

【がんばれ日本】日本の強み 超音波デバイスの研究

第1章 固体中を伝わる超音波を利用する

スマホのマスト・アイテム! 弾性波フィルタの基礎

垣尾 省司 Shoji Kakio



ここでは、固体中を伝わる超音波、すなわち弾性波を用いた周波数フィルタ・デバイスについて概説します。弾性波の種類により、バルク波(Bulk Acoustic Wave; BAW)フィルタと弾性表面波(Surface Acoustic Wave; SAW)フィルタに大別されます。

弾性波①… バルク波(BAW)フィルタの基礎

● 圧電振動子のふるまい

図1(a)に、圧電振動子の概略を示します。圧電板の表裏両面に電極を設けたもので、電極に交流信号を印加すると、厚さ方向に伝搬するバルク波(縦波または横波)が励振されます。これらは表裏両面で反射され、厚さ方向に定在波が生ずる周波数で振動します。

逆に、圧電振動子により弾性波を電気信号として検出することができます。圧電振動子の表面をほかの音響負荷媒質(例えば液体)に密着させれば圧電トランスデューサとして機能しますし、振動子を音響的に無負荷とすれば Q の高い圧電共振子として高周波回路に利用できます。

▶ 圧電振動子に用いられる圧電材料

圧電トランスデューサ用途には圧電性の高いPZT

(チタン酸ジルコン酸鉛)などの圧電セラミックスが、圧電共振子には音響的損失が低い、すなわち Q が高い圧電単結晶がそれぞれ用いられています。代表的な圧電単結晶としては、安定した温度特性を優先する場合は水晶が、広い比帯域幅を優先する場合には LiNbO_3 (LN)や LiTaO_3 (LT)がそれぞれ用いられています。

▶ 等価回路と共振特性

圧電振動子を等価的に表した電気的な回路が等価回路であり、設計や特性評価に用いられます。厚み方向の機械的な振動をT型の分布定数回路として表示しておき、これと電気端子を電気機械結合係数(電気的エネルギーと機械的エネルギーの相互変換能力を表す係数)で表したトランスで結合させたMason(メイソン)の3ポート等価回路が歴史的に有名です。

一方、共振周波数付近においては、図1(b)に示す集中定数からなる等価回路を用いて近似的に共振特性を表すことができます。ここで、 R 、 L 、 C は、それぞれ共振抵抗、等価インダクタンス、等価容量であり、 C_0 は電極間の容量です。

図1(c)に、共振特性の概略図を示します。端子間のアドミタンスは直列共振周波数 $f_r = 1/2\pi\sqrt{LC}$ で最大、並列共振周波数(反共振周波数) $f_a = 1/2\pi\sqrt{LCC_0/(C+C_0)}$ で最小を示します。 C_0/C は容量比と呼ばれ、この値

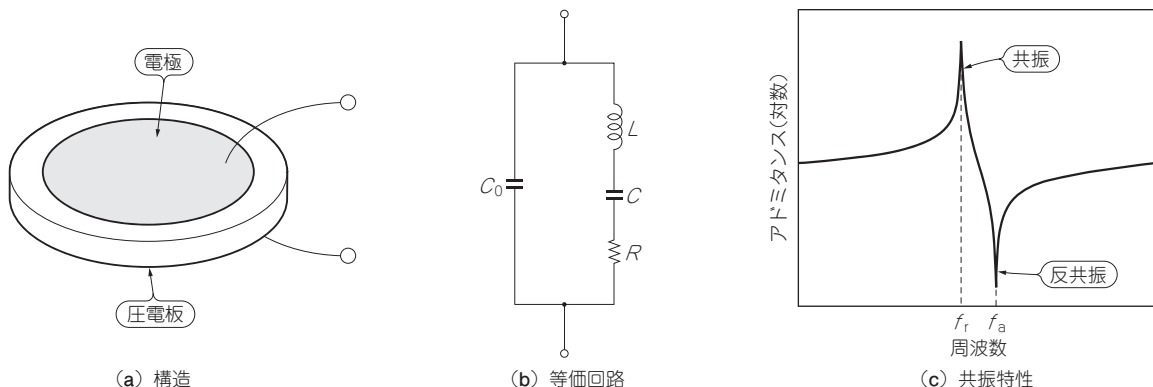


図1 圧電振動子の構造、等価回路、特性