表面弾性波フィルターのテレビ受像機への応用

三洋電機株式会社 桑 野 幸 徳
丹 松 克 男

表面弾性波フィルターを受像機回路へ応用する試みが盛んになってきた。ここでは、表面弾性波フィルターの一般論、受像機回路へ応用する場合に要求される電気的特性、およびそれを実現するための試み、実際の受像機回路への応用、将来の技術動向について述べる。

1. ま え が き

近年、電子機器においては、回路の固体化、集積化が急速に進行してきた。テレビ受像機においても回路のIC化が進み、性能、信頼性、生産性の向上がはかられてきた。しかしながら、LCを中心とするフィルター回路に関しては、固体化、集積化は性能的、経済的制約から期待どおりの効果を上げていないのが実情である。最近、表面弾性波フィルターが、このような点を解消し得る手段として脚光をあびてきた。

表面弾性波フィルターにおいては、表面弾性波の音速が数 km/sec (電磁波の $1/10^5$) であるため、数 10 MHz 帯では電気-弾性波間の相互変換により素子の小型化が可能であること、また、表面波のエネルギーが伝搬媒質の表面に集中しているため、波の発生、検出、制御が固体表面に形成されたパターンで規定でき、そのパターンの基本構成であるインターディジタル電極の設計によって、フィルターの振幅特性、位相特性をそれぞれ任意に制御できる。これらの点から、この素子を応用すれば既存のLCを小型化、固体化、無調整化できるとして注目されてきた。

特に、テレビ受像機の映像中間周波フィルターは複数のLC共振回路からなるため、所要の特性を得るための調整が容易でなく、固体素子による無調整化が以前より求められていた。このテレビ受像機の映像中間周波フィルターへの表面弾性波フィルターの応用が最近活発化し、 LiNbO_3 単結晶¹⁾、PZT セラミック²⁾³⁾、ZnO 薄膜⁴⁾、などの基板を用いた表面弾性波映像中間周波フィルターの公表があいついでなされており、実用化も間近

といわれている。

2. 表面弾性波フィルター

2.1 表面弾性波フィルターとは

表面弾性波フィルター(Surface Acoustic Wave Filter)の基本構成は図1(a)に示すように、圧電基板上に電気信号を表面弾性波に変換する送信電極と、その表面弾性波を電気信号に変換する受信電極とからなり、その電極はインターディジタル電極である。圧電基板としては LiNbO_3 、PZT セラミック、および ZnO 薄膜等が用いられる。

(a) 表面弾性波フィルターの構造

(b) インターディジタル電極に印加された電界による表面弾性波の発生

(c) 表面弾性波フィルターの等価回路の表示

Z_{in} : 入力インピーダンス
 Z_{out} : 出力インピーダンス
 Z_0 : 伝播路の特性インピーダンス

図1 表面弾性波フィルターの基本構成

"Applications of Surface Acoustic Wave Filter to Television Receiver" by Yukinori Kuwano (Research Center, Sanyo Electric Co., Ltd. Osaka) and Katsuo Tanmatsu (Color Television Division, Sanyo Electric Co., Ltd., Osaka)

その原理は図1(b)に示すように、圧電基板の上に形成されたインターディジタル電極に交互に正負となるように電圧を印加すると、圧電基板に対し正負の応力分布が発生し、これが起振力となって電極より左右両方向に進む表面弾性波が構成される。このときインターディジタル電極が表面弾性波の伝搬方向に周期的に分布していると周波数選択特性を持ち、電極ピッチを λ_0 、表面弾性波速度を V_s とすると、励振強度は $f_0 = V_s/\lambda_0$ であらわされる周波数にて最大となる。すなわち、 f_0 の中心周波数を有するフィルターができる。

図1(c)は、表面弾性波フィルターを等価回路的に示したものである⁵⁾。

2.2 表面弾性波フィルターの特徴

表面弾性波フィルターは、従来のLCフィルターと異なるいくつかの特徴を持っている。

(1) 周波数特性

表面弾性波フィルターで、テレビ受像機の映像中間周波フィルター特性に要求されるような特性を実現しようとする場合、複数の電極対からなるインターディジタル電極でフィルターを構成し、各電極対から発生して伝搬して行く表面弾性波の振幅および位相特性を合成してフィルター特性を形成する。実際には、各電極の交差幅を変えたり、電極間隙を変化させることにより実現する。このようにして、1個のフィルターで複雑な周波数特性を実現することができる。

