

JPCフォーラム 2013年9月定例会

OFC2013レポート
—OFC/NFOECにみる最新光通信関連部品—

平成25年9月10日

(株)グローバルファイバオプティックス
東京都千代田区三崎町2-12-7 静山ビル3F

代表取締役
梶岡 博

目次

1. 学会の総括
 1. 1 イベント総括
 1. 2 論文分類と光デバイス
 1. 3 論文発表件数と出展数
2. OFC/NFOEC2013のホットピックス
3. 材料別光デバイス
 3. 1 シリコン:光源
 3. 2 シリコン:変調器・受光器
 3. 3 シリコン:集積回路・Tx/Rx
 3. 4 シリコン:パッシブ
 3. 5 InP系
 3. 6 シリカ系
4. マルチコア(SDM)関連デバイス
5. まとめ
6. 付録(図表)

1. 学会の総括

学会名 : Optical Fiber Communication Conference
and Exposition and the National Fiber Optic
Engineer Conference

期間 : 2013年3月17日～21日

場所 : Anaheim Convention Center, CA, USA

主催 : IEEE Communication Society, IEEE Photonics
Society, and Optical Society of Americaの3 団体

参加者数 : ～12,000人(昨年比1,000人)

1.1 OFC/NFOEC2013のイベントの総括

講演数

OFC:490
NFOEC:83
Joint:155
PDP:27
合計:755件

基調講演

3件(日本0件)

招待講演

113件(日本21件)

チュートリアル

21件(日本3件)

Market Watch

I:産業外観
II:データセンタ用Pluggable Optics
III:"Booster Rocket"を探す部品産業
IV:メトロへの100Gの応用
V:パケットへの光統合

Service Provider Summit

I:ネットワークインフラからの収益
II:Service Providerの吸収合併戦略

ワークショップ(12件)

空間多重伝送(OSu1A)とデータセンタ用
オプティクス(OM1F)を聴講

特別シンポジウム(4件)

クラウドの実現 無線と光の統合
光通信の歴史:Tingye Liの思いで

Rumpセッション Siフォトニクスは革新技术か
技術者の好奇心か?

Show Floor Program

・イーサネットアライアンス・100G超の標準化
・クラウドコンピューティング・OIF
・フォトニクススタートアップ・新製品紹介
・OIFキャリアSDN
・POFシンポジウム

ショートコース57件

新コース:11件

- ・SDNとオープンフロー
- ・スーパーコンピューティング
- ・クラウドセントリックNW
- ・無線バックホール
- ・NWの最適化
- ・FEC入門
- ・コヒーレント光システム
- ・FEC技術と光通信への応用
- ・コヒーレントシステムの設計

展示会(550社)

1.2 光デバイス関連の論文カテゴリー

分類	カテゴリー	件数	比率 (%)	招待講演数 (日本)
1	光ネットワーク応用とサービス	30	5.3	9(0)
2	ネットワーク技術と応用	32	5.7	9(3)
3	FTTx技術、適用と応用	27	4.8	10(2)
4	Market Watch & Service Provider Summit	—	—	—
5	ファイバと光伝搬効果(革新的なファイバ技術デバイス)	31	5.5	8(1)
6	ファイバと導波路型デバイス:アンプ,レーザ, センサとパフォーマンスモニタ	28	5	8(3)
7	スイッチング、フィルタリングとインターコネク用光デバイス (多重化デバイス、変調器、シリコンフォトニクス)	42	7.5	11(1)
8	O/Eデバイス(シリコンフォトニクス、LD/PD, 変調器、集積化)	51	9.1	10(2)
9	デジタル伝送システム	47	8.3	9(3)
10	伝送サブシステム、NWエレメント	74	13	8(2)
11	光プロセッシングとアナログシステム	63	11	8(1)
12	コアネットワーク	56	9.9	8(0)
13	アクセスネットワーク	46	8.2	6(2)
14	データコム・コンピュータコム用光インターコネク NW	36	6.4	9(1)
	合計	563		113(21)
	ポスターセッション155件を除く			

