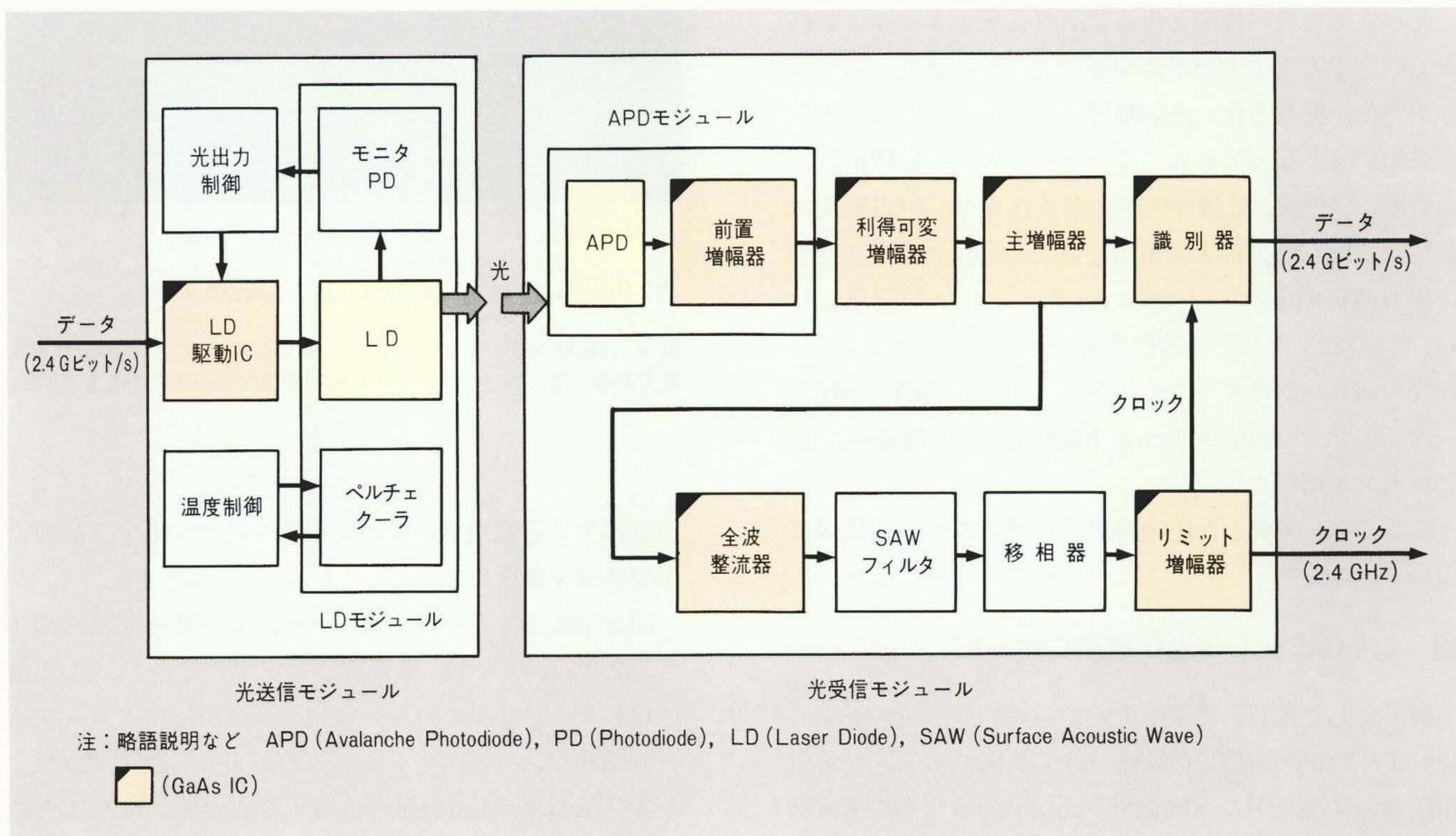


## 2.4 Gビット/s光伝送用GaAs ICチップセット

GaAs IC Set for Giga Bit per Second Optical Transmission Systems

八田 康\* Yasushi Hatta  
 鎌田千代士\* Chiyoshi Kamada  
 高井厚志\*\* Atsushi Takai  
 高橋 靖\*\* Yasushi Takahashi