一般的にフィルターの周波数特性 $H(\omega)$ は、振幅特性を $E(\omega)$ 、位相特性を $\Phi(\omega)$ とすると、

$$H(\omega) = E(\omega)e^{i\Phi(\omega)} \quad (1)$$

で表わされ、LCフィルターの場合、 $E(\omega)$ と $\Phi(\omega)$ の間に最小位相推移回路としての条件がつくため、 $E(\omega)$ 、 $\Phi(\omega)$ を個別に選べないが、表面弾性波フィルターの場合、 $E(\omega)$ と $\Phi(\omega)$ の間にLCフィルターの場合のような制約がないため、振幅特性と位相特性を独立に設計できる。

(2) 挿入損失

図1(b)に示すように、表面弾性波フィルターにおいては、入力信号が送信電極で電気機械変換されるとき、両方向に表面弾性波が発生するので、エネルギーとしては3dBしか受信電極に伝搬しない。また、受信電極でも伝搬されたエネルギーは同様にその1/2しか取り出せないで、合計6dBの損失がある。その他に、表面弾性波が伝搬するとき、その伝搬路で発生する伝搬ロスや、後で述べる不要波抑圧のためにとられる、ミスマッチによるロス等があり、通常13~20dBの挿入損失をみこまなければならない。

(3) 入出力インピーダンス

表面弾性波フィルターの中心周波数における入出力アドミタンス Y は、電極ピッチが一定な正規型電極の場合、スミスの等価回路モデル(クロスフィールド近似の場合)⁶⁾で計算されており、放射コンダクタンス G_s 、静電容量 C_T はそれぞれ次のように表わすことができる。

$$G_s = \frac{4}{\pi} k^2 \omega_0 C_s N^2, \quad C_T = NC_s \quad (2)$$

したがって、

$$Y = G_s + j\omega C_T = \frac{4}{\pi} k^2 \omega_0 C_s N^2 + j\omega NC_s \quad (3)$$

となる。

ここで、 N は電極対数、 k は基板の電気機械結合係数である。また C_s は電極1対の静電容量であり、基板の誘導率 ϵ および電極交差幅 W に依存する。 ϵ 、 k は基板材料によって定まり、電極対数 N は実現しようとする周波数特性に応じてほぼ決まってしまうが、電極交差幅 W を変えることにより、インピーダンスレベルをある範囲内で調整することが可能である。

(4) 表面弾性波フィルター特有の不要波信号

通常のLC回路で形成されるフィルターと異なった、いくつか特有の不要波信号が表面弾性波フィルターの場合発生する。

そのひとつはTTE(Triple Transit Echo)と呼ばれるもので、これは送信電極で発生した表面弾性波が受信電極の一部で反射され、いったん送信電極に戻り、そこで同様に反射されて受信電極に到達して主信号に加わるものである。その原因には、インターディジタル電極を構成する各電極指の音響的な不連続性によるものと、電極に接続された負荷インピーダンスに生じた電圧が表面弾性波を再励起することによるものとがある⁷⁾。

また、インターディジタル電極からは表面弾性波だけでなく、一般的には基板内部を伝わる、いわゆるバルク波と呼ばれるものも発生し⁸⁾、これが伝搬路で反射され主信号に加わりスプリアスを生じる。

その他、入出力インターディジタル電極間や引出し電極間の直接電磁結合による不要波信号(以下、直達波と呼ぶ)が発生する。

以上のように表面弾性波フィルターは種々の特徴を持っている。

3. テレビ受像機に用いる表面弾性波フィルター

表面弾性波フィルターは、電極構成の選択によって複雑な通過帯域特性を得ることができるため、受像機を構成する種々のフィルター回路に活用することが可能である。一般的には、単調回路のような簡単な構成部分に用いるより、複雑な特性が要求され、技術的にも経済的