1.3 国別発表件数および出展社数

発表件数

国	OFC	NFOEC	JOINT	PDP	Total
USA	129	31	22	10	192
日本	88	12	28	1	129
ドイツ	42	4	15	2	63
中国	36	3	21	1	61
UK	34	2	10	2	48
フランス	20	5	3	0	28
カナダ	16	2	8	0	26
イタリア	17	4	5	0	26
台湾	11	0	7	0	18
オーストラリア	9	2	4	2	17
オランダ	11	1	2	1	15
スペイン	9	2	3	0	14
シンガポール	9	1	3	0	13
デンマーク	8	0	4	1	13
スウェーデン	8	2	1	0	11
イスラエル	7	1	2	0	10
韓国	5	3	2	0	10
ギリシャ	7	0	3	0	10
ポルトガル	4	2	2	1	9
アイルランド	6	0	2	0	8
ブラジル	2	3	2	0	7
HK	3	0	2	0	5
ベルギー	5	0	0	0	5
ポーランド	1	1	1	0	3
ロシア	1	1	1	0	3
ノルウェー	0	1	0	1	2
フィンランド	0	0	1	0	1
サウジアラビア	0	0	1	0	1
インド	1	0	0	0	1
スイス	1	0	0	0	1
合計(30ヶ国)	490	83	155	22	750

出展社数

国	2013	2012	2011	2010	2009	2008
USA	226	249	241	223	231	281
中国	88	72	67	56	57	52
日本	31	35	29	29	38	45
韓国	23	26	26	31	25	25
ドイツ	21	22	24	27	24	25
カナダ	16	20	21	24	20	19
台湾	14	10	16	13	11	15
英国	5	8	10	11	9	10
フランス	5	5	9	11	8	10

2. 学会のホットピックス

デジタルコヒーレント
伝送方式

- (1) 光信号の位相を高精度に制御できるので**多値変復調が可能**
- (2) デジタル信号処理により**偏波多重分離が可能**
- (3) 受信端で一括**分散補償が可能**

