電子チューナーの現状

正会員 青 木 貢[†], 正会員 天 野 勝 造[†]
山 縣 涌一朗[†], 正会員 芝 田 文 明[†]

最近の電子チューナー全般に関する技術状況を解説するものである。

1. ま え が き

電子チューナーがカラーテレビ受像機に使われ始めてはや10年以上の歳月が過ぎ、現在ではロータリーチューナーを追い抜いて主要テレビセットの大半に使われるようになっている。本稿では、映像機器の各分野で使われている種々の電子チューナーについて、その代表例を取り上げて内容を解説するとともに、周辺技術や今後の課題についても触れてみたいと思う。

電子チューナーの分け方にはいろいろあるが、本稿では説明の都合上、U/V 標準電子チューナー、小形電子チューナー、CATV 対応電子チューナーおよびダブルスーパーチューナーの順で筆を進めていきたいと思う。

2. 映像機器と電子チューナー

電子チューナーが使われる主な映像機器は、家庭用カラーテレビセットを代表に、プロジェクションテレビ、液晶テレビやVTR等であり、北米市場ではCATVコンバーターを挙げることができる。電子チューナーの受信帯域幅はVHF・UHFテレビ放送チャンネルおよびCATVチャンネルが対象となっており、周波数は各国毎に異なっている。通常はU/Vの全チャンネルをカバーするものが使われるが、英国のようにUHFチューナーのみで良い国や、ブラジルのようにVHFのみで良い国など、放送事情により様々である。

回路構成別にみると、シングルスーパーとダブルスーパーに大別できるが、テレビセットの電子チューナ

図1 U/V 標準電子チューナーの回路構成例

ーは、すべてシングルスーパーである。ダブルスーパーが使われているのは、北米地区で出まわっているCATVコンバーターのみである。

シングルスーパー方式の回路構成は、図1のように定着しており、仕向地が変わっても基本的には同じである。したがって現在の電子チューナーは、後述するように、どちらかといえばその造り方(如何に小さく、如何に安く)が最大の注力ポイントで、変革もそれを中心に行われているといつてよい。

3. U/V 標準電子チューナー

3.1 チューナーの半導体化

これはロータリーチューナー時代に始まっている。その後、電子チューナーにおいては、中心部品であるVCD（バラクターダイオード）等の性能改善が進み、現在、チューナー自体は仕様面で安定期に入っている。そのためメーカーの努力ポイントはVA/CDに移っている。

現在の電子チューナーは、各社ともかなり小形になっているが、これに大きく寄与したのは、コンデンサー、抵抗、インダクター等のチップ部品化である。この採用によりチューナーの小形軽量化、製造の自動化

[†] 東京芝浦電気株式会社 テレビ事業部

"The Present Condition of ET Tuner" by Mitsugi Aoki, Shozo Amano, Yuichiro Yamagata and Fumiaki Shibata (Television Receiver Div., Toshiba Corporation, Fukaya)

写真 1 チップ部品実装基板例

が急激に進み、チューナー自体の製造原価も引下げられたといえよう。

チップ部品を使ったチューナーは、昭和 53 年頃より出始めている。チップの形状には、円筒形と角板形があって、その利・欠点が論議されたが、現在では両者ともに改善が加えられ共存共用されている。

テレビセットや VTR セットに使う上で、チューナーのサイズは重要なファクターである。最近の各社代表チューナーサイズを調べると、ここ数年間で、縦横寸法は 20～30 %、厚さは 30～40 % 短縮していることがわかる。

この傾向は今後も続くと思われるが、一方では、小さくして余ったスペースに、従来ならチューナー外部に置いていた高周波系の回路を取込んで付加機能を上げていくといった傾向も見られる。周波数シンセサイザー用のチューナー等で、プリスケラー IC を内蔵することなどがその一例である。

また北米市場向けの CATV 対応チューナーでは、VHF チューナーが 3 バンド構成になるが、チューナー自体の外形寸法は普通の U/V チューナーと変わるところなく、機能を内蔵してしまっている。

3.2 回路構成

前述のように、ほとんど同じであるが、増幅、発振、混合等、能動素子の性能改善、形状小形化、あるいは、コンデンサー、抵抗等、受動素子の形状変更に伴う小変更の積み重ねが変革の中心である。

テレビセットの IC 化の波を受けて、チューナー回路の IC 化も一部メーカーで実施されている。こういった実施例をみていると、チューナーにおける IC 化の利点の評価ポイントは、低周波回路の IC 化とは違っていることを発見できる。