図2 映像中間周波増幅器の回路構成

図3 表面弾性波フィルターに要求される周波数特性の一例

図4 現在市販のテレビ受像機の映像中間周波増幅段の群遅延特性

にも効果の大きい映像中間周波フィルターに应用される場合が多い。

ここでは、カラーテレビの映像中間周波フィルターに应用する場合に、要求される電気的特性と、それを実現するための試みについて述べる。

3.1 要求される電気的特性

(1) 周波数特性

コイルを用いた従来型の映像中間周波増幅器は、図2(a)のように数個のコイルを回路内に分散配置して、必要な通過帯域特性を得る例が多いが、表面弾性波フィルターにおいては、電極設計により1個のフィルターで複雑な帯域特性を実現できるため、図2(b)のようにフィルターを集中配置した回路構成が望ましい。この場合、表面弾性波フィルターに要求される周波数特性は、前段に接続されるチューナーおよび映像検波回路によって左右されるが、通過

帯域の大部分を表面弾性波フィルターで実現することになるため、たとえば図3のような特性が必要である⁹⁾。

現在の受像機では音声トラップなどのため、図4に見られるように遅延時間が増大するので¹⁰⁾、送信側では無線設備規則によって逆補正している。このように送信側で補償されていることを考えれば、表面弾性波フィルターに要求される位相特性も、現在LCが持つ遅延特性と同等の特性にすることが望ましい。

(2) 挿入損失

一般に受像機の S/N はチューナーノイズで決まるとされ、それ以後の回路のノイズはあまり問題とならないのが常識であったが、表面弾性波フィルターをチューナーと映像中間周波増幅器の間に用いる場合には、表面弾性波フィルターの挿入損失が大きいため、映像中間周波増幅器のノイズが問題となる。

チューナーの利得を $G_{(t)}$ 、表面弾性波フィルターの利得を $G_{(s)}$ 、映像中間周波増幅器の利得を $G_{(a)}$ とし、それぞれに対応する雑音指数を $NF_{(t)}$ 、 $NF_{(s)}$ 、 $NF_{(a)}$ とすれば、受像機全体の雑音指数 NF は、

$$NF = NF_{(t)} + \frac{NF_{(s)} - 1}{G_{(t)}} + \frac{NF_{(a)} - 1}{G_{(t)} \times G_{(s)}} \quad (4)$$

で表わされる。この式に現在の代表的なセットの定数を入れて図示すると図5になる。

チューナー利得が最大のときは、チューナーの $NF_{(t)}$ 以外ほとんど効いていないが、チューナー利得が AGC で減ると表面弾性波フィルターの挿入損失、映像中間周波増幅器の $NF_{(a)}$ が効いてくる。このことは、受信画質の良いとされている中および強電界で S/N が劣化することを示している。挿入損失の許容値はこれらを考慮して求める必要があり、13 dB 以下が望ましい⁹⁾。

(3) 入出力インピーダンス

図5 チューナー利得と雑音指数の関係

表面弾性波フィルターの入力インピーダンスは、その前段のチューナーの出力インピーダンス（一般的には数十～数百 Ω ）に整合する必要がある。一方、その出力インピーダンスは映像中間周波増幅器の入力段と整合させて挿入損失の低減をはかる必要があるが、同時に 50～70 dB の利得をかせいでいる映像中間周波増幅器が安定に動作することを考慮して選ぶ必要がある。

(4) 不要波抑圧比

表面弾性波フィルターにおいては 2.2 節で述べたように、TTE、バルク波、直達波による特有の不要波が発生し、フィルター特性を劣化させる。周波数特性でいうならば、隣接チャンネルトラップの減衰量の劣化、帯域内の振幅および群遅延特性におけるリップルの発生、帯域外における抑圧の劣化が起る。これを時間軸でのパルス応答で見ると、図6に示すように、不要波によるメイン応答の変形、あるいは時間軸上の異なった点におけるスプリアス応答として現われる。

これらの不要波はテレビ画面ではすべてゴースト妨害となって現われる。この妨害が検知されないためには、主信号に対して不要波レベルを -40 数 dB 以下にする必要がある¹¹⁾。

(5) 温度特性

通常の LC を用いた回路のフィルター特性の温度依存性はほとんどない。表面弾性波フィルターの場合、表面弾性波を発生させる基板が比較的大きな遅延時間温度係数を持っているため、フィルター特性が温度依存性を持っている。この温度依存性が実用上問題となる。表面弾性波フィルターに要求される温度特性は受信機回路全体の設計に大きく依存するので、いちがいに規定できないが、20～30 ppm/°C が限度であろう。

3.2 要求特性を実現するための試み

表面弾性波フィルターは電極構造を適当に設計するこ

図6 表面弾性波フィルターのパルス応答 (τ は送受電極間のデレイ時間)