シリコンフォトニクス

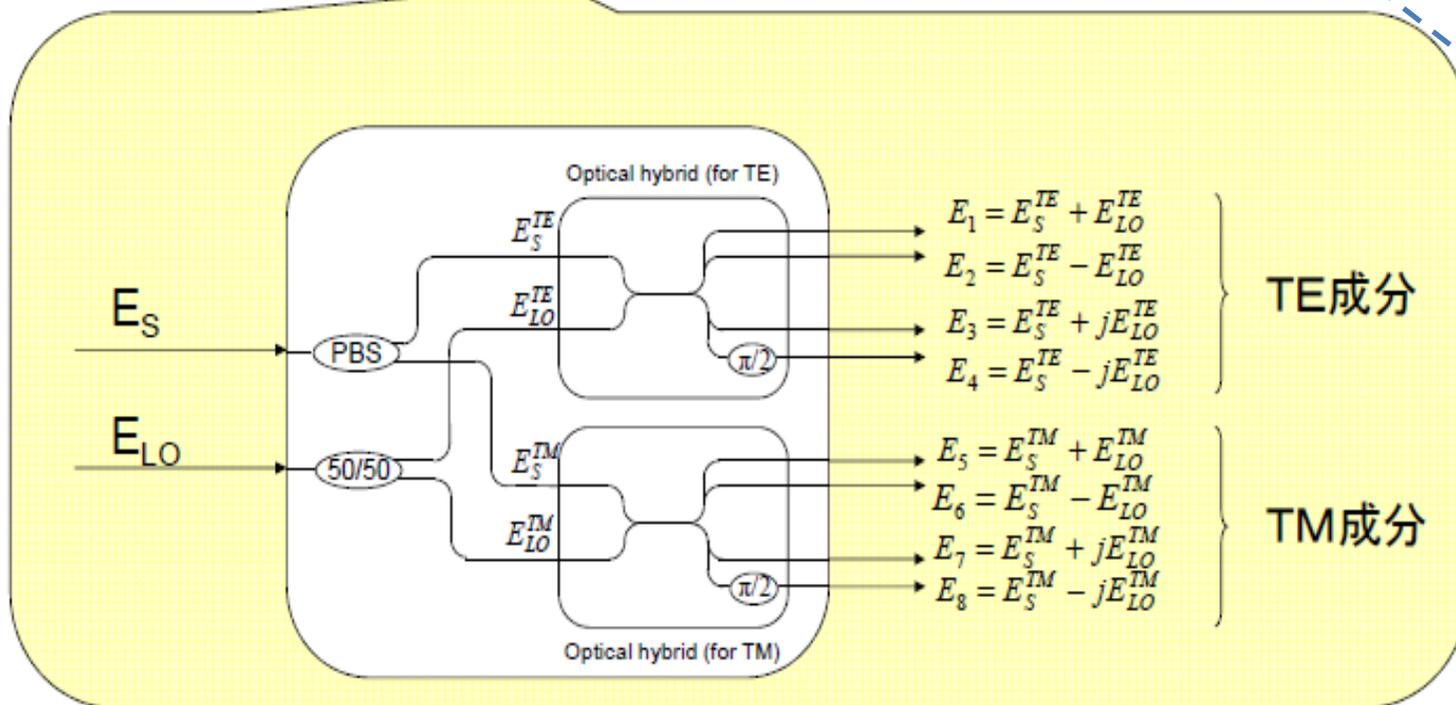
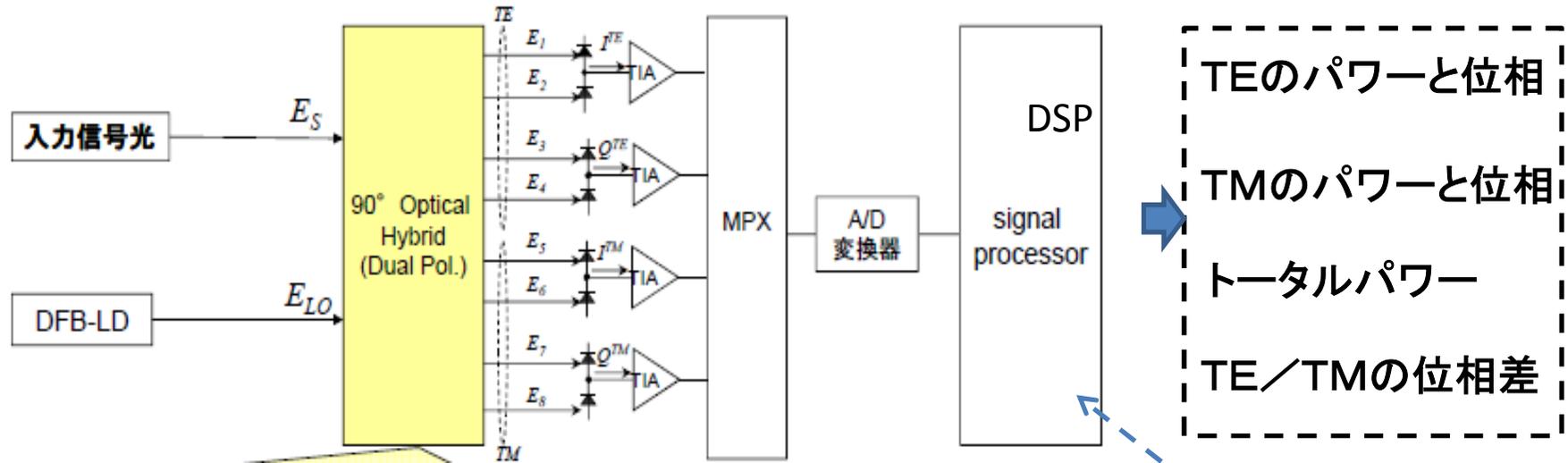
- (1) 成熟した産業インフラ**Si CMOSプロセスラインが使用可能**
- (2) **電子回路と集積可能**
- (3) **小さい→大規模集積可能**
- (4) **超小型デバイス(高 ΔN)**
- (5) **超低消費電力(アクティブ領域が短い)**

SDN:Software
Defined Network

Stanfordから**オープンフロー**に関する基調講演
従来のルータ機器の役目: 転送経路計算、フ
レーム転送処理、機器間のプロトコル制御の3つ

オープンフロー: 1台のオープンフローコントローラと転送処理用複数のオープンフ
ロースイッチの2つに分業させ、フローテーブルを介してコントローラと
スイッチ間でプロトコル制御が行われる。**スイッチは転送に専念**、コントローラ
のプログラミングで**瞬時にネットワークの変更ができる**。