チューナーの IC 化では、必ずしも IC 化特有の部品点数削減、工数の削減といった CD 効果が明確でな

いが、性能的には、どうしても IC でないと得られない面がある。特に北米市場における CATV チューナーの商品化においては、DOC 規格の対応とも合わせて評価しないとイケないであろう。具体的には、局発漏洩、中間周波妨害比改善、局発の安定化等は、ディスプレイの現行回路では容易に得られないレベルであるといえる。

チューナーの +B 電圧は、RF 増幅段に使う MOSFET で左右され、数年前までは、12～24 V までの広範囲にわたっていた。現在では、低電圧駆動の MOS が開発されたためにほとんどが 12 V 騒動になっている。

VHF と UHF の切換えは +B 電圧で行われるが、VHF チューナーのバンド切換えは、大別して +B と連動してスイッチングダイオードで切換える方法と、+B とは別系統のスイッチング電圧で切換える方法とに分けられる。しかしダイオード自体の動作は、ローチャンネル受信時 OFF、ハイチャンネル受信時 ON の基本動作に変わりはない。

ダイオードを OFF にする手段は、正電圧どうしの電位差、負電源の利用、局発勢力を整流して得られる自己バイアス電圧等があるが、正電圧どうしの電位差法が、実施の容易性やダイオードによる混信発生等に有利なため多用されている。

AFT の方式には 2 通りあり、局発部に AFT 専用の VCD を設けるものと、電子チューナーの特徴を活かし、同調電圧に AFT 電圧を外部回路(送局回路)で重畳するものがある。前者は、安価に AFT システムが組めるが、チューナーの局発感度がチャンネル間で異なるのを補正するには後者の方が適している。

RF 増幅段に使用する素子は、MOSFET が定着している。外囲器は自動化に適したモールドタイプとなっている。UHF も VHF より少し遅れて MOSFET が導入されているが、一部にはさらに NF を改善するために GaAs MESFET を使った例もある。

MOS では 12 V ドライブが普通で、MES では 5 V 位までのドライブが可能といわれている。

ミキサー回路は、VHF の場合バイポーラトランジスタのカスケード接続がロータリーチューナー時代から一般的になっているが、隣接チャンネルや隣々接チャンネルによる混信改善には、FET ミキサーとすることが効果的であるし、局発漏洩の軽減化や入力信号による局発ハンドリング対策に関しては、ミキサー前段にバッファアンプを挿入したり、IC 化したりして改善している。

UHF チューナーでは、ダイオードミキサーが長い

間使われていたが、RF アンプが MOSFET 化されるにつれて、VHF との利得バランスの面より、トランジスタミキサーへと移行されてきている。

発振回路は、UHF、VHF 共に変形コルピツタイプが使われている。VHF は温度安定化のためクラップ回路をコレクター接地で発振させており、UHF はタンク回路との結合が得易いベース接地動作が一般的である。

3.3 チューナーに要求される性能

受信感度、混信、局発安定度等が代表的であるが、近年特にカナダ (DOC 規格) や西独 (FTZ 規制) 等で局発が入力端子へ漏れる漏洩電圧規制が厳しくなっている。DOC の例では、VHF 帯 $34\text{ dB}\mu$ 、UHF 帯 $50\text{ dB}\mu$ であり、チューナーのコストを上げずに対策するには非常に難しい問題である。

NF は、VHF チューナーで $3\sim 6\text{ dB}$ であるが、UHF では変化を遂げている。RF 段がバイポーラトランジスタの時は $8\sim 10\text{ dB}$ であったものが、MOSFET の時代に入り、他の改善効果も含めて $6\sim 8\text{ dB}$ オーダーが得られるようになってきている。GaAs FET を使った例では、さらに $1\sim 2\text{ dB}$ 改善され、VHF に近づいている。チューナーの利得は U/V とともに普通 $30\sim 40\text{ dB}$ の間で設定されている。

混信については、MOSFET の採用でほとんど実用的に問題のないレベルになっているが、都市部や強電界地区での特殊環境条件等も考慮すると、さらに改善することが必要である。

3.4 チップ部品の導入による自動化

これにより大幅な工数削減がもたらされ、ひと頃、人件費対策で海外へ流出しようとしていたチューナー製造を国内へ留めおく役割を果たしたといつて良い。チップ部品自体のコストも徐々に下がっており、小形化高密度化には欠くことのできないものである。