とにより複雑な選択度特性が得られるという利点がある反面、不要波および損失が増加するなどの問題点もある。これらの問題点の解決も含めて、前項で述べた要求特性を実現するための各種の試みがなされている。

(1) 電極設計

カラーテレビ用映像中間周波フィルターに要求される特性のうち基本的なものは、電極設計と後で述べる基板材料で規定される。要求される周波数特性および入出力インピーダンスを実現するための電極設計の方法としては、① 抜き電極法¹²⁾、② ビルディングブロック法¹³⁾、③ 出力端短絡伝達アドミタンスに着目する方法¹⁴⁾、④ インパルス応答に基礎をおく方法¹⁵⁾等が検討されている。これらの方法にはおのおのの特徴があり、①、②は比較的単純な周波数特性を実現する場合に、また③はフィルターの挿入損失が大きい場合に、それぞれ有効である。しかし映像中間周波フィルターに要求されている複雑な周波数特性、たとえば非対称な振幅特性(図3)および特有の位相特性(図4)を実現するためには、④の方法を用いるのが一般的である。この方法は所望の周波数特性を得るのに必要なインパルス応答を求めることと、求めたインパルス応答を電極で実現することからなる。

まず必要なインパルス応答を求めるには次のように行う。インターディジタル電極の周波数特性 $H(\omega)$ が電極のインパルス応答 $h(t)$ のフーリエ変換、

$$H(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t)e^{-j\omega t} dt \quad (5)$$

で表わされることを利用し、所望の周波数特性をフーリエ逆変換してインパルス応答を求める。

$$h(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} H(\omega)e^{j\omega t} d\omega \quad (6)$$

ここで実際には、素子の寸法上の制約による打ち切り効

果やサンプリング効果によって生じる誤差を許容範囲に納めるため、反復計算して必要なインパルス応答を求める。次に、こうして求めたインパルス応答を電極で実現するために電極に重みづけを行う。重みづけの方法として各種の方法^{16)~18)}があるが、製造の容易なこと、重みづけ範囲が広くとれることから、電極交差幅を変化させるアポダイズ型が最もよく用いられている。

このようにして所望の周波数特性を実現するが、さらに負荷インピーダンスの効果を含めるため、等価回路モデル⁵⁾による解析を併用することもある。

(2) 不要波対策

表面弾性波フィルターが前述の特性を満たすためには、各種の不要波を充分に抑圧する必要がある。

音響的不連続による TTE は、電極金属膜厚を適切に選ぶことによってある程度減らすことができる¹⁹⁾が、根本的にはダブル電極構造を用いて抑圧される²⁰⁾。これは相隣る電極指エッジで反射した2つの表面弾性波の位相差が π となっており、互いに打消し合うことを利用したものである。この方法は、電極指幅が1/8波長と狭くなるため、製造歩留りを下げることが予想される。再励起による TTE の抑圧には、送信(受信)電極のインピーダンスと電源(負荷)インピーダンスを不整合にするのが有効であるが、挿入損失の増加を伴う欠点があり、実用化を考えるうえで大きな問題のひとつとなる。

バルク波の抑圧は、粗面加工した基板裏面に音波吸収材をはり付けることによって行われているが、さらに効果的に抑圧するため、ゼニス社¹⁾やプレッシャー社²¹⁾は、図7(a)に示すマルチストリップカプラー(Multi Stripe Coupler)を用い、バルク波と表面波を分離することにより、バルク波を充分抑圧している。また、直接電磁結合による直達波は、送受電極間にシールド電極を設け(図7(b))、基板の裏面全体に導電性物質を塗布し、ともに接地することによって抑圧している²²⁾。

その他、基板端部での反射も不要波となるが、通常、基板端部を斜めにカットし、端部に音波吸収材を塗布することによって充分抑圧している。

(3) 基板材料

表面弾性波フィルターの性能は基板材料によって大きく左右される。先にあげた帯域幅、入出力インピーダンス、挿入損失、温度特性などの諸特性を満足するための基板材料に対する条件としては、

- (1) 必要な帯域をカバーできる、充分な大きさの電気機械結合係数 k^2 を持っていること。
- (2) 表面弾性波の伝搬損失が小さいこと。
- (3) 周辺回路で決まる適当なインピーダンスに設計可能な誘電率を持っていること。

