

高性能光伝送モジュールに対するソリューション

奥田 圭二
原野 康

山口 高広
広瀬 洋光

今日の情報通信ネットワークは従来の電話、ファクシミリ等のアナログ情報に加え、インターネットを中心とした動画像などのデータ情報を含めた多彩な情報に対応することが求められている。このような通信トラフィックの増大・多様化に対応するために通信ネットワークは図1に示す光ネットワーク網を用いた大容量化、高機能化が推し進められている。

沖電気は、この光ネットワーク網全体を構成するアクセス系ネットワーク、メトロネットワーク、バックボーンネットワークのそれぞれのネットワークで大容量化、高機能化および低通信料金化に必須な光通信用モジュール群（ATM-PON用ONUモジュール、2.5Gb/sMINI-DIL型LDモジュール、10Gb/sPD-TIAモジュール）をソリューションとして提供しており、ここに紹介する。

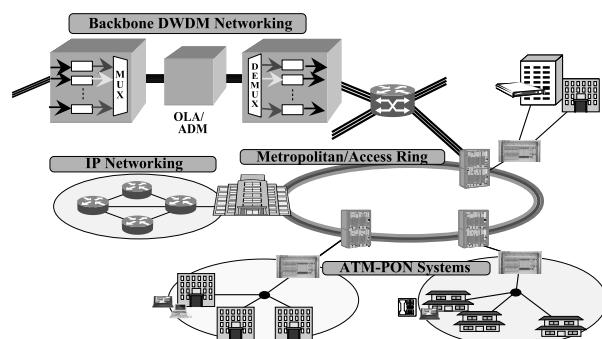


図1 光ネットワーク網

ATM-PON用ONU光モジュール

ATM-PON用ONU光モジュールは高速・低料金アクセスサービスを実現するためのソリューションである。図2に、アクセス系双方向通信に用いられるATM-PON用ONU光モジュールの構成と外観、表1にモジュールの仕様を示す。1.3 μm帯の波長と1.5 μm帯の波長を合分波するWDM (Wavelength Division Multiplex) 光回路部には、WDM フィルタを接着固定した光導波路 (PLC; Planar Lightwave Circuit) を使用している。ここでは、ファイバカプラタイプや空間ビームタイプに比べ、小型

集積化や組立工程での自動化に適しており、量産、低コスト化に優位であるPLCを選択した。

WDM フィルタは低コスト化を図るためポリイミドフィルタを使用している。ポリイミドフィルタをPLC単面に接着固定することによって、1.3 μm帯の波長と1.5 μm帯の波長を合分波している。ポリイミドフィルタはLWPF

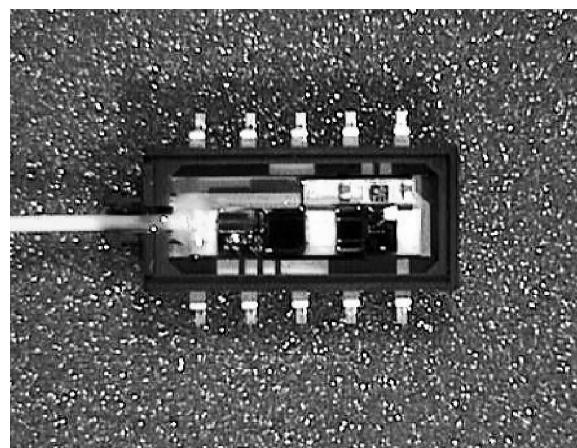
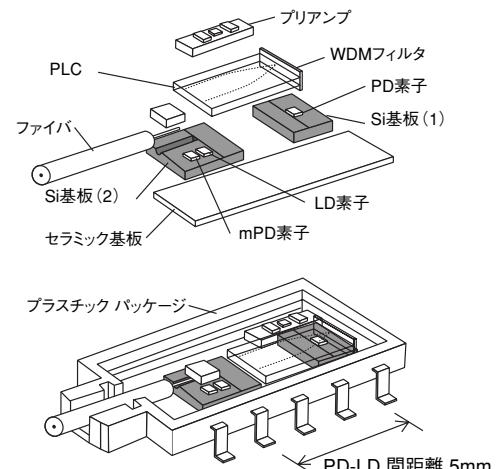