デジタルコヒーレント受信部



- ・歪等価
- ・光周波数
オフセット補償
- ・搬送波
位相推定
- ・識別判定回路

3. OFCに見る材料別光デバイス

デバイス \ 材料	シリコン	InP	Ge	シリカ	LN	ポリマ
光源	○	○				
受光器	○	○	○	○		
変調器	○	○		○	○	
Rx	○	○		○		○
Tx	○	○				
集積回路	○	○				○
分波器	○					
波長変換	○				○	
周期反転デバイス	○				○	
偏光子	○					
PBS	○					
スプリッタ	○					
アイソレータ	○					
サーキュレータ	○					
フィルタ	○			○		○
マトリクスSW	○			○		
SMFとの結合器	○					
WSS	○	○				

シリコンフォトニクスは“building block”が揃った！！

3.1 シリコン:光源

	デバイス	論文番号	主機関	国	内容	備考
1	光源	OM3K.1	U. of College London	UK	InGa/GaAs QD laser on Si platform	1300nm 室温発振 500mA-28dBm
2		OT11 D.2	UC Santa Barbara	USA	Silicon Tx/QW intermixing DFBアレイ	1250~1450nm EAMと集積(WSではまだ課題多い)
3		OT11 D.3	富士通	日本	4波CWDM用	SOAアレイと反射型リング共振器
4		OT11 D.6	Ghent U.	Belgium	III-V on Si DFB	閾値50mW, 出力まだ低い、改善の余地あり SMSR ^o 40dB
5		PDP5C.7	Skorpios Tech. Inc.	USA	III-V on Si Cバンド 波長可変	SOIにIII-Vエピを直接メタルボンディング、特性良好
6		PDP5C.8	Aurion Inc.	USA	II-V族をゲイン、Si共振器	商用ファウンドリーで記録的性能
7		OW3C.2	KIT(Karlsruhe工大)他	Germany	周波数コム(マイクロ共振器)	コヒーレントWDM伝送用光源

3.2 シリコン: 変調器・受光器

8	変調器	JTh2A.30	CEA,Leti	France	反射MZI型/FRミラー付き	コヒーレント復調用
9		OTh1D.5	A*STAR(Agency of Science Tech. & Research)	singapore	Cu-I-Si-I-Cu ナノプラズモニックWG	超小型電気光変調器、1um長アクティブ領域、まだ低速
10		OTh4I.5	A*STAR	singapore	マイクロリング型	バイオ/化学センサー用、屈折率変化を読む 1×10^{-5} 乗
11		OW4J.2	Bell Labs,Alcatel/Lucent	USA	マイクロリング型	PD-QPSK用、56Gb/s, PR(ローテータ)とPBSを集積
12		OW4J.3	Chinese academy	China	MZIとマイクロリング型	60Gb/s,MRRはサイズ0.5mm ² でTb/son-chip interconnect
13		OW4J.6	KIT(Karlsruhe工大)	Germany	Silicon Organic Hybrid(SOH)	84Gb/s BPSK & M-ASK,多値レベル変調 16,64QAM用
14	受光器	OM2H.4	IBM Watson RC	USA	Silicon Nanophoto受光器	90nm CMOS 10 [~] 28Gb/s,WDM filter,Ge PD, Modulator,SWをmonolithic集積
15		OM2J.3	Paris-Sud U.	france/C EA,Leti	Ge 導波路受光器	40Gb/s用、1550nm用、低暗電流 25nA,0.8A/W
16		OTu2C.6	Rice U.	USA	180nm-CMOS-SOI	850nm,VCSELで評価9.2GHz

