

# 光加入者線伝送システム

## Optical Subscriber Transmission Systems

これからの高度情報社会には、映像情報や高速デジタル情報など同時に双方向伝送のできる光加入者線伝送システムが必要となってくる。このようなシステムの実現のかぎは経済性にあり、このシステムに使用する装置に関し次の三つの実用化技術を開発した。

- (1) 光素子・光合分波器を1枚のアルミナ基板上に一体化した小形な光一体化モジュール
- (2) デジタル回路のLSI化
- (3) 商用テレビジョン用部品を利用した映像選択回路

これらの技術を用い、光加入者線伝送装置の高信頼化、小形化及び低消費電力化を実現している。

太田 紘一\* *Kōichi Ôta*  
 宮守 良夫\* *Yoshio Miyamori*  
 吉屋 勉\*\* *Tsutomu Yoshiya*  
 瓜田 一幾\*\*\* *Ikki Urita*  
 前田 稔\*\*\*\* *Minoru Maeda*

### 1 緒 言

これからの高度情報社会では、従来の電話のほかに、映像情報や高速デジタル情報など多様な情報が、各オフィスや家庭に必要となってくる。従来用いられている電話線では、伝送帯域が小さいため、このような各種の情報を同時に各家庭などの加入者宅に伝送することはできないが、広帯域で低損失の特徴を持っている光ファイバを用いれば容易に実現できる。

日本電信電話株式会社では、三鷹地区のINS (Information Network System: 高度情報通信システム) モデルシステムで、光ファイバを用い各種情報を伝送する光加入者線伝送システムを構築した<sup>1),2)</sup>。映像情報、高速デジタル情報、電話、ファクシミリなどの同時・双方向伝送が行われ、光加入者線伝送システムの有用性が確認された<sup>1)</sup>。更に次のステップとして、日本電信電話株式会社では加入者の要求が高いと見込まれる映像分配サービス(映像2チャンネル、同時分配)と64kビット/秒系サービスを同時に提供できる光加入者線伝送システムの開発が進められており、徹底的な経済化が追究されている<sup>3)</sup>。一方、海外でも、映像通信、高速データ伝送などの広帯域サービスから64kビット/秒ISDN (Integrated Services Digital Network: 総合サービスデジタル網) サービスまでを統合して提供する広帯域加入者光ファイバシステムの開発が盛んに行われている<sup>4)</sup>。

このような光加入者線伝送システムの早期実用化に当たっては、システムに使用するデバイスや装置の高信頼化、小形化、低消費電力化など基本的な技術の開発が重要な課題である。

本稿では、映像分配サービスと64kビット/秒ISDNサービスの提供をねらった光加入者線伝送システムに用いるデバイス、

装置の高信頼化、小形化のための下記三つの主要技術、

- (1) 光素子・光合分波器を1枚の基板上に一体化した光一体化モジュール
- (2) デジタル回路のLSI化
- (3) 商用テレビジョン用部品を利用した映像選択回路及び上記三つの技術を用い実現した光加入者線伝送装置について報告する。

### 2 光加入者線伝送装置の基本構成と特徴

日本電信電話株式会社で開発された光加入者線伝送システムに使用された装置の基本構成を図1に示す。このシステムでは、品質として映像の品質はCATV方式(同軸ケーブルテレビジョン方式)の「望ましい規格」レベルが、データに関しては、符号誤り率 $10^{-8}$ 以下が目標とされている。表1にこれら光加入者線伝送装置の主要諸元を示す。このシステムの機能は、(1) 映像を見ながら、電話はもちろんのことファクシミリやデータの伝送も同時に行える。(2) 加入者が選択できる映像情報の数は、映像センタ内の最高60チャンネルである。(3) 各加入者宅では、2台までのテレビジョン受像機で映像情報を見ることができ、などである。

これらの情報を1本の光ファイバを用い伝送するために、3波長分割多重伝送方式を採っている。使用波長は光出力、漏話、信頼性などの点から、 $0.78\mu\text{m}$ 、 $0.88\mu\text{m}$ 、 $1.3\mu\text{m}$ が設定され、これらの波長を発光する発光素子は、経済化の観点から半導体レーザに比べ廉価な発光ダイオードを用いている。この3波長分割多重伝送は、三つの波長を1本の光ファイバ