図2 ATM-PON用ONU光モジュール構造図および外観図

表1 622.080Mb/s ONU光モジュールの仕様

項目	記号	条件	最小値	平均値	最大値	単位	
送信部	光出力	P0	CW	1.6		mW	
	しきい値電流	Ith	—		40	mA	
	中心波長	λ_c	P0=1.6mW,RMS	1280	1350	nm	
	スペクトル半値幅	$\Delta\lambda$	P0=1.6mW,RMS(σ)		2.1	nm	
	順方向電圧	Vf	P0=1.6mW		1.45	V	
	動作電流	Iop	P0=1.6mW		80	mA	
	立ち上がり/立ち下がり時間	tr/tf	P0=1.6mW		0.5	ns	
	モニタ電流	Im	P0=1.6mW	200	1000	μ A	
	トランシッキングエラー	TRE	Im=const.	-1	1	dB	
受信部	電源電圧	Vcc	—	3.0	3.3	V	
	受光感度	R	Pin=3 μ W,Vcc=3.3V	3.15	4.8	kV/W	
	周波数帯域	BW	-3dB,Pin=3 μ W	400	450	MHz	
	最小受光感度	Pmin	622Mb/s,NRZ BER=10 ⁻¹⁰ ,PRBS2 ²³⁻¹		-29	-28	dBm
	最大受光感度	Pmax	622Mb/s,NRZ BER=10 ⁻¹⁰ ,PRBS2 ²³⁻¹	-6	-7	dBm	
反射減衰量		ORL	$\lambda=1550\text{nm}$		-20	dB	
			$\lambda=1310\text{nm}$		-10	dB	

(Long Wave Pass Filter) 仕様である。

ポリイミドフィルタはLWPF (Long Wave Pass Filter) 仕様である。ファイバから入力された1.5 μ m帯の受信波長はフィルタを通過し、受信用のPD (Photo Diode) に受光され、一方、1.3 μ m帯の送信側LD (Laser Diode) 信号光はフィルタによって反射し、ファイバより出力される構成となっている。

ATM-ONU用光モジュールは、送信、受信を同時に駆動させて使用することから、電気クロストーク、光クロストークの問題が発生する。今回紹介するモジュールは、電気クロストークの問題を回避するため、送信側のLD素子と受信側のPD素子間に電気的に絶縁する、分離搭載構造としている。従来、送信側LDと受信側PDは同一Si基板上に搭載されていたため、電気クロストークを低減するには、LD素子-PD素子間の距離を十分に離すことや、GNDの強化等の対策が必要となり、小型、低コスト化の実現が困難な構造であった。しかし、LD素子、モニタ用PD素子を搭載した送信側Si基板(1)と受信用PD素子を搭載した受信側Si基板(2)を、絶縁体となるPLCを介してそれぞれ接続される分離構造とし、かつ、PLCに搭載したSi基板(1)とSi基板(2)を、セラミック基板を介し、プリアンプと共にプラスチックパッケージへ搭載することによって、電気的な絶縁性を強化することができたので、電気クロストークの問題を回避しながら、さらに、LD素子-PD素子間の実装距離の短小化、つまり、PLC

の小型化を図り、低コスト化を達成することができた。

一方、光クロストークについては、特に、信号パワーの大きい送信部と微弱な信号を検出する受信部における、同時送受信を満足する必要があるので、送信波長である1.3 μ m帯の波長を受信部で十分に阻止する必要がある。本光モジュールは、PLCの受信側端面と受信用PD素子間にLWPFフィルタを接着固定し、かつ、PLCチップに迷光防止用樹脂を塗布することによってクロストークの低減を図った。

その他、分離構造により、個別部品ごとにおける歩留の管理を可能とし、モジュール全体の歩留の向上と工程管理の簡素化を図り、コストの削減、および、量産に向けたモジュール提供を実現している。モジュール外形寸法は17.5 (L) × 12.2 (W) × 3.4 (T) mmである。

ATM-PON用ONU光モジュールの特性

図3に622Mb/s信号受信時の誤り率特性を示す。送受同時動作時の最小受光感度は、温度範囲-20°C～+75°Cにおいて-29dBm (BER=10⁻¹⁰) 以下を得、この時のパワーペナルティは2dB以下となり、良好な特性を得た。ITU-T G983で勧告された最小受光感度Class Bの仕様を十分に満足する結果である。受光感度については、0.85A/W、プリアンプを含む変動量±1dB以下 (@-20°C～+75°C) となり、安定した結果を得ている。モジュールの光出力特性は、ファイバ出力P0=1.6mW (@25°C)に対し、ト

