● SAW フィルタ

図1に SAW フィルタの基本構造を示します。

SAW フィルタは圧電基板上に、表面波を励振及び受信するすだれ状電極を設けた構造になっています。

すだれ状電極に交流電圧を印加すると圧電効果により、隣り合う電極間の圧電基板にひずみが生じ表面波が励振されます。

すだれ状電極は図2のように周期的に配置されており、表面波はその波長 λ と電極周期が等しい場合に最も強く励振されます。

中心周波数 f_0 と表面波の伝搬速度 v との間には

$$f_0 = v / \lambda \text{ の関係があります。}$$

SAW フィルタには遅延型の電極構造を用いたものと、共振型の電極構造のものがあります。

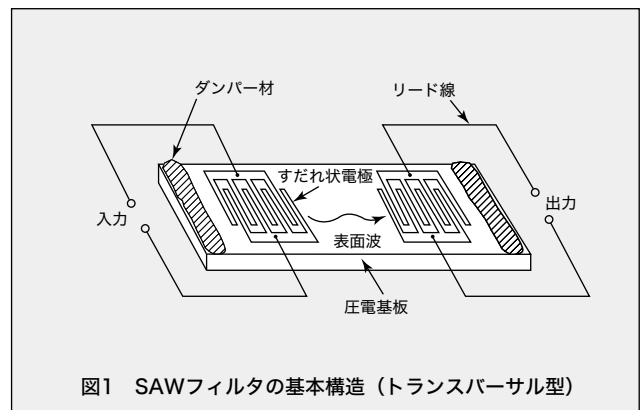


図1 SAWフィルタの基本構造（トランスバーサル型）

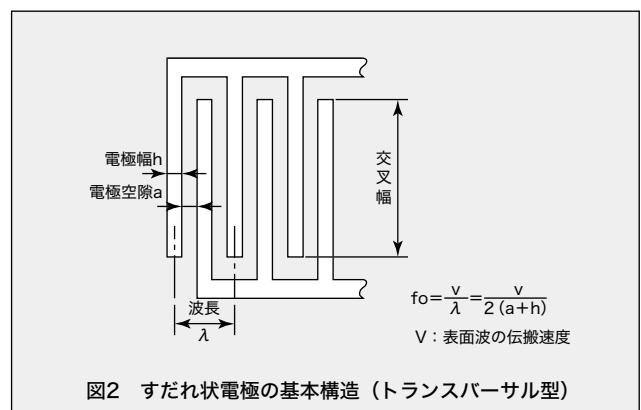


図2 すだれ状電極の基本構造（トランスバーサル型）

■ 解説

● SAW 共振子

図3に、SAW 共振子の基本構造を示します。すだれ状電極間に定在波を発生させ、電極数を増やすことによって高いQの共振子を実現することができます。

SAW 共振子は図4に示すように (a) 1ポート形共振子と、(b) 2ポート形共振子があります。

1ポート形共振子はすだれ状電極を中央部に、反射器を両側に配置した構造で、すだれ状電極で励振された表面波を反射器で反射させて定在波を発生させ、共振子とします。従って高いQを利用し主に発振子や狭帯域フィルタに応用されます。2ポート形共振子は、構造からそれ自体狭帯域フィルタですが、高いQを利用し一般に1ポート形共振子より高い周波数帯の発振子や狭帯域フィルタに用いられます。