\* 日立製作所戸塚工場 \*\* 日立製作所光技術開発推進本部 \*\*\* 日立製作所高崎工場 \*\*\*\* 日立製作所中央研究所 工学博士

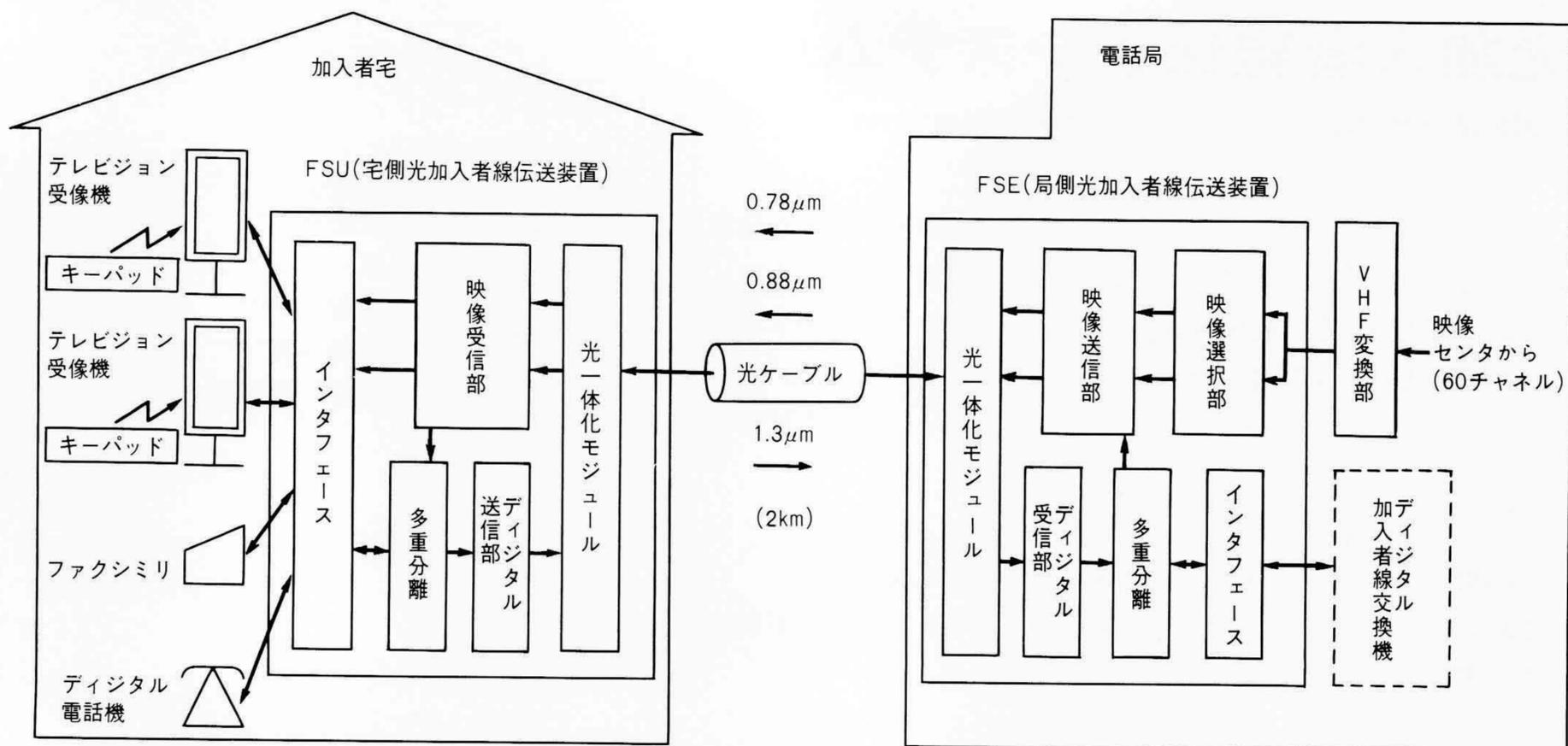


図1 光加入者線伝送装置の構成 加入者宅では、2台のテレビジョンまで同時に異なる映像チャンネルを見ることができ、同時に電話、ファクシミリなどの通信も可能な光加入者線伝送システムである。

に伝送するための光合分波器と発光ダイオード、受光素子などを1枚の基板上にコンパクトにまとめた光一体化モジュールで実現している。

図1により情報の流れを説明すると、映像提供者からの最高60チャンネルの映像信号はVHF(Very High Frequency)変換

部でVHF帯に周波数多重され、映像選択部に伝送される。映像選択部では、加入者からの選択信号によって所望のチャンネルが選択され、選択された信号は映像送信部に送られ、光一体化モジュールで光信号に変換され加入者宅に光ファイバを通して伝送される。加入者宅では、伝送された映像信号は光一体化モジュール内の受光素子で光信号から電気信号に変換され、映像受信部を通しインタフェースを経てテレビジョン受像機で映し出される。

選択信号や電話、ファクシミリなどのデジタル信号は、多重・分離部を通して時分割多重され双方向で伝送される。

表1 光加入者線伝送装置の主要諸元 光加入者線伝送装置の伝送内容、光素子及び特性についてまとめて示した。

	電話局 → 加入者宅		加入者宅 → 電話局
	チャンネル1	チャンネル2	
伝送信号	映像 (NTSC 4MHz) 音声	映像 (NTSC 4MHz) 音声 映像用制御信号 64kビット/秒系信号	映像用制御信号 64kビット/秒系信号
発光素子	発光ダイオード	発光ダイオード	発光ダイオード
受光素子	アバランシェ ホトダイオード	アバランシェ ホトダイオード	ホトダイオード
中心波長	0.78μm	0.88μm	1.3μm
光加入者線多重方式	3波長分割多重方式		
SN比または誤り率	映像 43dB 音声 40dB	映像 43dB 音声 40dB 誤り率： 10 <sup>-8</sup> 以下	誤り率： 10 <sup>-8</sup> 以下
伝送距離	2 km		