3.3 シリコン:集積回路・Rx/Tx

	デバイス	論文番号	主機関	国	内容	備考
17	集積回路	OM2J6	PECST/PETRA/AIST	日本	アレイ光源、1x8分岐、8ch変調器、Ge受光器	6.6Tb/s/cm ²
18		OM2J2	TeraXion/Macgill U	Canada	コヒーレントRx,PBS,three MMI,two 1x4 PD,TIA集積	コヒーレントRx、6x8mm28Gbaudx4800km
19		OTu2C.4	Samsung	Korea	導波路、グレーティングカプラ、変調器、Ge-PD	65nm DRAMへの応用、10Gb/s
20		OTh4I.7	IBM Watson,/Ghent U/Columbia U	USA/Belgium	中赤外シリコンフォトニクス	パラメトリックアンプ、光源、変調器、受光器
21	Rx	OW2J.4	NTT Microsystem	日本	Si-Ge-Silica monolithic	22Gb/sx16ch WDM 受信機、40km伝送、次世代PON用
22	TX	OM3K.4	Alcatel/Lucent/CEA,Leti/Ghent U/Sousampton U	France/Belgium/UK	III-V on Si Tunable Tx	With silicon MZI modulator,45nm tuning,短距離、長距離用の可能性あり
23		OTh4H.1	日立/NEC,ALAXALA	日本	100Gb/s CMOS Tx	短距離、バックプレーン用、2.2W、10.2pJ/bit

3.4 シリコン:パッシブ

	デバイス	論文番号	主機関	国	内容	備考
24	SMFと結合	OTu2C.3	National Tsing Hua U	台湾	2テーバット結合	±3μmの軸ずれクレアランス
25		OW3F.2	A*STAR	Singapore	Double etched waveguide grating coupler	結合損1.5dB、deep UV リソグラフィー使用
26		OW3F.4	NRC	Canada	tutorial	サブ波長構造と集積光学
27	復調器	OTh4I.4	Tech. U. of Denmark	Denmark	PoI-Div.DPSK 復調器	SOI, PSR &MRR,2x2MMI集積
28	再生器	OW3D.4	Ghent U.	Belgium	InP薄膜regenerator	光インターコネク用MIPS(Membrane InP Switch)現状2.5Gb/s、低消費電力
29	分波器	JTh2A.28	Tech. U. of Berlin	Germany	OFDM 分波器	1.2Tb/s スーパーチャンネル,8ch DFT,MZI on SOI
30	アイソレータ	OTu2C.5	東工大	日本	シリコン導波路アイソレータ	1552nm,28dB,MZI方式
31	偏光子	JTh2A.27	A*STAR	Singapore	超小型偏光子(horizontal nanoplasmonic slot WG)	TE-パス, 80nm, ER>15dB, IL~2dB,L=1μm
32	PBS	OTh4I.1	Zhejiang U.	China	超小型PBS(~17μm),42nm	非対称方向性結合器の縦続 ER=11, 13dB (TE/TM)
33	光サーキュレータ	JTh2A.25	東工大	日本	シリコンナノワイヤ導波路サーキュレータ	1551nm,15.3dB,MZI方式
34	マルチコア用	OTh1B.2	Tech. U. of Berlin	Germany	ファイバグレーティングカプラ	ファイバ高次モード結合用
35		OTu3G.4	Melbourne U.	Australia	ヒューズドカプラ	Few Mode伝送用
36	周期反転デバイス	OTh1C.3	UCLA	USA	周期反転PePSi	シリコン内電氣的制御非線形光学、圧縮/引張り部周期的
37	波長変換	OTh1C.4	Southampton U.	UK	FWM 波長変換 SiGe WG	40Gbaud D/QPSK用2.5cm長 25.8/W/m,IL~2dB
38	垂直スプリッタ	OTu2C.2	National Central U	台湾	シリコン基板上のポリマースプリッタ	45度ミラー、20Gb/s伝送
39	フィルタ	OTu3C.4	Shanghai Jiao Tong U	China	Tunable Lattice Filter	C帯、中心波長~15nm可変、温度係数~6.2pm/deg.C,アサーマルMZIの縦続、140mW
40	マトリクスSW	OTh1C.4	Southampton U.	UK	Si-Ge導波路FWM応用	40Gbaud QPSK用