チップ抵抗は、トリミングにより精度の良いものが大量に入手可能であるし、チップコンデンサーも機械的強度や電気性能に改良が加えられている。

実装マシンには、大きく 2 通りあり、同時式および順次式と通常呼ばれている。同時式はチップ部品の配列に規則性を要求するマトリクス方式と、任意に置いてよいテンプレート方式があるが、後者は機械加工面から配列に制約をうけるので、どちらが勝っているともいえない。

順次式は、最近になって各マシンメーカーが注力しているもので、N/C (数値制御) によりテーブルヘッドを移動していく X-Y テーブル方式と、ヘッドを何個か用いて多連で装着していくインライン方式が見ら

れる。また、これらの各方式に対応してチップ部品の荷姿も変わり、テープ方式、マガジン方式、トレー方式、袋詰め方式と種々工夫されている。

4. 小形電子チューナー

小形軽量で薄く場所をとらないチューナーは、ポータブルのテレビセットや VTR 用に要求されている。チューナー自体の回路構成は、シングルスーパー方式で、前項の U/V 標準電子チューナーと同様である場合が多い。また小形といっても、コスト的な制約があるので、材料費や工数を犠牲にしてまで小形チューナーを作るわけにもいかない。

現在出廻っているチューナーを体積で表現すると、小形チューナーの場合 50 cm^3 前後で、これに対し U/V 標準チューナーの場合 $100\sim 200\text{ cm}^3$ 程度である。普通に造ると 100 cm^3 以上になるものを、電気仕様や性能を余り落とさず、ほとんど同様な回路構成で造るわけであるから、組立構造にその回答を求めることになる。

この手段として両面基板や片面基板を 2 枚はり合わせて両面基板と等価な効果を得る方法が使われている。両面基板を使用する場合は、表面パターンと表付部品とを接続するためのはんだ付作業が必要となり、スルホールメッキ等が使われている。

また両面構造をさらに進めて、多層基板化することも検討され、一部実施したものも出廻っている。多層基板の作り方は、厚膜で導体、抵抗、コンデンサーを基板の表面に形成する乾式厚膜法と、導体と誘電体を何層にも重ねて回路結線と容量を形成する湿式厚膜法および、これらを組合せた方法が検討されている。

これらの方式では、基材の材質は通常の紙エポキシやガラスエポキシではなく、もっと高温の焼成温度に耐えるものとなる。現在ではセラミック基板が最も多く使用されている。しかしチューナーとしての高周波性能を十分に得るには、コンデンサーの容量値ばらつきの吸収法、導体パターン材料の高周波抵抗低減化対策や、寄生インダクタンスの処置方法が検討の課題である。また、コスト的にも大幅に下げる努力が要求される状況である。

小形のチューナーに使われている部品は、同じチップ C、R でも大小 2 種類が使われている。角形チップコンデンサーでは、 $3.2\times 1.6\text{ mm}$ と $2.0\times 1.25\text{ mm}$ が、また円筒形では $1.4\phi\times 3.5\text{ mm}$ が多い。チップ抵抗の場合も上記容量と全く同じである。コイルに関しては、相変わらずポリウレタン線の空芯巻きが多く、チップインダクターもあるが、Q が低いためチ

ヨークコイルの代用として使われている程度である。

能動素子は超ミニタイプのパッケージが主体で、トランジスタ、ダイオード共に約2.9×1.5 mmのモールドタイプであるが、ダイオードについては、さらに小さい1.35φ×1.8 mmのものまである。また超ミニパッケージでは不向きとされていた4極MOS-FETも同じ寸法のパッケージに封入されている。

小形チューナーをポータブルテレビやVTRに使う場合、当然ながら電池ドライブが条件となるため低電圧ドライブや低消費電力性が要求されてくる。この場合のネックはMOSFETで、その減電圧特性によって制限されるため、現状では12 V以下で使うのは難しい。GaAs FETにすれば、低電圧化の問題は解決するが、電流をMOSFETの2倍近く必要とする。

したがって、ポータブル用としてはU/V共にバイポーラトランジスタをRF段に使うケースが多い。

5. CATV 対応電子チューナー

U/V 標準電子チューナーの受信可能範囲をさらに拡大し、CATV 放送のミッドバンド、スーパーバンドやハイパーバンドまでカバーするものをCATV 対応チューナーと呼び、区別している。このチューナーが必要なのは、欧州や北米市場で、国内では使われていない。