注：略語説明

NTSC(National Television Systems Committee)

### 3 小形化・高信頼化のための主要技術

#### 3.1 光一体化モジュール

波長分割多重は図2(a)に示すように、それぞれ個別に完成している光合分波器、発光素子、受光素子の各モジュールを用い、光ファイバコード、光コネクタを介して接続する構成とすることで実現できる<sup>5)</sup>。このような構成は各モジュールに障害を発生した場合は、該当モジュールだけの交換を行えばよく、極めて融通性のある構成である。しかし、モジュール間を接続するための操作空間は広く必要であり、接続部品が多いなど、装置を構成するには小形化、高信頼化の点から好ましくない。そこで同図(b)に示すように、発光素子、受光素子、光合分波器を1枚のアルミナ基板上に配列し、一体化した光モジュールの構成を開発した。この構成により接続部品、接続操作空間を大幅に減少できる。更にプラグインタイプのコネクタを開発し、接続時の操作としてねじ式のような直接人の手が介入するようなことをなくした。この小形化の光一体化モジュールの使用によって、信頼性が高く、小形な装置を構成することができる。このように小形な光一体化モジュールとするためには、発光素子・受光素子が接近することに

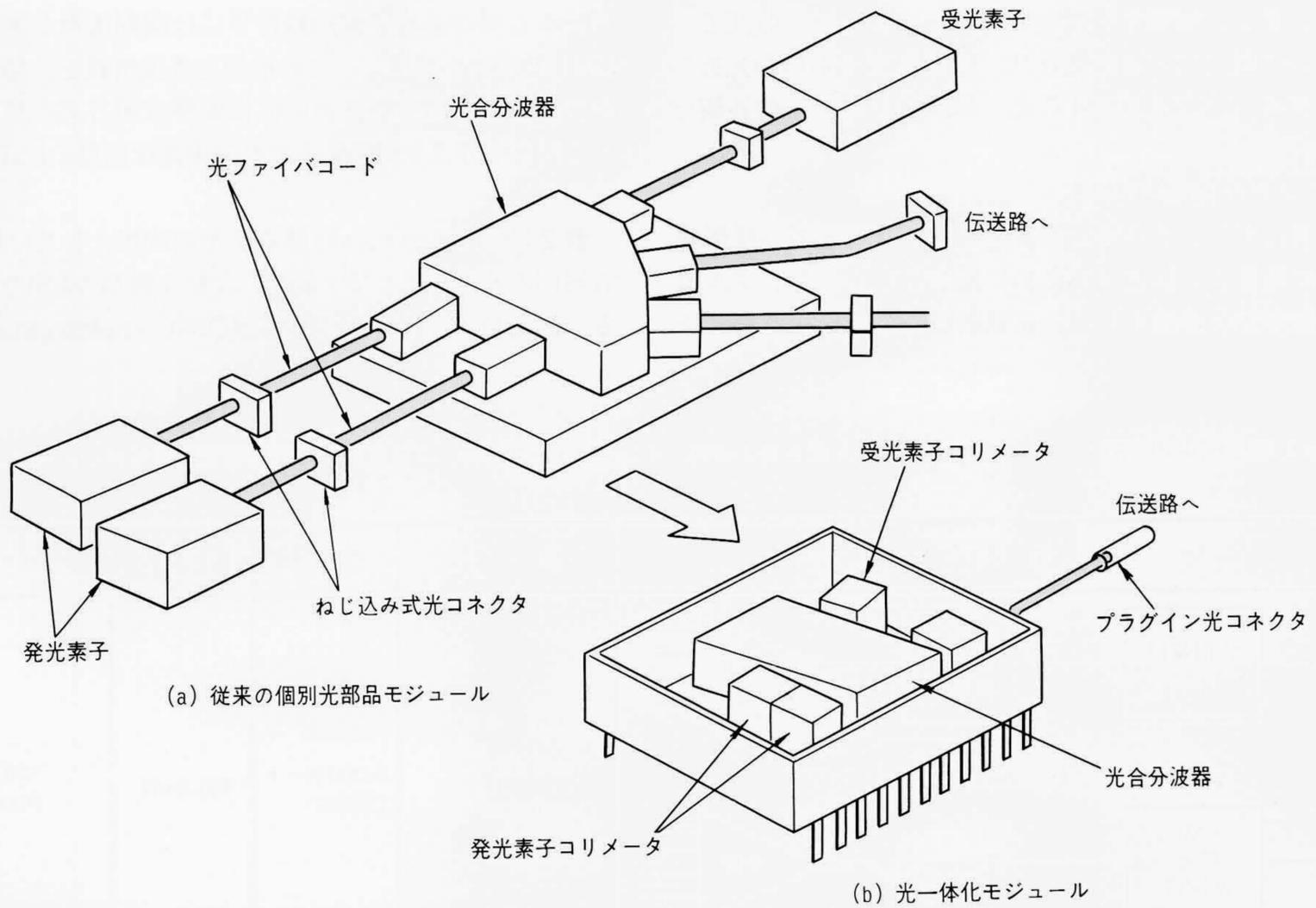


図2 光一体化モジュール 従来の個別光部品モジュールからアルミナ基板上に一体化した光一体化モジュールへの移行を示す。

よる漏話，発光素子・受光素子と伝送路間での光入出力の効率の良い結合，更に高効率結合を保持しながらの短時間でのモジュール組立などの課題を解決する必要がある。そこで，図3に示すように発光ダイオードやホトダイオードをコリメ