(a) マルチストライプ カプラーを用いたバルク波の抑圧

(b) シールド電極を用いた直接電磁結合の抑圧

図7 不要波対策を施した表面弾性波フィルターの例

(4) 温度係数が小さいこと。

(5) ウエハー面が充分平滑で、材料定数のばらつきが小さく、低コストであること。

が要請される²²⁾。

表面弾性波フィルター用材料として現在検討されているものには、圧電結晶として LiNbO_3 ¹⁾²¹⁾、 LiTaO_3 、 $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ ²³⁾ および、PZT セラミック²⁴⁾ などがあり、その他、 ZnO ⁴⁾などをガラス等の上に薄膜として形成したものなどが試みられている。

一般的には単結晶は再現性が優れているが価格が高い(LiNbO_3 LiTaO_3)、結合係数が小さい(水晶)、温度係数が悪い(LiNbO_3 、 $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$)などの欠点がある。また、PZT セラミックは組成により基板特性をある程度自由に選択できるが、信頼性、再現性に欠けるという欠点がある。 ZnO 膜は周辺回路と一体化した構造を可能にする面があるが、いまのところ開発的要素が多い。

4. 実際のテレビ受像機への応用

これまでに報告された表面弾性波フィルターは表1のとおりであるが、これまでのところ前章で述べた必要性能を十分に満足したものは見当たらない。しかし、性能向上と無調整化の利点を生かすためフィルターそのものの改良と同時に、映像中間周波回路の構成にも工夫を加えて実用化しようとする研究、開発が続けられている。

1974年、発売されたZenith社の19FC45モデルに初めて表面弾性波フィルターが実装された¹⁾²⁴⁾(図8に回路図を示す)。このフィルターはLCフィルター6個と等価であるとされている。その帯域特性は図9に示すような特性を有し、各周波数点のレベルは表1に示すと

表 1 各社の表面弾性波映像中間周波フィルターの諸特性 (各社カタログによるデータ)

	ゼニス	プレッシー	京都セラミック	ミツミ電機	村田製作所
挿入損失 (負荷回路 入力 出力)	18.4 dB (82 Ω , 9 pF)	13 dB 50 Ω , 1 k Ω , 3 pF	(チューニング時) 13 dB	16 dB	14 dB (75 Ω , 0.82 μ H) 330 Ω
周波数特性					
映像搬送波 (dB)	-7.5	-6 $\pm$ 1	-4 $\pm$ 1	-3 $\pm$ 1.5	-3 $\pm$ 1
音声搬送波 (dB)	-2	-3 $\pm$ 1	-4 $\pm$ 2	-3 $\pm$ 1.5	-4 $\pm$ 3
隣接チャンネル映像搬送波 (dB)	-7.5	-23 $\pm$ 2	-20 $\pm$ 5	-24 $\pm$ 3	-17 $\pm$ 5
隣接チャンネル音声搬送波 (dB)	-56	-50以下	-40以下	-30以下	-45以下
帯域外特性					
低域側 (dB)	-35以下	-40以下	-35以下	-36以下	-35以下
高域側 (dB)	-35以下	-40以下	-40以下	-30以下	-35以下
帯域内特性					
不要波レベル (dB)	-45以下		(リップル $\pm$ 0.5以下)	(リップル $\pm$ 0.35以下)	-35以下
群遅延時間リップル (ns)	$\pm$ 50以下		$\pm$ 50以下	$\pm$ 40以下	$\pm$ 50以下
周波数温度係数 (ppm/ $^{\circ}$ C)		80	-10 $\sim$ +20 $^{\circ}$ C -38 +20 $\sim$ +60 $^{\circ}$ C +38	15	-25 $\pm$ 15
備考	LiNbO ₃ YZ 47 MHz	LiNbO ₃ 39 MHz 47 MHz	PZT 系圧電セラミック 58 MHz	58 MHz	ZnO 薄膜 58 MHz

(a) 従来の LC フィルターを用いた場合

(b) 表面弾性波フィルターを用いた場合

図 8 ゼニス社映像中間周波増幅回路

おりである。また、挿入損失(有能電力損)は 18.4 dB, 直達波は -47 dB, TTE は -55 dB である。

挿入損失の増加による利得の減少は、映像中間周波増幅器の利得を増加させるとともに、チューナー利得を 34 dB としたことで対処できた。また、NF 劣化は映像中間周波増幅器の NF が 11 dB であるが、チューナー利得が 34 dB あるので、0.5 dB の劣化にしかならず問題ないとされているが、中および強電界で AGC が働いてチューナー利得が低下したとき S/N がどうなるかが問