**2.4 Gビット/s光伝送モジュールの構成** 送信用ICであるLD駆動ICは14ピンパッケージに実装した。受信用IC 6品種のうち前置増幅器はベアチップ実装、他の5品種は50Ωの入力終端抵抗と電源用バイパスコンデンサを内蔵した20ピンパッケージに実装し、高周波での優れた50Ω整合を実現している。

広帯域ISDN (Integrated Services Digital Network) の構築に向けて、現在2.4 Gビット/sの超大容量光伝送システムの開発、実用化が、わが国や欧米で活発に推進されている。Gビット/sのシステムでは、光-電気変換の機能を担う光送受信モジュールに超高速の電子デバイスが必要とされている。

日立製作所では、2.4 Gビット/sで動作する光送受信回路をGaAsによってIC化し、製品化した。2.4 Gビット/s光伝送用GaAs ICは、送信用ICであるLD (Laser Diode) 駆動ICと受信用IC 6品種で構成する。受信用ICは、(1) 信号増幅用ICとして、前置増幅

器、利得可変増幅器、主増幅器の3品種、(2) タイミングクロック抽出用ICとして全波整流器、リミット増幅器の2品種、および(3) 増幅した信号と抽出したクロック信号から元のデジタル信号に識別再生する識別器ICから成る。

開発したICは、光送受信機能をすべて包含するチップセットを構成し、2.4 Gビット/sの高速信号に対する入出力整合、IC間接続の最適化を行ったことが特長である。

このIC化によってモジュールの小型化、低電力化、高信頼化が可能になった。

\* 日立製作所 デバイス開発センタ \*\* 日立製作所 中央研究所

## 1 はじめに

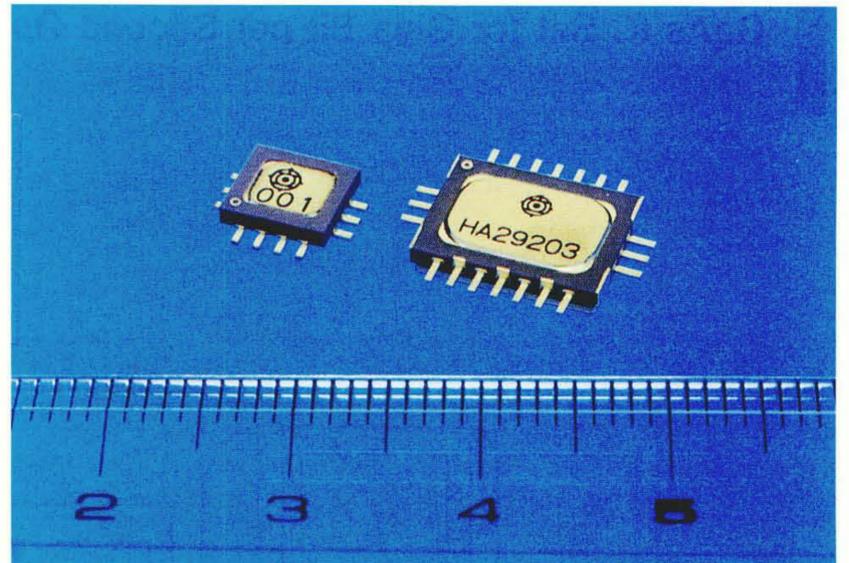
光ファイバを用いた光伝送システムは広帯域ISDN (Integrated Services Digital Network)の構築に向けて、高速化、大容量化が活発に推進されており、2.4 Gビット/sのシステムが実用化の段階にきている。

光-電気変換の機能を担う光送受信モジュールは超高速で動作する電子デバイスが必要であり、またシステムの小型化、低電力化、高信頼化を追求するためにはIC化が必須(す)となっている。このような光送受信ICは、高利得、広帯域、低雑音性が要求されるが、 $f_c$  (遮断周波数) 24 GHz,  $f_{max}$  (最大発振周波数) 34 GHzと高周波特性に優れた0.8  $\mu\text{m}$ ゲートのGaAs素子を用いて開発を行い、2.4 Gビット/sでの動作を可能とした。プロセスは信頼性の高い、耐熱ゲートセルフライン型GaAs MES-FET (Metal Semiconductor Field Effect Transistor) プロセスを用いた<sup>1)</sup>。