ータブロック<sup>※1)</sup>内に実装し，このブロックを図2(b)に示すように1枚の基板上に無調整で配列する方法を用いた。発光素子ブロックと受光素子ブロックを離し配置することで漏話を少なくし，ブロックの寸法精度を高くすることで高効率結合

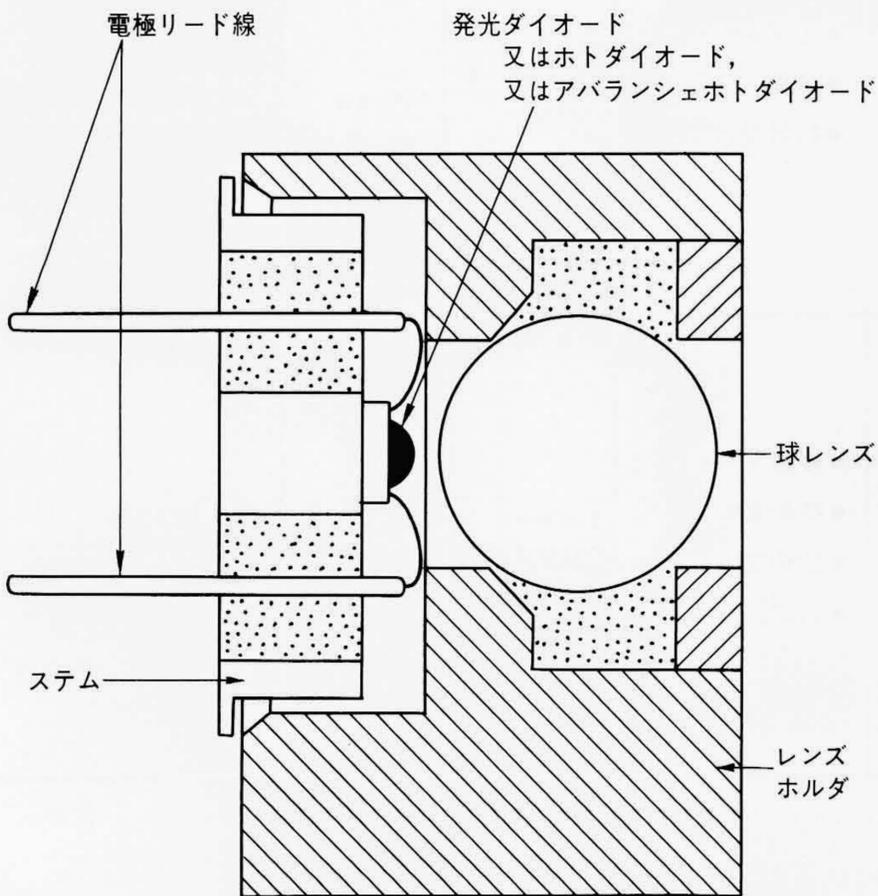
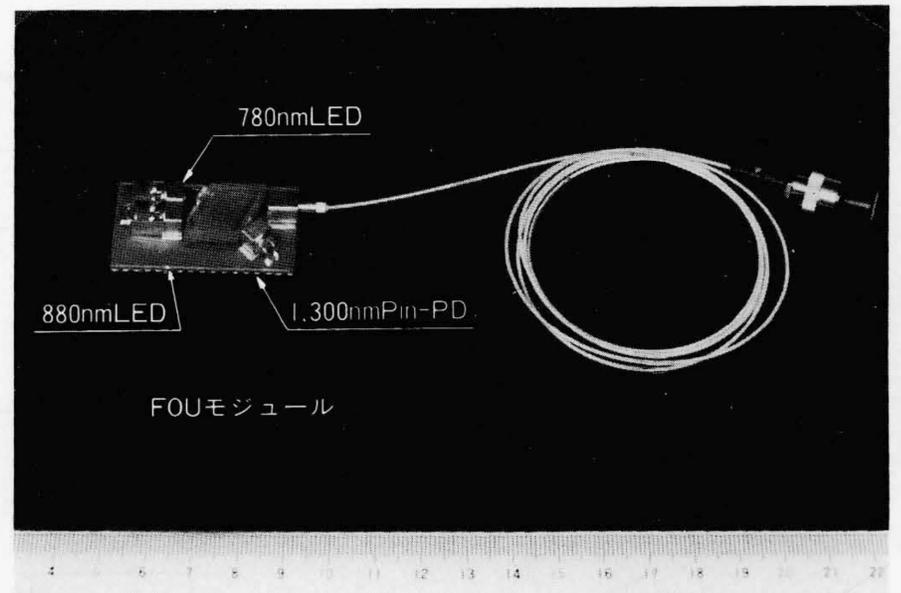