題であろう。総合選択度特性は、後段の LC フィルターを含めて構成され、所要値を満足している。

プレッシー社の表面弾性波フィルターの応用回路(図 10 に示す)によれば、表面弾性波フィルターのみで映像中間周波段の所要選択度特性を決めており、その帯域特性は図 11 のようになっている。各周波数点のレベルは表 1 のとおりである。

挿入損失は 16 dB, 直達波は -60 dB, TTE は -48 dB となっている。挿入損失は整合をとれば 10 dB 以下にす

ることが可能であるが、スプリアスが増加するので、スプリアスを所望値以下におさえるため、励振インピーダンスは低く、出力端は $500\Omega/3\text{pF}$ と不整合にしている。この損失を補償するため、前置増幅器を追加して利得および NF の改善を行っている。直達波レベルは -60dB とれているが、実装形態によって大幅に変わるので十分な配慮が必要である。

5. 技術動向

現在、表面弾性波フィルターの受像機への応用を考えると、いくつかの問題点がある。第一は表面弾性波フィルターの性能に関するもので、第二は表面弾性波フィルターのコストであり、第三は周辺回路の開発にある。第一と第二の点は基板にかかわる点が多い。基板材料に

については、フィルター特性の温度依存性を決める遅延時間温度係数、周辺回路とのマッチングを考慮した誘電率の大きさおよび、コストに影響を与える材料定数の均一性などが中心的に検討されている。基板材料としては先にふれたようにそれぞれ一長一短があり、各材料それぞれについて改善のため懸命な努力が続けられており、それらの成果が着実に現われつつある。

ゼニス社やプレッシー社が採用している LiNbO_3 単結晶は、当初コスト高といわれていたが、徐々に価格を下げている。温度係数に関しては、ゼニスの Devries らのように、AFC 回路により IF 周波数を補償することによって解決できるという考えもある²⁴⁾。PZT セラミックについては日本の各社が開発を行っており²⁵⁾、従来問題とされていた基板の誘電率、および温度係数を解決しつつある。コスト等の関係から、ウエハ内の材料定数の均一化に対する今後の検討が望まれる。

図 9 ゼニス社表面弾性波フィルターの周波数特性

図 11 プレッシー社の表面弾性波フィルター周波数特性

図 10 プレッシー社の表面弾性波フィルターを用いた映像中間周波増幅回路

その他、ZnO 膜を用いたものが発表⁹⁾されているが、この場合もセラミックと同様に、膜の均一性、量産性の解決が重要なポイントである。

素子の性能以外に表面弾性波フィルターを用いた場合の周辺回路の開発があげられる。特に挿入損失と不要波の対策については充分考慮する必要がある。

挿入損失については、ひとつはプレッシー社などが行っているような表面弾性波フィルターの前に前置増幅器を追加する方法である。利得、 S/N ともに改善されるが、相互変調を起さず大きな出力が取り出せる増幅器を、いかに安く、どのように組込むかが今後の課題だろう。

他の方法としては、表面弾性波フィルター以後の映像中間周波増幅器の利得を増加する方法がある。この場合、IC 化を考えればコスト上昇はほとんど考えなくても良いが、性能面で NF が小さい素子の開発および雑音発生が少ない AGC 回路などの回路開発が急がれる。

不要波、特に直達波による不要波レベルは、部品配置、結線方法で大きく変化するので回路側でも充分考慮する必要があるが、単に部品配置、結線方法を工夫するだけでなく、レイアウトの影響を受けない回路方式を開発する必要がある。

表面弾性波フィルターの特長を最大限に生かすため、LC フィルターを必要とする回路方式をできるだけ避ける必要がある。それには性能の良い検波方式の開発、チューナーの出力回路の広帯域化などが必要となろう。

表面弾性波フィルターの応用として、映像中間周波フィルターへの応用を述べた。その他の表面波フィルターの受像機回路への応用のうち、実用化され始めたものとしてテレビ用ゲームマシンの RF 出力段のフィルターがある。またその他、表面弾性波デバイスの受像機回路への応用としては、ゴーストキャンセラーや PAL 方式テレビ受像機用の 1H デレイラインや、発振器の開発がなされつつある。これらの分野も今後充分注目して行く必要があるだろう。