表2 製品ラインナップ

品名	伝送速度	送信部		受信部				スケジュール
		光出力	波長	電源電圧	波長	帯域	受光感度	
OL3902W	155.52Mb/s	1.6mW	1310nm	3.3V	1550nm	120MHz	12KV/W	CS 2/02
OL3907W	622.080Mb/s	1.6mW	1310nm	3.3V	1550nm	450MHz	3.15KV/W	ES 12/01 CS 4/02

ES: Engineering Sample CS: Commercial Sample

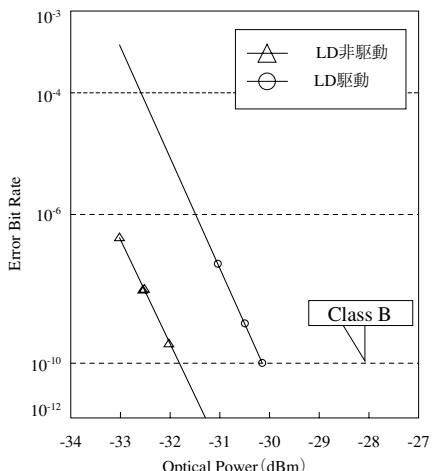


図3 誤り率測定結果 (@25°C)

ラッキングエラー±0.6dB以下 (@-20°C~+75°C) の良好な結果を得た。モジュール内部の反射減衰量については、送信波長における反射減衰量が-15dB以下、受信波長における反射減衰量が-25dB以下となり、良好な結果を得た。

また、表2に製品ラインナップおよび開発スケジュールを示す。

2.5Gbps MINI-DIL型LDモジュール

図4に今回作製した2.5G LDモジュールOL3312Nの外観図を示す。サイズは13.2×7.4×4.0mmで、MINI-DILに準拠した寸法となっている。リードは平面実装に適したフラットタイプを採用しており、ピッチは2.54mmである。図5はOL3312Nの断面図である。セラミック製のパッケージ内に搭載したSi基板上で、パッシブアライメントによりLDチップおよび光ファイバの光結合を達成している。光ファイバは、パッシブアライメントでの高出力化のために先球加工を施している。また、ファイバからの反射戻り光による光出力の悪影響を防止するため、ファイバ先球部にARコートを施している。本構造ではLDチップがベアチップ実装なので封止の必要性が生じる。封止の簡易化を目的として、パッケージは樹脂による封止