ここでは、開発したICの特徴とシステムへの適用例について述べる。

## 2 2.4 Gビット/s光伝送用GaAs IC

製品化したICは、光送信用ICであるLD (Laser Diode) 駆動IC<sup>2)</sup>と光受信用IC 6品種の計7品種である。光受信用ICは、(1) APD (Avalanche Photodiode) からの電流信号を電圧信号に変換するトランスインピーダンス型前置増幅器、(2) その電圧信号を増幅する利得可変型増幅器と主増幅器、(3) 信号成分からタイミングクロック信号を抽出する全波整流器とリミット増幅器、および(4) 増幅した信号と抽出したクロック信号から元のデジタル信号に



注：右側：20ピンパッケージ (バイパスコンデンサ内蔵)  
外形寸法 11.0 mm×8.5 mm  
左側：14ピンパッケージ, 外形寸法 6.3 mm×5.8 mm

図1 GaAs IC用パッケージ 14ピンパッケージはLD駆動IC用である。20ピンパッケージは主増幅器ほか受信用ICに適用できる。

識別再生する識別器の各ICで構成する<sup>3),4)</sup>。IC全7品種の主要特性を表1に示す。

前置増幅器を除いて、ICは-5.2 Vの単一電源で動作し、高利得、広帯域、低雑音性を実現している。LD駆動ICは14ピンの小型パッケージに、受信用ICはドロップイン型の20ピンパッケージにそれぞれ実装した<sup>5)</sup>。ただし、前置増幅器は、入力容量を低減する必要性からAPDとの一体化実装を想定し、ベアチップ実装を基本としている。14ピンと20ピンパッケージを図1に示す。

LD駆動ICは、60 mAの大電流の出力の立上り、立下り時間 ( $t_r/t_f$ ) を120 ps以下の高速で駆動させ、出力波形のリングングを低く抑える必要がある。リングングの抑圧

表1 2.4 Gビット/s GaAs ICの主要特性 2.4 Gビット/s GaAs ICの特性をIC機能別に示す。

IC機能	型名	主要特性	電源電圧 (V)	消費電力 (W)	パッケージ
LD 駆 動 IC	HA29001	最大駆動電流：60 mA, 出力 $t_r/t_f$ : 120 ps	-5.2	0.4	14ピン
前 置 増 幅 器	HC29202	トランスインピーダンス：800 $\Omega$ , 入力換算雑音電流：7 pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$	5.0 -5.2	0.3	—
利得可変増幅器	HA29203	最大利得：23 dB, 利得可変幅：40 dB	-5.2	0.8	20ピン
主 増 幅 器	HA29204	利得：20 dB, 出力数：4	-5.2	0.8	20ピン
識 別 器	HA29201	識別不確定幅：50 mV, 位相余裕：250度	-5.2	0.8	20ピン
全 波 整 流 器	HA29205	変換効率：40%	-5.2	0.6	20ピン
リミット増幅器	HA29206	最小入力リミット電圧：30 mV, 出力振幅：600 mV <sub>p-p</sub>	-5.2	0.8	20ピン

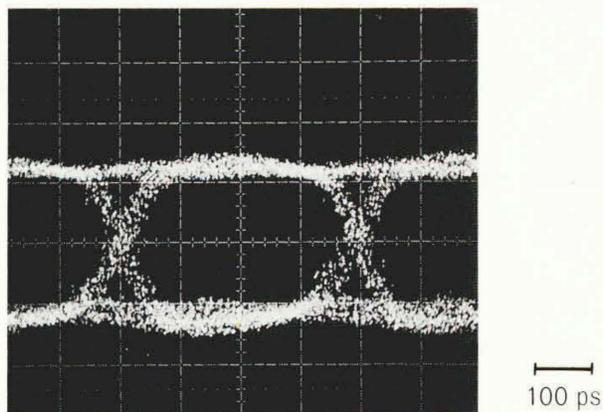
には寄生素子の低減が重要であり、14ピンパッケージは出力の寄生インダクタンスを低減するため、ボンディングワイヤの長さを1 mm以下に抑え、かつ数本のワイヤで接続している。またパッケージ内の伝送線は50 Ωに整合した設計を行った。LD駆動ICの出力波形を図2に示す。出力 $t_r/t_f$ 100 ps(10-90%)以下の良好な特性が得られている。