同じCATVでも欧州と米国では放送事情が異なるためチューナーの回路方式も違っている。特に米国市場では、CATVを受信するための専用コンバーターがケーブル会社よりサブスクライバーに供給されており、オールバンドテレビセットと共存の状態にある。カナダでは、ケーブルコンバーターも一般テレビセットと同じように店頭販売されている。CATVに加入したいユーザーは、手持のレギュラーテレビセットにコンバーターをつけても良いし、新しくオールバンドセットを購入しても良い。米国の場合はそう簡単にからず、ユーザーにとってもメーカーにとってもしばらく現在の状態が続くものと思われる。

5.1 欧州タイプCATVチューナー

チューナーの回路構成はU/V標準チューナーと同じで、VHF 2、UHF 1の合計3バンド方式である。チャンネルの受け持ちは、ローバンド受信時に図2に示すようにS1までカバーし、ハイバンド時にS2～S20までを広範囲に受けもつ方式が普通である。

図2 欧州CATV 対応チューナーのチャンネル配分

欧州のCATVはチューナーに関係する厳しい規制値はないので、2バンドで目一杯カバーする方式が採られている。UHFチューナー部の構成は標準チューナー部と全く同じであるので説明を省く。

この広帯域受信方式で必然的に問題になってくるのが、イメージ妨害である。図2でわかるように、チューナーのIF周波数が38.9 MHzのため、約11チャンネル上のところがイメージ帯となってしまう。このため同調回路を工夫し、通常レスポンスの裾切れだけでは50 dB程度しか得られないイメージ抑圧比を、約70 dB位得られるように改善している。これはイメージ帯に可変トラップが挿入されたのと等価な動作で、UHFチューナーにもよく使われている回路技術である。

同調回路に使用するVCDは、通常 $C_3/C_{25} \approx 9$ 前後の高変化比のものが使われるが $C_{25} \approx 3\text{pF}$ 程度と小さいため、ペレット構成上 r_s が大きい。そのために2チャンネルやS2チャンネルで利得の低下や局発安定度の悪化を引き起こし易く、回路設計上で工夫を必要とする。また同調電圧範囲も普通のチューナーに比べて非常に低い所まで使用せざるを得ず、2チャンネルやS2チャンネルでは1 V以下になってしまうために、AFT方式は同調電圧にあらかじめ重畳した方式に限定されてしまう。

また欧州チューナーはIFが38.9 MHzで、2チャンネルの48.25 MHzと非常に近いためIFリジエクション性能が泣き所で、通常50 dBオーダーの確保がやっとなのであるが、MIX～OSC部にICを採用して、ICの内部回路でアイソレーションを確保し、70 dBオーダーを得て解決している例もある。

いずれにしてもCATVの放送チャンネルがもっと増えてくれば、種々の規制が強まり、現在主流の2バンド受信方式も、いずれ見直されることになるう。

5.2 北米タイプCATVチューナー

北米市場で使われているチャンネル配分を図3に示

すが、カナダではスーパーバンドまでが使用されており、ハイパーバンドへ拡大しているのは米国市場である。テレビセットもこれに伴ってチャンネル拡大競争を行っており、VHF63+UHF70=133チャンネルが現在最も多い受信容量となっている。UHFチューナー部は標準チューナーと同じなので説明を省くが、VHFチューナー部はこれだけの広帯域受信を行うために、チューナーの回路方式が大きく変わろうとしている。

図4に系統図で示すが、(a)の3バンド切換方式は文字通りタンク回路のコイルをスイッチングダイオードで切換えていく方式で、従来のVHFチューナーの延長上のものである。しかしながら、タンク回路とトランジスタとの接続には、広帯域にわたって良好な結合を得るためにVCDを2個ずつ使い、一方を周波数

可変用、他方を主に回路との結合可変用として使っているのが現状である。

またタンク回路のL/Cの構成と、回路部品がもつストレイ容量等から考えると、3バンドで対応できるのは、VHF 63チャンネル位までの容量がひとつの到達点である。今後さらにCATV放送がハイパーバンドの上の方へ広がっていった場合には、他の回路方式を採用することになるかもしれない。

図4(b)は、VHFチューナー部が2系統に分けられた構成をもっており、この方が当然のことながら広帯域受信には有利になってくるが、コストパフォーマンスをどうとらえるかの問題は、同時に発生する。このあたりの受信方式は、もろにダブルスーパー方式とぶつかるため、方式定着までにはまだ時間がかかりそうである。