図3 コリメータブロック 発光素子又は受光素子を実装し，球レンズを用い平行光束にして出射したり，平行光束を取り込んで受光素子に効率よく入射させるブロックである。



注：略語説明 FOU (Fiber Office Unit):局側光端局ユニットの意で，FSE (局側光加入者線伝送装置) 内に実装されるユニットである。

図4 光一体化モジュールの外観 局側に用いる光一体化モジュールの外観写真を示す。デュアルインラインのアルミナ基板上に，光部品が一体で配列されている。

※1) コリメータブロック：図3に示す構成をとり，本ブロックに入出力する光は平行光束となる。すなわちコリメートされることから，コリメータブロックと呼ぶ。

を図った。更に、無調整配列を行うことによって短時間でのモジュールの組立てが可能となり、高信頼度で小形な光モジュールを実現している。図4に光一体化モジュールの外観を示す。

### 3.2 デジタル回路のLSI化

各加入者にデジタル電話やファクシミリなどの各種情報を、同時に品質よく伝送するためには、これらデジタル信号の時分割多重・分離を行い、伝送路に適した伝送路符号を

用いる必要がある。伝送路符号には同期情報が多く含まれるCMI<sup>\*2)</sup>符号を採用し、この信号を映像情報と一緒に伝送し、かつ品質を確保するために位相偏移変調方式を用いた。

これらの方式を実現するため、複雑な回路のLSI化開発を行った。

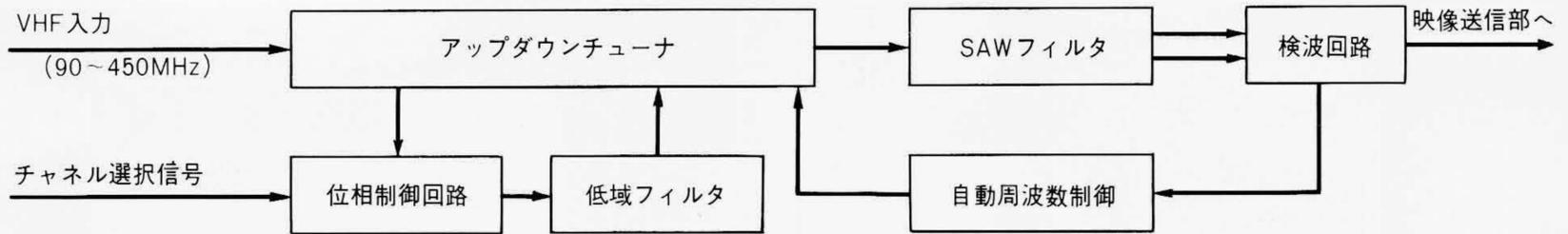
表2に示すように、局側の伝送装置用として2種類、加入者宅側の装置用として2種類、合計4種類のLSIを開発している。低消費電力化のためにCMOS(Complementary Metal

表2 光加入者線伝送用LSI デジタルデータの分離多重化回路、インタフェース回路、符号変換、位相偏移変調回路のLSI化による機能について示した。

区分	構成	機能	ゲート数	消費電力	パッケージ
局側LSI	<p>局内多重分離LSI</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 多重・分離</li> <li>● 符号変換</li> <li>● 位相変調</li> <li>● 制御・監視</li> </ul>	6,000ゲート CMOS	約1.3mW	120ピン PGA
	<p>局内インタフェース</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● インタフェース</li> <li>● 位相変調</li> </ul>	500ゲート Bi-CMOS	約100mW	42ピン デュアルインライン
宅側LSI	<p>デジタルインタフェースLSI</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● インタフェース</li> <li>● 多重・分離</li> <li>● 符号変換</li> </ul>	1,500ゲート CMOS	約6mW	68ピン デュアルインライン
	<p>宅内多重分離LSI</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 多重・分離</li> <li>● 符号変換</li> <li>● 位相変調</li> <li>● 制御・監視</li> </ul>	6,000ゲート CMOS	約25mW	120ピン PGA

注：略語説明 CMI符号(Code Mark Inversion符号)<sup>\*2)</sup> Bi-CMOS(Bipolar CMOS)  
CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor) PGA(Pin Grid Array Package)

<sup>\*2)</sup> CMI: Code Mark Inversionの略記で、“1”→“11”, “00”の交互, “0”→“01”の2値の信号に変換する。



注：略語説明 SAWフィルタ(Surface Acoustic Waveフィルタ：表面弾性波フィルタ)