受信用のICは高利得、広帯域特性を持ち、縦続接続される。波形劣化を低減するためには高周波域での入出力整合特性も重要な要素となる。

入力整合をとるために受信用ICは、図3に示す入力信号終端回路を設けた。終端回路は47 Ωと2個の6 Ωの抵抗、および100 pFのコンデンサで構成し、20ピンパッケージに内蔵した。47 Ωと6 Ωの2抵抗(計53 Ω)、および100 pFの直列回路で30 MHz以上の高周波成分が終端される。帯域の下限の10 kHzオーダまでの低周波成分は、47 Ωと6 Ωの2抵抗(計53 Ω)、および外付けのμFオーダ容量の直列回路で終端される。抵抗値の6 Ωはインピーダンスの整合と回路共振の抑圧を考慮して設定した<sup>3),4)</sup>。出力回路は定電流源を持つソースフォロワの出力に抵抗を直列に挿入し、50 Ωのインピーダンス整合をとった。

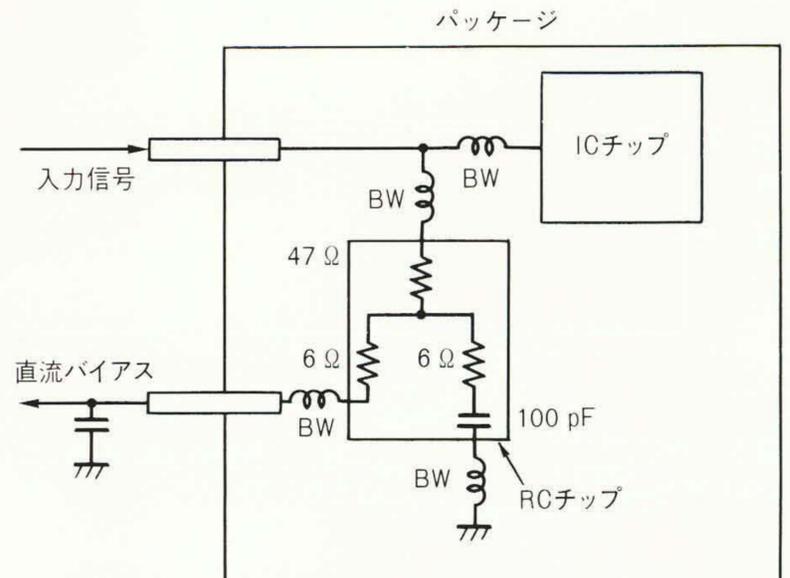
20ピンパッケージの内部を図4に示す。同図中央のICに加え、左右に入力終端回路と電源用バイパスコンデンサを持つRCチップを搭載している。

代表的な増幅器である主増幅器の利得一周波数特性を図5に、その入出力反射の周波数特性を図6に示す。利得20 dB、3 dB帯域3 GHz以上の高利得・広帯域特性、および2.4 GHzでの入出力VSWR(電圧定在波比)1.5以



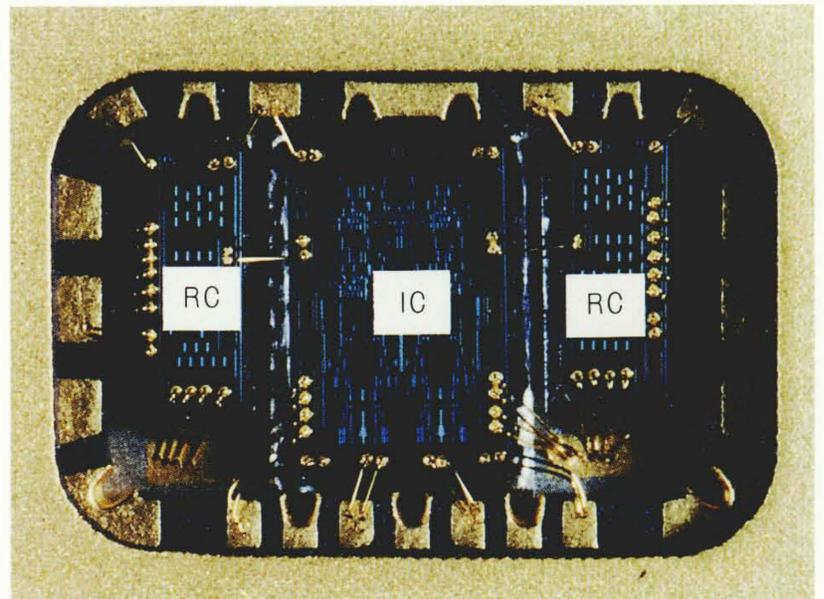
注：横軸；100 ps/div, 抵抗負荷による電圧出力波形  
駆動電流；40 mA

図2 LD駆動ICの出力波形 出力 $t_r/t_f$ 100 ps(10-90%)のリングングの少ない出力波形を得ている。



注：略語説明 BW(ボンディングワイヤのインダクタンス成分)