またセットメーカーの別の事情として、カナダ向けにも同仕様のセットを用意し手間を省く傾向があるため、米国向けといってもDOC規格を念頭に置いておく必要がある。したがって、アンテナ入力への局発漏洩レベルやイメージリジェクション、NFといった性能は、DOC規制をもクリアできるレベルを狙って設計されるのが普通である。

また、こういった観点から、欧州チューナーの項で述べたように、ミキサー局発部にICを使って、局発漏洩やIFリジェクションを解決するチューナーも見受けられる。いずれにしても図4(a)方式か(b)方式かは、チューナーのコストや形状も異なり、選局回路のICまで変わってくるため、既存のセットを販売してきたメーカーとしては、なるべく(a)方式でVCDやトランジスタ等の素子改善により対応していきたいところである。

現在、多くは図4(a)の方式で、(b)方式は一部メーカーが実施し始めているが、性能、コスト、将来のチャンネル拡大や米国CATV特有のスクランブル信号の処理方式も絡まって、まだまだ決着のつかない段階であるといえよう。

6. ダブルスーパー方式電子チューナー

ダブルスーパー方式の電子チューナーは、製品段階で使われているものにCATVコンバーター用のUP/DOWNチューナーがあり、研究試作段階のものにU/Vオールバンドダブルス

VHFレギュラーバンド	54 88 [2~6] ローバンド	174 216 (MHz) [7~13] (チャンネル) ハイパーバンド
CATVバンド	90 120 174 216 300 438 500 (MHz) [A-5~A-4] [A-1] [J~W] [AA~WW] (チャンネル)	470 890 (MHz) [14~83] (チャンネル)
UHFレギュラーバンド		

VHF~CATV チャンネル数≒58波 (又はA-1~A-5を含めて63波)
UHF~VHF 全チャンネル数≒128波 (又はA-1~A-5を含めて133波)

図3 米国VHF、UHF/CATVバンドのチャンネル配分

図4 CATV対応チューナーVHF部の回路構成例

図 5 U/V オールバンドダブルスーパーチューナー
構成例

ーパーチューナーがある。

前者は、北米市場で盛んに成長している CATV の多数チャンネル受信を目的にしたもので、VHF のローバンドから 400 MHz 台のハイパーバンドまでのケーブル伝送信号を受信選局し、VHF の 2~4 チャンネルに再び変換して送出するものである。

後者は、現在のシングルスーパー方式電子チューナーが周波数変化比の関係から VHF 2 バンド、UHF 1 バンドの少なくとも 3 バンドで受信する方式になっているものを、ダブルスーパーの利点を活かして単バンド受信またはせいぜい U/V 2 バンド受信にし、チューナーの簡素化を図るとともに、イメージ周波数を受信帯域外に追い出してしまおうというものである。

6.1 U/V オールバンドダブルスーパーチューナー

回路構成の代表的系統図を図 5 に示す。この図は、西独シーメンス社が発表している例である。この他にも、かつて TI 社が FCC の要請により研究報告したハイパフォーマンスタuner があり、こちらは米国バンドで設計されているが、基本的な考え方は同じである。

図 5 のチューナーは、入力の高帯域 RF アンプと 1st ミキサーに新規開発の GaAs FET IC を採用して、ダブルスーパーの問題点である混信や NF 性能の改善にチャレンジしたものである。

入力信号は、欧州バンドであるから VHF 47~230 MHz、UHF 470~862 MHz の信号を入力固定フィルターを通した後、RF アンプに印加する。RF アンプは、NF 改善と 1st ローカルオシレーターの入力への漏減を阻止する役目をもち、なおかつ AGC 機能も与えられている。

CATV の信号受信の場合は、各チャンネルでの信号レベルがほぼ一定に揃えられて伝送されるが、このチューナーの場合は、OFF-AIR 放送の受信が目的であるため、入力信号レベルは各放送チャンネル毎に異なっており、それゆえ混信条件はいつそう厳しくなっている。この解決は素子改善に頼るしかなく、ひずみの少ない RF アンプやミキサー素子の開発が必須条件

である。

このチューナーの性能は、NF 7.5~8.5 dB、PG 約 14 dB、3 次相互変調波の抑圧レベル 約 50 dB/入力 10 dBm と報告されている。U/V ダブルスーパーチューナーで