図5 映像選択回路のブロック構成 映像選択回路は、60チャンネルの映像チャンネルから電子チューナを用いて希望するチャンネルを選択する回路である。

Oxide Semiconductor)プロセスを使用し、インタフェース部にはBi-CMOS(Bipolar CMOS)プロセスを用い駆動能力を確保している。それぞれのLSIの機能、ハード規模を同表に示す。これらのLSIを用い、1加入当たりの電気回路部分を局側、宅側それぞれ1枚の基板の実装とすることができ、局側の装置の高密度実装化、宅側装置の小形化・高信頼度化を図った。

### 3.3 映像選択回路

映像選択回路は局側に置かれて、60チャンネルの映像情報から希望する1チャンネルを選択する回路である。この回路の小形化、経済化を図るために電子チューナ選択方式を採用した。図5に映像選択回路のブロック構成を示す。

チューナにはアップダウンチューナを用い小形化を図り、中間周波数のフィルタには急しゅんなフィルタ特性を持ち、かつ温度変動に強い材料で構成したSAWフィルタ(Surface Acoustic Waveフィルタ：表面弾性波フィルタ)を開発し使用した。映像選択回路内に用いた映像信号を増幅するためのビデオ増幅には、ひずみの小さい回路構成を開発し、ハイブリッドICで実現している。これにより、小形化を実現すると同時に、音声の搬送周波数4.5MHzとカラー信号用の副搬送波3.58MHzにより発生する920kHzビートを小さくし、映像及び音声信号の品質を確保している。

図6に実現した映像選択回路の外観を示す。

図7にVHF入力レベルとSN比、及び非直線ひずみを示すDG(微分利得)、DP(微分位相)の関係を示す。

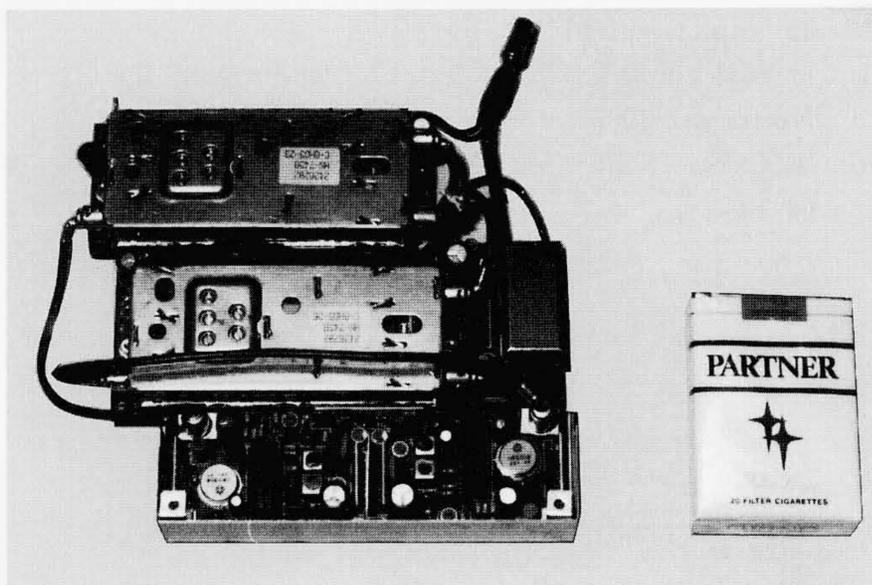


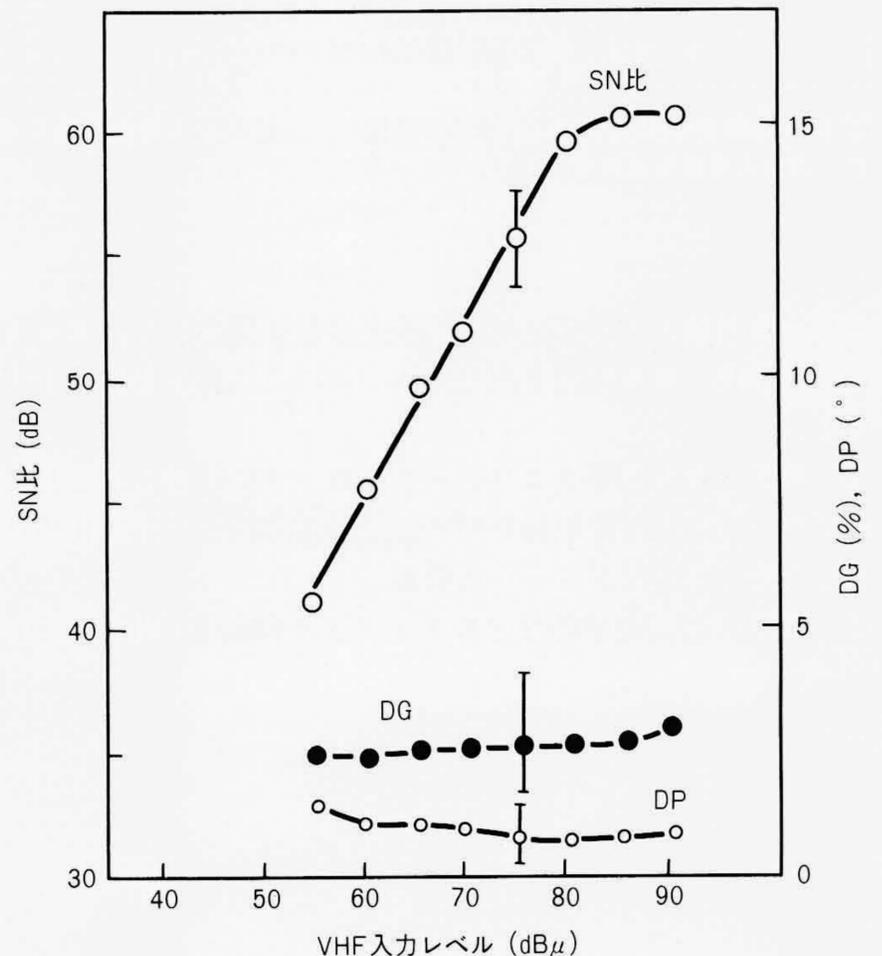
図6 映像選択回路の外観 映像選択回路の外観写真を示す。小形CATV(Cable Television)用アップダウンチューナ2台と検波回路が、2回路で構成されている。