図3 入力信号終端回路 ICパッケージにICチップとRCチップを内蔵している。RCチップ上に入力終端回路を、抵抗とコンデンサによって形成している。



注：中央；ICチップ(2×3 mm<sup>2</sup>)  
左右；RCチップ(入力終端回路およびバイパスコンデンサを形成)

図4 20ピンパッケージの内部 ICとRCチップは、金線のワイヤボンディングによってパッケージと接続している。

下の優れた整合特性を実現した。

### 3 光送受信モジュールへの適用例

開発した送受信IC7品種のチップセットとしての総合性能を確認するため光送受信モジュールを試作した。

送信の発光素子としてDFB-LD(分布帰還型レーザダイオード)、光波長は1.3 μm, 受光素子として内部増倍機能のあるAPDを用いている。

伝送特性として、実測した光入力パワーと誤り率特性を図7に示す。40 km伝送時の最小受信感度が誤り率

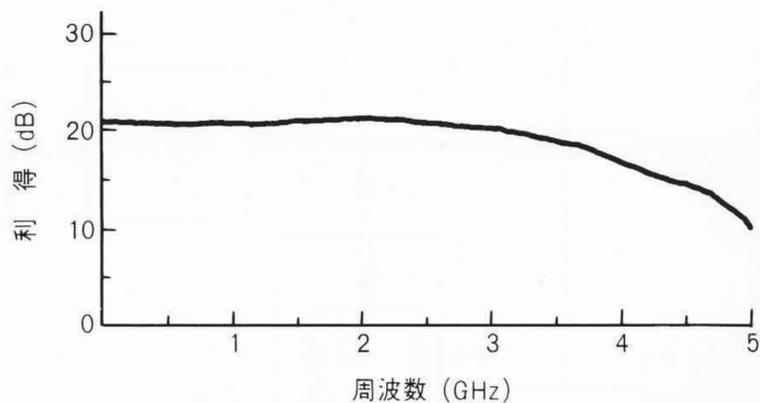
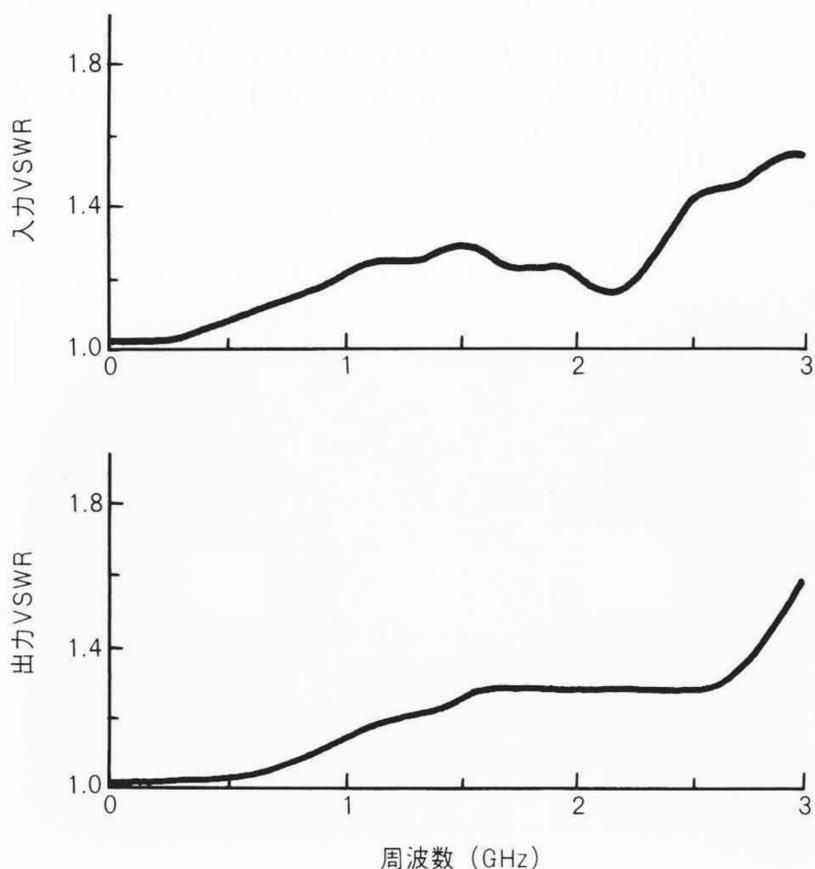