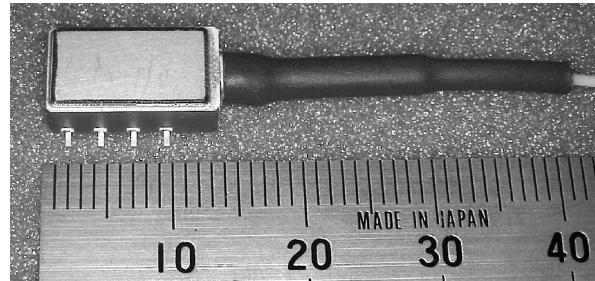


図4 OL3312N外観図

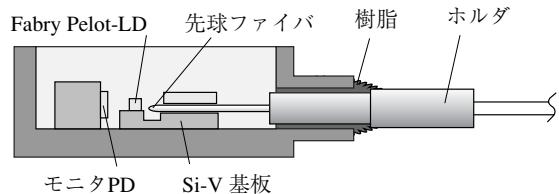


図5 OL3312N断面図

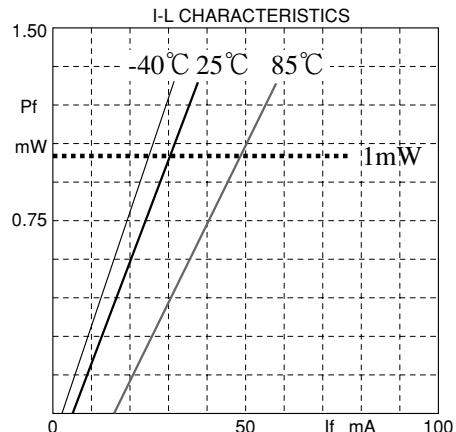


図6 OL3312N光学特性

構造を採用している。

2.5Gb/s LDモジュールの特性

2.5Gb/s LDモジュールは、メトロ、バックボーンネットワークで大容量化を実現するソリューションである。本モジュールのサンプルを試作し特性を評価した。図6に

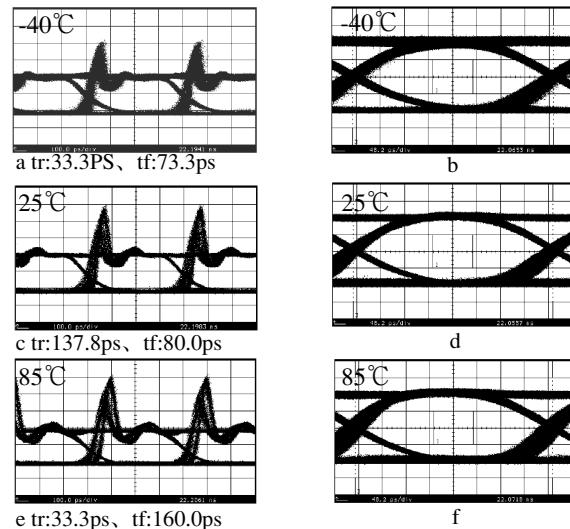
OL3312Nの光学特性を示す。横軸は動作電流、縦軸はファイバ光出力である。測定温度は、-40°C, +25°C, +85°Cである。

表3にOL3312Nの特性一覧を示す。図6より、全測定温度において光出力1mWを満足しているのが確認できる。

図7にOL3312Nの立ち上がり/立ち下がり状態およびアイパターンを示す。測定温度は-40°C, +25°C, +85°Cである。測定条件は、伝送速度2.5Gb/s, 消光比14dB, NRZ方式、ランダムパターンが $2^{23}-1$ 、ピークパワーが1mWである。図6a, c, eに各測定温度に対する立ち上がり時間(tr), 立ち下がり時間(tf)およびその波形を示す。標準値150psに対し、問題のない値である。図6b, d, fは電気フィルタを挿入した際のアイパターンである。failed samplesは全測定温度で0であり、良好なアイ開口が得られている。

今回、パッシブアライメントを用いて2.5GLDモジュールOL3312Nの作製を行った。試作評価の結果、良好な特性が得られた。

また、本技術を用いた他のLD製品を開発中である。表4に製品ラインナップおよび開発スケジュールを示す。



- ・伝送速度：2.5Gb/s
- ・NRZ方式
- ・ピークパワー：1mW
- ・消光比：14dB
- ・ランダムパターン： $2^{23}-1$

図7 OL3312N tr, tfおよびアイパターン

表3 OL3312N特性一覧

パラメータ	条件	最小値	標準値	最大値	最大値
ファイバ光出力	連続光	1			mW
動作電流				150	mA
閾値電流	寿命始	1.5		40	mA
	寿命終			1.5Ith-BOL	mA
中心波長	2.5Gb/s、ランダムパターン: $2^{23}-1$ NRZ、ピークパワー:1mW	1266		1360	nm
スペクトル線幅	光出力:1mW、平均二乗根			4	nm
LD順方向電圧	光出力:1mW			1.5	V
モニタ電流	光出力:1mW (室温/寿命始)	300		2000	μ A
10-90% 立上がり / 立下がり時間	光出力:1mW		150		ps
入力インピーダンス			25		Ω
反射損失		6			dB
トラッキングエラー	(室温～最悪条件温度)	-1.5		1.5	dB
PD暗電流	逆電圧:2.2V			1	μ A
PD容量	逆電圧:2.2V			20	pF
サーミスタ抵抗	測定温度:25°C	9	10	11	k Ω
サーミスタ抵抗のB定数			3435		K

表4 開発スケジュール

品名	伝送速度	光出力	波長	LD	スケジュール	記事
OL3314L	10Gb/s	0.5mW	1310nm	DFB	ES 3/02	内蔵
OL3312N					CS 5/02	Bias T
OL3311L	2.5Gb/s	1mW	1310nm	FP DFB	ES 11/01	内蔵
OL5311L			1510nm		CS 5/02	Bias T