## 4 光加入者線伝送装置

これらの主要技術を用い実現した光加入者線伝送装置の外観を図8、9に示す。図8は局側の、図9は加入者宅側の光加入者線伝送装置を示すものである。局側装置は、LSI技術、光技術及び高速デジタル技術に適合する新たな実装法として日本電信電話株式会社で実用化された「デジタルシステム実装架」を採用し、1架に48加入者分の高密度実装を実現した。加入者宅内装置は壁掛けタイプとし、1枚の基板で構成され消費電力は7Wであり、小形・低消費電力化を実現した。特性的にはSN比は平均48.3dB、符号誤り率は $10^{-12}$ 以下の結果を得、目標を十分満足した結果を得ることができた。

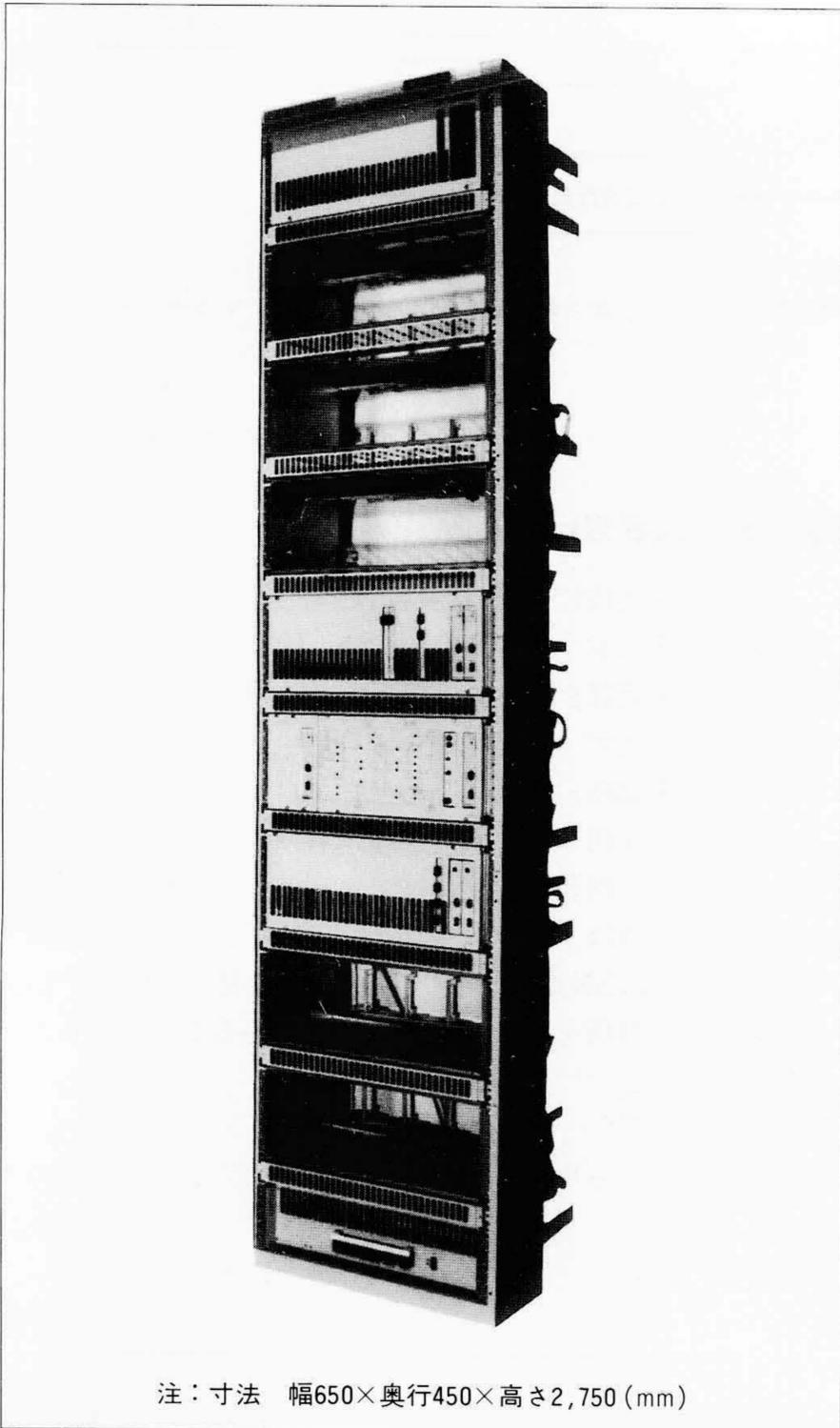
## 5 結 言

映像分配2チャンネルと64kビット/秒系デジタル信号のサ



注：略語説明 DG(微分利得) DP(微分位相)