は、1st IF 周波数をどう選ぶかがひとつの選択問題である。これはダブルスーパー特有のビート周波数関係が落ちこんでこないような帯域に 1st IF を選ばなければならないからである。

その組合せを求め、高次ひずみのオーダーまで考慮すると、大体 2 GHz 以上になる。実用上の次数までで切ると、450 MHz 帯にもビートの落ちこまないゾーンが見つかる。この 2 GHz 帯を採用するか、450 MHz 帯を採用するかでは、当然ながら使用する半導体素子や 1st IF フィルターの構成法が異なる。現状で考えれば、つい 450 MHz 帯に手を出したくなるが、将来 CATV バンドをも当然受信対象とすることを考えると、研究開発段階では 2 GHz 帯を検討することが望ましい。

このチューナーも 1st IF を 2 GHz に選定しており、その結果 1st 局発は、アップコンバートのため 2047~2862 MHz になり、2nd 局発は、ダウンコンバートのため 1963 MHz になっている。また 1st IF 段には、非常に狭帯域で、スカート特性の良いフィルターが要求され、このため新たに 2 GHz 帯の誘電体フィルターを開発している。

いずれにしてもこのタイプのチューナーの成否は、RF アンプ、1st ミキサーの素子開発と 1st IF バンドパスフィルターの開発が大きなポイントである。民生レベルでこれらの素子が入手できるようになれば、長らく続いた電子チューナーのシングルスーパー構成にも変革が訪れることが期待できる。

6.2 CATV 用 UP/DOWN チューナー

米国における CATV 放送は、普及率 27%、成長率 10% で現在伸びつづけており、放送チャンネル数も非常に多く、30 チャンネル位は放送されている。したがって、使用周波数帯もスーパーバンドからハイパーバンドへ広がりつつあり、ローバンドの 2 チャンネルから数えると、50~60 波の放送波が隣接伝送で送られる状態となる。

しかしケーブル伝送の信号は、信号レベルが管理されており、加入者入力端で 0 dBmV $\pm 15\%$ となっている

図 6 CATV UP/DOWN チューナー構成例

点が、前述の OFF-AIR 信号対象のチューナーとは異なる点で、その入力部には、RF アンプや AGC 機能は通常もたない構成が多い。

UP/DOWN チューナーは、こういった多波伝送信号を簡便に受信するためのもので、ダブルスーパーの特徴をよく活かしたものである。この方式のチューナーは、UP 部と DOWN 部の局発どうして発生するビート対策のため、厳重なシールド構造が必要なことや、非常に狭帯域低損失なスカート特性の良いフィルターを使う必要がある。

このため、チューナーサイズも大きく、構造もしっかりしており、U/V 電子チューナーのように、製造合理化を盛込んで設計された製品は少なかったが、最近になって徐々に小形化、合理化の方向に進みつつある。

基本的な回路構成は図 6 に示すように、入力部が 6.1 節のチューナーと異なる他は、良く似た構成である。取扱う対象周波数は 54~400 MHz 帯の VHF/CATV バンドである。1st IF 周波数は、ビート関係や将来拡張されていく可能性のあるハイパーバンドの上限周波数 (約 500 MHz) や 1st ローカルを分周するプリスケaler の分周上限周波数等から、現状のハイパー対応のものでは 610 MHz 帯に選ばれている。

入力フィルターは、ハイパスフィルターとローパスフィルターで構成されており、ハイパスフィルターは 5~30 MHz 帯のリターンバンドへのチューナースプリアスを抑圧する役割をもち、30 dB 前後の減衰度をもたせている。ローパスフィルターは 660 MHz 以上の 1st ローカルオシレーター勢力が入力へ漏洩するのを防ぐもので、60~70 dB の減衰度をもつものである。

CATV の信号の特徴は、NCTA 法でも規定されているように、すべてのチャンネルの同期信号が同期してかけられていることである。このため最初に信号を受ける能動素子である 1st ミキサーでは、2 波の混

信妨害に比べて、 $20 \log (N-1)$ (dB) の割合で混信性能が悪化していくため 60 波近い信号がもろに入ってくる場合には、35 dB 前後の悪化を予想しておかねばならないわけであり、1st ミキサーには高い混信性能が要求されてくる。