ES: Engineering Sample CS: Commercial Sample

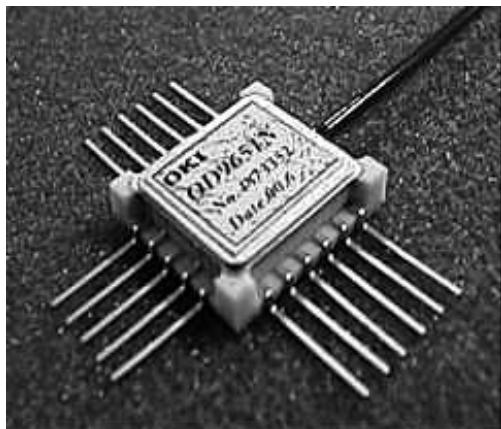


図8 10Gb/sPIN-AMPモジュール外観

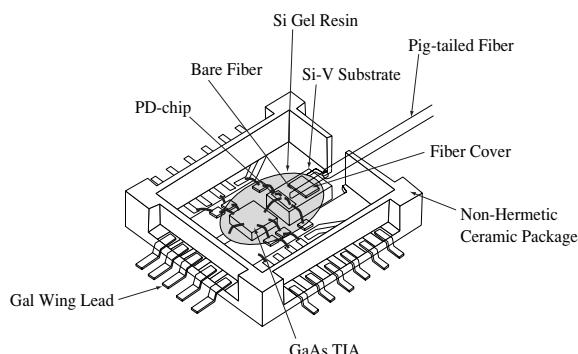


図9 10Gb/sPIN-AMPモジュール構造

10Gb/s PIN-TIAモジュール

10Gb/sPIN-TIAモジュールは、メトロ、バックボーンネットワークで高速大容量を実現するソリューションである。図8に、今回開発した10Gb/s PIN-AMPモジュールの構成と外観を示す。モジュールの外形寸法は9.4mm×10.25mm×2.15mmである。

図9に構造を示す。PKG内のインピーダンス整合が採られたマイクロストリップラインを形成したセラミック基板上に、TIA, Si-V溝基盤等を搭載することにより構成される。特徴はSi基板上にはPD搭載用のマーカを付け、ファイバ搭載用V溝を形成することで、それぞれを無調心、レンズレスで搭載することを可能とした。