3.5 InP系

	デバイス	論文番号	主機関	国	内容	備考
41	光源	JW2A.36	Innolume	Germany	量子ドット コムレーザ w/ 集積DBR 領域	DWDM用光インターコネク用
42		OM2J5	NTT	日本	ナノキャビティLEAPレーザ(Ph Crystal)/受光器	オンチップ光インターコネク用、 5Gb/s,17.3fJ/bit
43	変調器	OW1G.2	住友電工	日本	DP-QPSK変調器/駆動IC集積	128Gb/s,次世代メロ用、 34x16.5mm,2.5V,3.2W
44		OW1G.3	Oclaro Japan	日本	MZI変調器(非冷却0 to 85度)	フルCバンド、SOA集積 10.7Gb/s
45		OW4J.7	Warsaw U	Poland	反射型変調器(SOA,AWGと集積)	EOMM(Electro-optical Michelson modulator)
46	Rx	OW3J.6	Fraunhofer HHI	Germany	コヒーレント受信機(InPモノリシックと ポリマーハイブリッドの両方)導波路と してはSi、ガラスよりポリマーが低コス ト	PBS, 90度ハイブリッド、PD, TIA
47	再生機	OW3J.4	Sant'Anna	Italy	新規な集積型全光再生器	2台SOA, 2x2MMI, 2台BPF, 10Gb/s,1x6mm
48	多値信号発生	OM3C.2	NICT	日本	64QAM-Tx	タンデムIQ変調器、電気と光のレベル数 をバランスさせ構造の簡略化
49	ビームステアリング	OTh3I.7	US Santa Barbara	USA	2次元光ビームステアリング	On chip tunable laser を集積化、空間通 信、LIDAR用
50	WSS	OW1C.5	横国大	日本	多重量子井戸マイクロ共振器型ヒット レスWSS	消光比:15dB、0.7nm hitless WSS range

3.6 シリカ系

	デバイス	論文番号	主機関	国	内容	備考
51	受光器	OTh3H.4	NTT	日本	InPとシリカのヘテロ集積	コンパクトなDP-QPSK用受信機用、PBS, VOA, 2台の90度光ハイブリッド、マイクロミラーなど集積
52	変調器	OW1G.1	NTT	日本	変調器のTutorial	LN/LN+Silica/InP/Siliconそれぞれの用途
53	Rx	NW1J.5	NTT	日本	100GE用ROSA	PLCベースAWG+4chTIA
54	フィルタ	OW1C.2	名古屋大	日本	小型集積チューナブルフィルタ	AWGと光SW利用、C/D/C型WSSIに必須デバイス、25GHz間隔の192chの1波を選択、 15x74.5mm ²
55	マトリクスSW	OW1C.4	Eindhoven U	Netherlands	8x8 空間および波長選択クロスコネクタ(SOAと集積)	同時ダイナミック多波長ルーティング、速度:ナノ秒SOAアレイ, シャッフル、AWGアレイを98mm ² に集積

4. マルチコア (SDM) 関連デバイス

論文番号	内容	機関
OTh4B.4	ネットワークへの応用提案	大阪大
OM3I.3	レビュー	フジクラ
OTh1B.5	Fewモードの合成	北海道大学
OTh3K.2	98km双方向伝送クロストーク	NEC
OM2C.2	周波数オフセット 低減	NEC
OTh3K.1	GIF4モード伝送	NTT
OM3I.1	<u>PCコネクタ</u>	NTT
OM3I.2	<u>ブラダブルファンアウト</u>	住友電工
OTh3K.3	曲げ損失	フジクラ
OTu2G.1	製造法:スタック&ドロー	フジクラ
OW1I.3	SDMレビュー	NICT
OW1K.1	クロストークの測定法	NICT
JW2A.15	クロストークの理論	大阪府大
JW2A.16	<u>EDFA</u>	古河電工

5. まとめ

1. シリコンフォトニクスで殆どのアクティブ・パッシブ光デバイスが実現可能となった。
2. III-V/Si 送信機は短距離から長距離まで適用できる (Alcatel/Lucent OM3K.4)
3. 最終的にどのようなデバイス構成になるかはケースバイケースである。
(伝送距離、伝送帯域、伝送速度、ハイブリッドかモノリシック？、サイズ、アセンブリコスト、消費電力、生産規模……)

ご清聴ありがとうございました。

6. 付録

1～33:シリコンフォトニクス(抜粋)