また、混変調と同じ 3 次ひずみに起因する相互変調

ビートも、これだけの多数波になると何波もの組合せが合成して、希望波附近に現れる。その数を表 1 に示すが、このように混変調やコンポジットトリプルビートの性能は、1st ミキサーの性能に左右されるものであるため、現状ではシリコンショットキーバリアダイオードを使ってダブルバランスミキサーを構成し、局発勢力による自己バイアスをかけて DC 的な動作点を選び出し、ベスト条件でドライブするような方法が採られている。

しかしダブルバランスミキサーは、パルントランスを正確に巻く必要があり、製造的には作り難いものであるため、前項の GaAs 素子等が安く供給できるようになり、置き換えられる時がくるのを期待したい。

現在のダイオードダブルバランスミキサーでは、NF を改善するために、イメージリカバリー動作をさせて、変換ロス 4~5 dB で使うのが普通である。そのため信号の接ぎ方はほとんど決まってしまうので、各社共に細かい違いはあるが、同じ発想の結線になっている。

1st オシレーターは VCO (電圧制御発振器) であり、選局回路の PLL をドライブするために、プリスケaler を内蔵するのが普通である。プリスケaler は、1/256 または 1/64 の分周比をもち、ECL または TTL 出力のどちらかが選ばれる。

1st IF の BPF 部は、パスバンド 10 MHz 程度の狭帯域で低損失 (0.5 dB)、かつスカート特性の良い、

表 1 CATV チャンネル数と、ひずみ発生 の組合せ数

ひずみの種類	チャンネル数		
	12	35	52
3 次相互変調 (3 波) $f_A \pm f_B \pm f_C$	23	347	917
3 次相互変調 (2 波) $2 f_A \pm f_B$	3	17	28
2 次相互変調	0	6	17
ビデオソースによる相互変調	85	1126	2613
ビデオソースによる混変調	11	34	51

シャープなフィルターが要求される。かつては $\lambda/4$ 同軸共振を使ったヘリカルレゾネーター方式がよく使われていたが、610 MHzであるためコイル形状が大きくなり、またハウリングやドリフト防止のため、相当しっかりした構造にしなければならなかった。

現在では、1st IF アンプや2nd ミキサーに MOS-FET が使われ出したこともあって、混信関係が有利になってきたため、従来の UHF チューナーに使われていたような、容量終端による短縮 $\lambda/4$ の棒インダクター方式が使われ始め、このことがチューナーの小形化にも貢献しているといえる。

2nd ミキサー部は、隣接信号による混信を顕著に受けるステージで、しかも入力信号は、1st IF アンプ段で 10 dB 前後は増幅されているため、対象となる妨害波は、せいぜい上下隣接チャンネルだが、レベル的には非常に厳しいステージである。通常、ダイオードシングルミキサーが使われるが、最近では FET 化する傾向もみられる。

FET を使う利点は、混信改善の他に、出入力間のアイソレーションが楽に確保できるからでもある。2nd オシレーターは AFT や PLL で安定化しないフリーランスタイルが多いが、使用条件が厳しい場合には、AFT や PLL でロックする手段も見うけられる。フリーランの場合には、同軸共振器がよく使われるが、安定度や精度の要求が厳しいため、水晶なみの高安定な共振子の開発が待たれるところである。

受信帯域がスーパーバンドからハイパーバンドへ伸びたことによって新たに生じる問題は、入力へのバックトークである。

$$1 \text{ st LO} - \text{RF} = \text{IN BAND} \quad (1)$$

これは、(1)式のように、あるチャンネルを受信している時に他のチャンネルと1st オシレーターとの間で受信帯域に落ち込む信号変換がなされて、再び入力へ反射して出てくるもので、他のユーザーに混信妨害を与えるものである。これは、ハイパーバンドの放送波が増えた時には、考慮すべきものである。入力回路部にそのためのアイソレーション対策をしたチューナーも見受けられる。

現在の UP/DOWN チューナーに要求されている性

能の代表例を表2に示す。ひずみ特性の評価方法は NCTA によって制定されており、従来のチューナーとは全く異なるものである。通常この評価には、放送波のすべてのビデオキャリアを出すことのできるマルチフリケンシーゼネレーターが用いられる。混変調を測る場合の変調信号は 15.75 kHz の矩形波で、すべて 100 % の変調である。混変調や相互変調は、すべて出力側 S/I で規定されているため、感覚的にもわかり易い。