これによりレンズによる結合を用いたバタフライタイプに比べ、小型集積化および、量産性、低コスト化の両面から格段に優位となる。

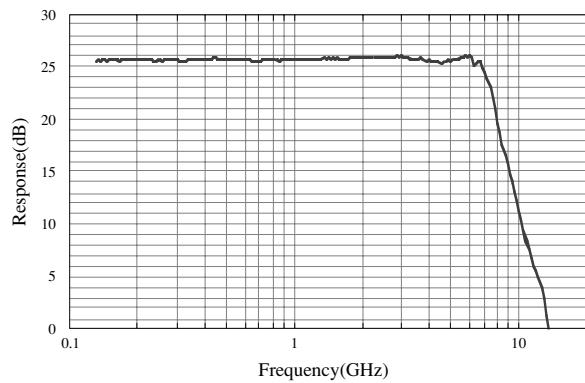


図10 周波数特性

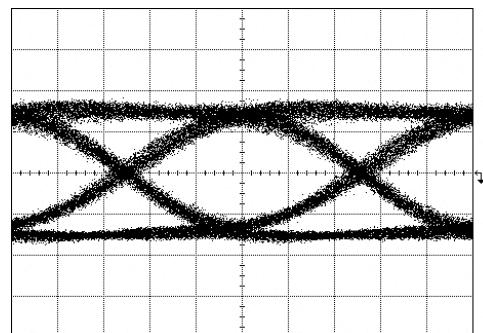


図11 出力波形

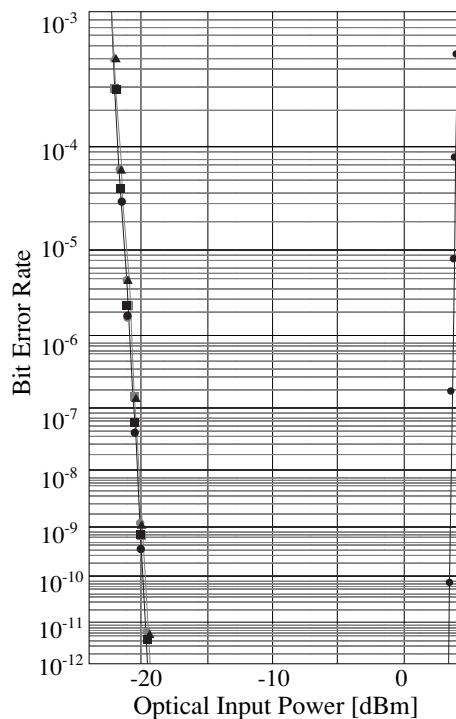


図12 誤り率特性

表5 10Gb/sPIN-AMPモジュール(OD9651N)仕様

項目	記号	条件	最小値	平均値	最大値	単位
波長	λ		1280		1580	nm
受光感度	Rpd	$\lambda = 1550\text{nm}$	0.7	0.8		A/W
周波数帯域	BW	$f_{3\text{dB}}, \text{Pin} = -10\text{dBm}$	7.0	7.5		GHz
トランシスインピーダンス	Zt	$\text{Pin} = -10\text{dBm}, \text{RL} = 50\Omega$	57	60		$\text{dB}\Omega$
最大受光感度	Pmax	9.953Gb/s, NRZ PRBS2 ³¹ -1ber10 ⁻¹²	0	2		dBm
最小受光感度	Pmin	9.953Gb/s, NRZ, PRBS2 ³¹ -1ber10 ⁻¹²		-20	-18	dBm
入力換算雑音電流密度	In	Average: 0.5GHz ~ BW		10	12	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$

表6 PIN-AMP製品ラインアップ

品名	システム	伝送速度	帯域	最大受光感度	最小受光感度	スケジュール
OD9651N	OC-192, STM-64	9.95328Gb/s	7.5GHz	0dBm	-18dBm	
OD9652N		10.664Gb/s	8.5GHz	-3dBm	-17dBm	CS 1/02
OD9653N		12.5Gb/s	10GHz	0dBm	-15dBm	ES 1/02 CS 6/02

ES: Engineering Sample CS: Commercial Sample

PIN-TIAモジュールの特性

図10に10Gb/s PIN-TIAモジュールの周波数特性を示す。受光感度 $\eta = 0.9\text{A/W}$, トランシスインピーダンスは $60.3\text{dB}\Omega$ と良好な特性が得られた。

図11に10Gb/s (NRZ, 擬似ランダムパターン (PRBS 2³¹-1), $\text{Pin} = -10\text{dBm}$, 消光比8.6dB) のPIN-TIAモジュールの出力波形 ($T_a = +25^\circ\text{C}$, 20mV/div, 20ps/div) を示す。これより、良好なアイ開口が得られていることが確認できる。

図12に符号誤り率 (10Gb/s, NRZ, PRBS 2³¹-1, 消光比8.6dB) の測定結果を示す。 $T_a = +0\sim+70^\circ\text{C}$ (■: $+0^\circ\text{C}$, ▲: $+25^\circ\text{C}$, ●: $+70^\circ\text{C}$) の範囲で最小受光感度-19.3dbm (BER10⁻¹²), 最大受光感度+3.5dbm (BER10⁻¹²) と温度変動に対しても安定した結果が得られており、広ダイナミックレンジでの受信が可能であることがわかる。表5に10Gb/sPIN-TIAモジュール(OD9651N)の仕様を示す。

ラインナップと開発計画

我々は、10Gb/s (9.95328Gb/s, OC-192, STM-64) 対応のOD9651N, 10.7Gb/s (10.664Gb/s, FEC) 対応のOD9652Nの2機種をリリースしている。さらに12.5Gb/s対応のOD9653Nの試作を完了している。表6に製品ラインナップおよび開発スケジュールを示す。

今後は高機能化に対してデータコム市場用ハイゲイン

モジュール (リミッティングアンプ内蔵) や、更なる高速化に向けた40Gb/sの受信モジュールの開発を推し進めているところである。

まとめ

光ネットワーク網における大容量化、高機能化および低通信料金化へのソリューションの観点から、我々が開発している光通信用部品の状況について紹介した。

今後、光通信用部品は、低価格化、高機能化、高速化に加え、より機能を集積化する方向に進んでいくことが予測される。



●筆者紹介

奥田圭二 : Keiji Okuda.オプティカルコンポーネントカンパニー アドバンストオプト部

山口高広 : Takahiro Yamada.オプティカルコンポーネントカンパニー アドバンストオプト部

原野康 : Yasushi Harano.オプティカルコンポーネントカンパニー アドバンストオプト部

広瀬洋光 : Youkou Hirose.オプティカルコンポーネントカンパニー アドバンストオプト部