43～50:InP系(抜粋)

51～55:シリカ系(抜粋)

III-V quantum-dot laser growth on silicon and germanium

Andrew Lee, Qi Jiang, Ting Wang, Mingchu Tang, Alwyn Seeds, and Huiyun Liu*

Department of Electronic and Electrical Engineering, University College London, London WC1E 7JE, United Kingdom;
 *huiyun.liu@ucl.ac.uk

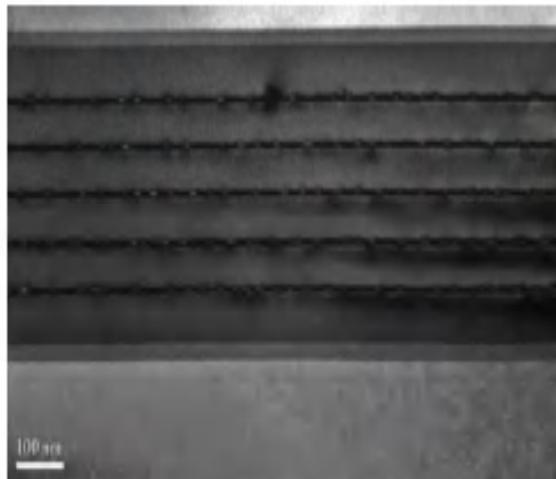


Fig. 1. Dark field (200) TEM cross-sectional images of 5-layer InAs/InGaAs dot-in-a-well structure grown on Si substrate.

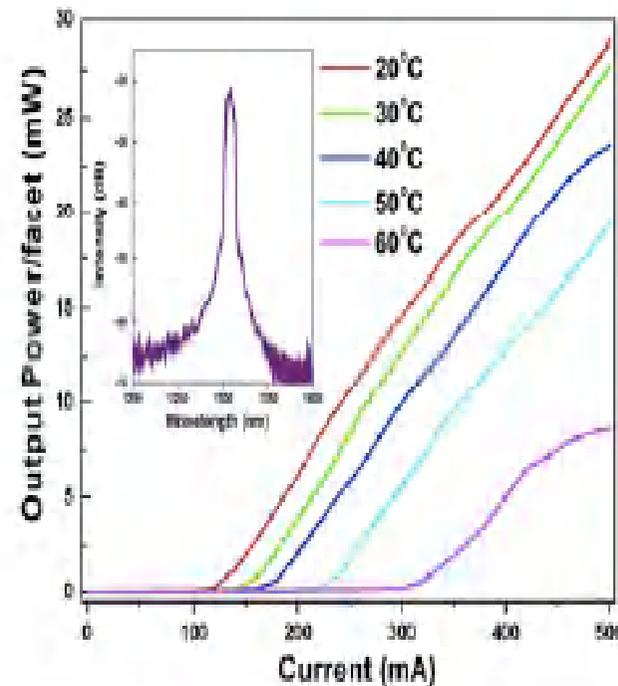


Fig. 4. Light output against current characteristic for InAs/GaAs QD laser on a Ge substrate under cw operation at various temperatures. The inset shows the laser optical above threshold at 20°C

Four-Wavelength Silicon Hybrid Laser Array with Ring-Resonator Based Mirror for Efficient CWDM Transmitter

Shinsuke Tanaka, Seok-Hwan Jeong, Shigeaki Sekiguchi, Tomoyuki Akiyama,
Teruo Kurahashi, Yu Tanaka, and Ken Morito

Fujitsu Laboratories Ltd., 10-1 Morinosato-Wakamaya, Atsugi, Kanagawa, 243-0197, Japan
shtn-tanaka@jp.fujitsu.com