6. む す び

表面弾性波フィルターが実用化され普及していくためには、まだ解決すべき問題点がいくつか残されている。しかし、映像中間周波段を無調整にしたいという強い要請があること、この素子の採用により、中間周波段のスペースの減少、ブロック化への寄与を考えると、LC フィルターにとってかわる日もそう遠くないと思われる。

(昭和52年4月20日受付)

(参 考 文 献)

- 1) A. J. DeVries, et al.: Detailed Description of a Commercial Surface-Wave TV IF Filter, 1974 IEEE Ultrasonics Symposium Proc. (1974) 147
- 2) 丸山: セラミック表面弾性波素子の応用について, 信学技報, **75**, 229 (1976)
- 3) 高橋ほか: 弾性表面波 TV-IF フィルタ, 信学技報, **76**, 145 (1976) 47
- 4) 川端ほか: ZnO 薄膜によるテレビ用弾性表面波フィルター, 信学技報, **75**, 252 (1976) 33
- 5) W. R. Smith, et al.: Analysis and Design of Dispersive Interdigital Surface-Wave Transducers, IEEE Trans., **MTT-20**, 7 (1972) 458
- 6) W. R. Smith, et al.: Analysis of Interdigital Surface Wave Transducers by Use of an Equivalent Circuit Model, IEEE Trans., **MTT-17**, 11 (1969) 856
- 7) W. S. Jones, et al.: Second Order Effects in Surface Wave Devices, IEEE Trans., **SU-19**, 3 (1976) 368
- 8) M. R. Daniel, et al.: Acoustic Radiation by Interdigitated Grids on LiNbO₃, J. Appl. Phys., **43**, 12 (1972) 4872
- 9) 木谷ほか: VIF 用セラミックフィルターの開発, テレビ学会方式回路研資料, TBS 32-2 (1976) 5
- 10) 高井: カラー受像機の現状, NHK 技報, **16**, 4 (1973) 8
- 11) 藤井: カラーゴースト画像の評価試験, NHK 技報, **18**, 3 (1975) 93
- 12) C. S. Hartmann: Weighting Interdigital Surface Wave Transducers by Selective Withdrawal of Electrodes, 1973 IEEE Ultrasonics Symposium Proc. (1973) 423
- 13) A. J. DeVries, et al.: A Design Method for Surface Wave Filters Using Simple Structures as Building Blocks, 1973 IEEE Ultrasonics Symposium Proc. (1973) 441
- 14) K. Sugiyama, et al.: Design of Acoustic Surface Wave Filters Using Phase-Coded Transducers, 1973 IEEE Ultrasonics Symposium Proc. (1973) 445
- 15) R. H. Trancrell, et al.: Acoustic Surface Wave Filters, Proc. IEEE, **59**, 3 (1971) 393
- 16) P. Hartmann, et al.: Acoustic Surface Wave Filters, Electron. Lett., **5**, 25 (1969) 657
- 17) R. F. Mitchell: Acoustic Surface-Wave Filter, Philips Tech. Rev., **32**, 6 (1971) 179
- 18) 佐藤ほか: 励振強度重み付きすだれ状電極による弾性表面波フィルター, 音響学講論, 3-1-6 (1973) 373
- 19) 千葉: 弾性表面波インターデジタル電極の反射特性, 信学技報, **76**, 64 (1976) 21
- 20) T. W. Bristol, et al.: Applications of Double Electrodes in Acoustic Surface Wave Device Design, 1972 IEEE Ultrasonic Symposium Proc. (1972) 343
- 21) J. M. Deacon, et al.: SAW Filters for TV Receivers, IEEE Trans., **CE-21**, 4 (1975) 390
- 22) A. J. DeVries: Characteristics of Surface-Wave Integratable Filters, IEEE Trans., **BTR-17** (1971) 16
- 23) D. W. Parker, et al.: A Television IF Acoustic Surface Wave Filter on Bismuth Silicon Oxide, Proc. IEEE, **64**, 5 (1976) 677
- 24) J. Rypkema, et al.: Engineering Aspects of the Application of Surface Wave Filters in Television I.F.'s, IEEE Trans., **CE-21**, 2 (1975) 105