図5 主増幅器の利得-周波数特性 利得21 dB, 3 dB帯域3.5 GHzで平坦性の優れた周波数特性を示している。



注：略語説明 VSWR (電圧定在波比)

図6 主増幅器の入出力反射周波数特性 入力反射特性を上段に、出力反射特性を下段に示す。入出力のVSWRは、2.4 GHzで1.5以下に抑えられている。

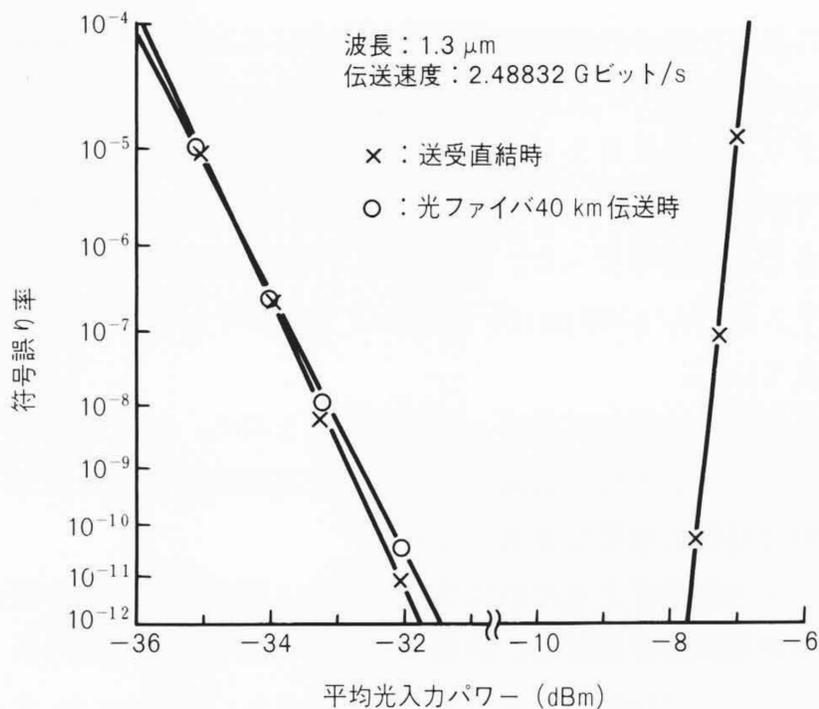


図7 光入力パワー対誤り率特性 伝送信号はPN(擬似ランダム信号)23段, NRZ(Non Return to Zero)を使用している。送受信IC 7品種を光送受信モジュールに適用し、符号誤り率 $10^{-10}$ 時の最小光入力パワー-32 dBm以下(40 km伝送時)と、長距離伝送に十分実用化できる受信感度特性を得ている。

$10^{-10}$ 時に-32 dBm以下、さらに最大許容入力は一8 dBm以上と、CCITT(国際電信電話諮問委員会)の標準値-26 dBm以下、-10 dBm以上をそれぞれ満たし、2.4 Gビット/sの長距離光伝送のニーズに十分対応できることを示した。

また、このICチップセットを用いることにより、モジュール実装面積は従来に比べ $\frac{1}{5}$ と大幅に削減できた。

#### 4 おわりに

0.8  $\mu\text{m}$ ゲートGaAs素子とギガヘルツ帯の高周波に対応したパッケージ、および入出力整合回路の開発を行って光送受信IC 7品種のチップセットを製品化した。

2.4 GHzの高周波域で20 dB以上の高利得と入出力VSWRが1.5以下の優れた50  $\Omega$ 整合特性を達成し、2.4 Gビット/s光伝送システムに十分実用化できることを確認するとともに、光伝送装置の小型化を実現した。

#### 参考文献

- 1) T. Koketsu, et al. : Suppression of Low Frequency Oscillations for High Gain GaAs Amplifiers, GaAs IC Symposium, 1991.
- 2) Y. Hatta, et al. : A GaAs IC Set For Full Integration of 2.4 Gb/s Optical Transmission Systems, GaAs IC Symposium, 1988.
- 3) 高井, 外 : 2.4 Gb/s光伝送用GaAs IC, 電子情報通信学会 ED90-153(1991)
- 4) A. Takai, et al. : Package Technology for STM-16 Optical TX/RX and IC's, in 41st ECTC, 1991.
- 5) C. Kamada, et al. : A Package Design for Ultra-High Speed GaAs Integrated Circuits, GaAs IC Symposium, 1990.