UP/DOWN チューナーの出力チャンネルは、2~4 チャンネルのどれかに設定されるのが普通である。そのため出力フィルターは、2~4 チャンネルまでの広帯域のものや各チャンネル毎に調整できるようにしたバンドパスフィルター形式のものが使われるが、場合によっては、アジャセントキャリアートラップを設けたものも必要になる。この場合には、簡単に L/C 素子でトラップを構成するとパスバンドを削り易いので、SAW フィルター等を使用することも検討されている。

以上、米国のことが中心の説明になってしまったが、UP/DOWN チューナーが、製品レベルで出廻っているのは、現在この地域しかない。わが国でも都市難視対策が種々検討されているが、ニューヨークのように下水道を使ってケーブルを敷設すれば、新たな電柱を建てる必要もないので、やがては何らかの手段でこういった多チャンネルテレビ映像が楽しめるようになることを期待したい。

7. む す び

以上みてきたように、電子チューナーは、かつての高価で大形なものから、小形廉価多機能タイプへと移行してきている。その中心となる U/V 標準電子チューナーは、小形高密度実装と製造自動化技術に適した部品やチューナー構造の開発が現在なお続けられている。一方では GaAs 半導体素子や誘電体フィルター等、従来はマイクロ波領域の部品であったものが、その高性能を活かしつつ、民生レベルで使えるコストにまで下がって、チューナーの技術革新に新たな一石を投じてくれるのではないかと期待されている。

(昭和 57 年 9 月 2 日受付)

表 2 CATV UP/DOWN チューナーの代表性能

入力周波数範囲	50~400 MHz (または 440 MHz)
N F	14 dBmax
電力利得	5 dBtype
混 変 調	60 dBmin(入力+15 dBmV, $N=58$)
コンボジットトリプルビート	60 dBmin(" ")
2次相互変調	60 dBmin(" ")

参 考 文 献

- 1) Michael F. Jeffers: "Technical Considerations for Operating Systems Expanded to Fifty or More Television Channels", IEEE Trans., CATV-5, 1 (Jan., 1980)
- 2) Ulrich Ablassmeier, et al: "GaAs FET Upconverter for TV Tuner", IEEE Trans., ED-27, 6 (June, 1980)
- 3) CATV Amplifier Distortion Characteristics, NCTA-002-

0267

- 4) 中谷光男ほか：“混成集積回路用電子部品”，日本電気技報，135（1980）
- 5) 須山勝彦ほか：“GaAs IC” 電子材料，1，pp. 47-67（Jan., 1981）
- 6) “Monolithic GaAs amplifier challenges wide band hybrids”，Microwaves（Aug., 1981）
- 7) 佐藤毅ほか：“オールバンド CATV 電子同調チューナー”，National Technical Report，24，1（Feb., 1978）
- 8) （特集）電子機器，部品のための薄形化設計，電子材料，9（1978）
- 9) （特集）ハイブリッド形電子チューナー，電子材料，6（1978）
- 10) 鳥居憲一ほか：“VHF TV 用 IC 化電子チューナー”，東芝レビュー，35，2（1980）
- 11) Darrell L. Ash：“High Performance Receiver”，IEEE Trans.，CE-24，1（Feb., 1978）

テレビジョン学会誌 1 月号「半導体集積技術の動向」小特集予定目次

【ふ お ー か す】	世界コミュニケーション年に思う	NHK	川原正人
【小 特 集】	1. 集積技術の動向	NHK	田子島一郎
	2. プロセス技術		
	2-1 現状	2-1-1 MOS	日電 関戸健嗣
		2-1-2 Bip	三菱電機 赤坂洋一
	2-2 先端技術の動向——サブミクロン技術——	武蔵野通研	荒井英輔
	3. 集積技術の応用		
	3-1 撮像デバイスへの応用	日立	竹本一八男
	3-2 表示デバイスへの応用	東芝	堀 浩雄・笠原幸一
	3-3 映像用半導体 IC，LSI	松下電子	小山富夫・加藤英臣
【論文・資料】	文字放送における非線形特性とアイパターン	NHK	渡辺啓典・長 凡
【講 座】	放送現業技術（第 9 回）：4. 照明技術（II）——番組制作技法——	フジテレビ	谷川富也
【現場だより】	富士写真フィルム磁気記録研究所	フジフィルム	北本達治
【会議レポート】	IBC '82 レポート	NHK	佐藤和夫
	IEC TC 60 東京会議	NHK	羽物俊秀
	第 19 回民放技術報告会	テレビ東京	千原洋行
	NHK 全国技術報告会	NHK	末松昭次