図7 映像選択回路の特性 映像選択回路のSN比、DG(微分利得)、DP(微分位相)の特性を示す。

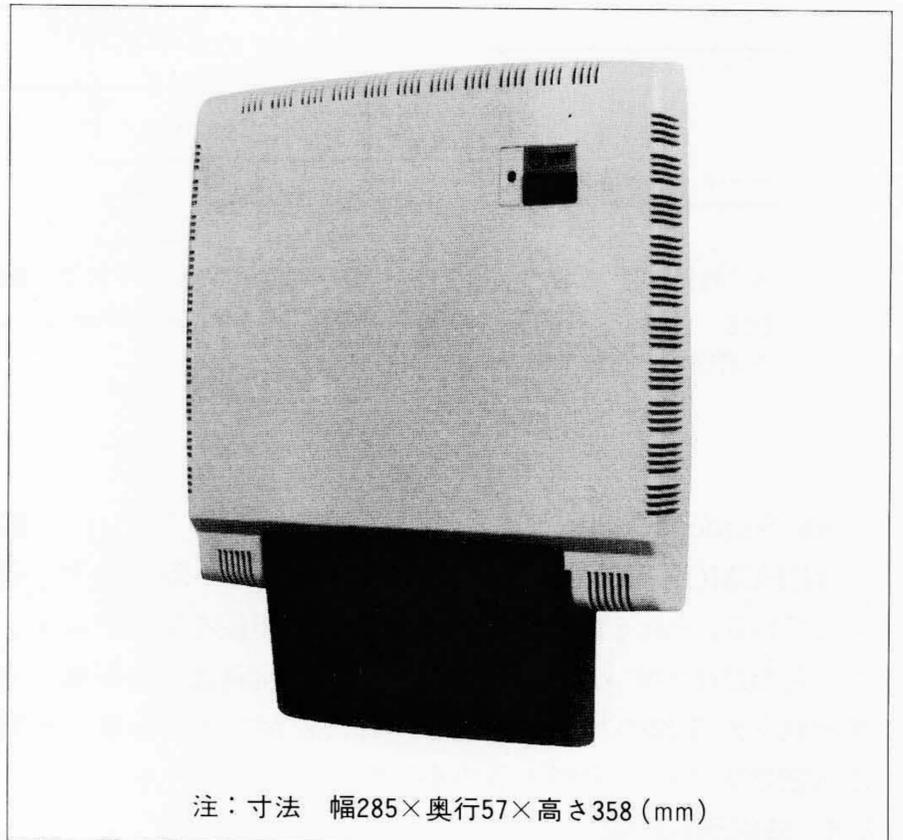


注：寸法 幅650×奥行450×高さ2,750 (mm)

図8 局側光加入者線伝送装置の外観 1架48加入者分実装可能な、光加入者線伝送装置である。

ービスを可能とする光加入者線伝送装置を開発した。本装置には小形化・高信頼化を図るため、次の三つの主要技術を用いた。

- (1) 発光・受光素子をコリメータブロックに実装し、これらのブロックと光合分波器を同一基板上に配列した一体化構造とした光一体化モジュールの実現。
- (2) 多重・分離化回路などのデジタル回路をCMOS, Bi-



注：寸法 幅285×奥行57×高さ358 (mm)

図9 宅側光加入者線伝送装置 加入者宅に設置する光加入者線伝送装置で、壁掛けタイプになっている。

CMOSプロセスを用いてLSI化を実現。

- (3) 加入者からの要求に応じ、所望の映像情報を選択するために電子チューナ方式を採用し、小形アップダウンチューナを用いた映像選択回路の実現。

これらの主要技術を用い小形・高密度実装・低消費電力で、かつ高信頼度な光加入者線伝送装置を開発できた。

#### 参考文献

- 1) 島田：加入者線光伝送方式，通研実報，**34**，No.7，p.1049 (1985)
- 2) 玉木，外：光加入者線伝送システム，日立評論，**67**，10，783～786(昭60-10)
- 3) 橋本，外：複合光加入者系伝送システムの開発，通研実報，**35**，No.11，p.1097(1986)
- 4) 板東，外：光加入者系伝送システムの開発戦略，外国通信技術，No.12，p.2(1986)
- 5) 吉屋，外：INS用光伝送部品，日立評論，**67**，10，787～791(昭60-10)