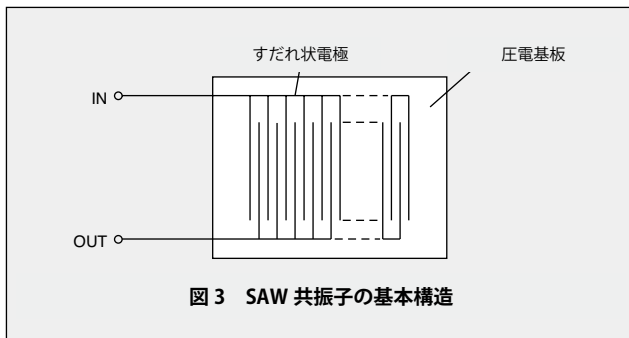


図3 SAW 共振子の基本構造

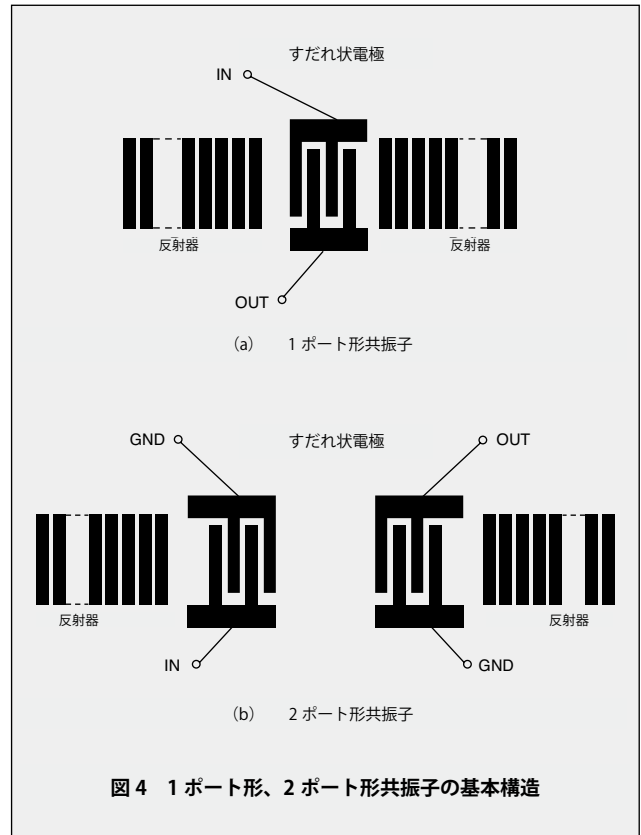


図4 1ポート形、2ポート形共振子の基本構造

● 圧電基板材料

当社では右表にある SAW デバイス用圧電基板材料を、デバイス設計方式に応じて使い分けております。基板材料は、古くから用いられ設計自由度の高いレイリー波用基板と、移動体通信用を中心に設計自由度が限られますが低損失特性が得られ高音速により高周波化の容易なリーキ波用基板に大別されます。広帯域のフィルタなどには、リチウムナイオベート (LiNbO₃) 基板やリチウムタンタレート (LiTaO₃) 基板が使用され、フィルタ仕様に応じて材料やカットを使い分けています。携帯電話用の低ロスが必須な製品には、リーキ波の材料が主に用いられています。また、優れた低リップル・低群遅延特性が必要な通信機器用途にはレイリー波の材料が主に用いられます。その中で、STカット水晶は最も温度特性が優れており、結合係数が小さく周波数温度特性が二次曲線で常温付近に零温度係数点を持つ圧電基板材料です。

● 周波数温度特性

使用する圧電基板材料によって異なった周波数温度特性を持っています。図5に水晶基板の周波数温度特性を示します。

波動モード	材料名	カット角	伝搬方位	伝搬速度 m/s	結合 k _s ² (%)	温度係数	
						一次係数 10 ⁻⁶ /K	二次係数 10 ⁻⁹ /K ²
レイリー波	ST-quartz	42.75°Y	X	3 157	0.16	0	-34
	LiTaO ₃	X	112°Y	3 295	0.64	-18	-
	LiNbO ₃	Y	Z	3 488	4.82	-94	-
	LiNbO ₃	128°Y	X	4 000	5.56	-74	-
リーキ波	LiNbO ₃	64°Y	X	4 742	11.3	-79	-
	LiTaO ₃	36°Y	X	4 178	4.8	-33	-

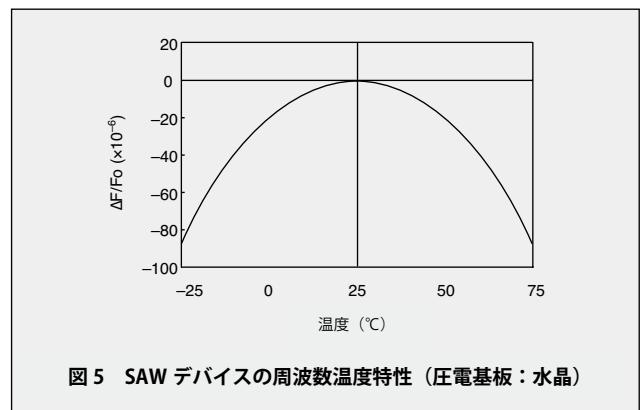


図5 SAW デバイスの周波数温度特性 (圧電基板：水晶)

■ 製造工程

SAW デバイスの製造工程は、IC や LSI を製造する工程と類似しており、超微細なパタン加工が必要なため、クリーンルーム内で製造されています。