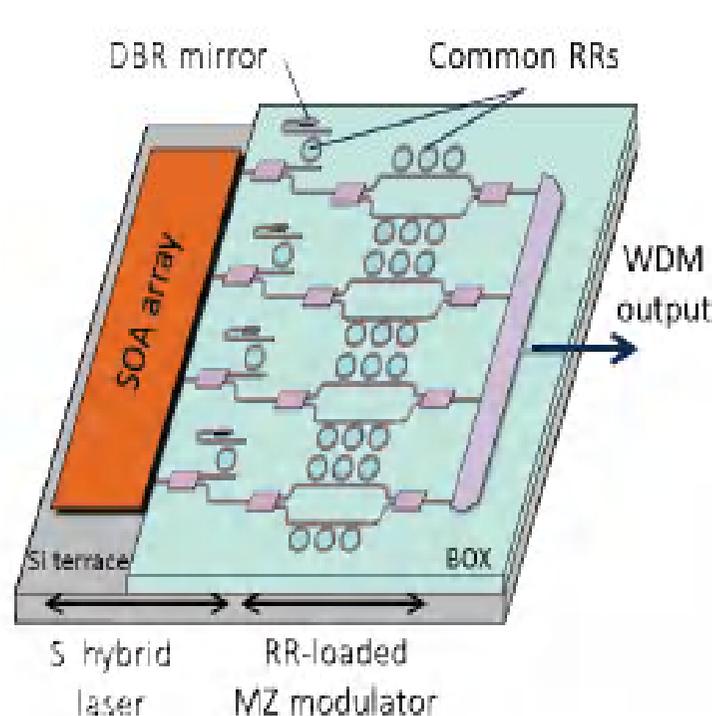


Fig. 1 Schematic structure of proposed wavelength-control-free Si CWDM transmitter

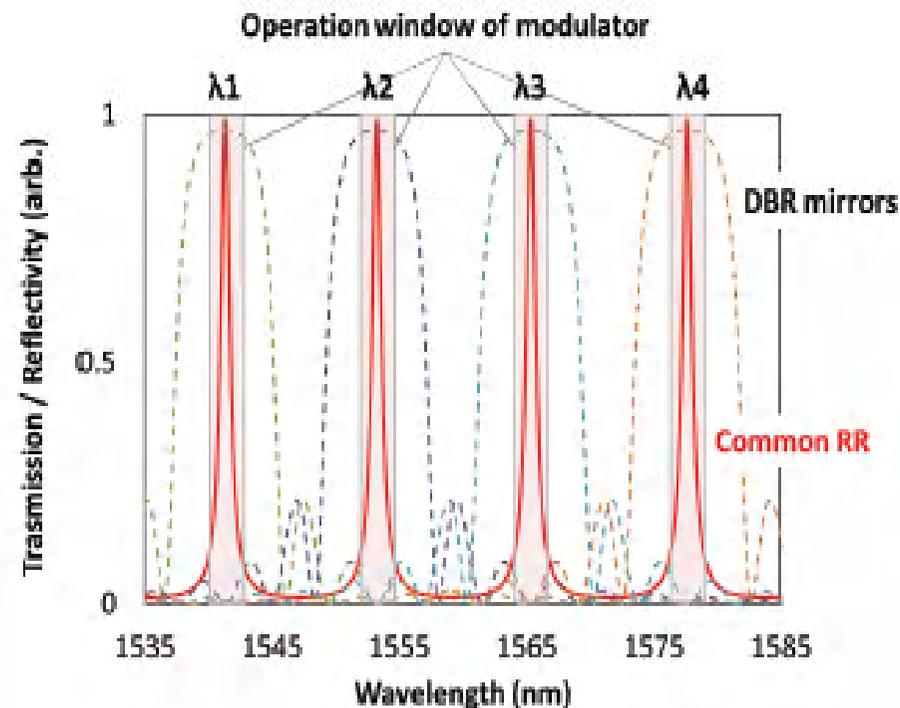


Fig. 2 Wavelength allocation of 4ch Si hybrid laser array

High Density Optical Interconnects Integrated with Lasers, Optical Modulators and Photodetectors on a Single Silicon Chip

Yutaka Urino^{1,2}, Tsuyoshi Horikawa^{1,3}, Takahiro Nakamura^{1,2}, Yasuhiko Arakawa^{1,4}

¹ Institute for Photonics-Electronics Convergence System Technology (PECST)

² Photonics Electronics Technology Research Association (PETRA), West 7 SCR, 16-1, Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8569, Japan

³ National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), West 7 SCR, 16-1, Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8569, Japan

⁴ Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 4-6-1, Komaba, Meguro, Tokyo 153-8505, Japan

y-urino@petra-jp.org

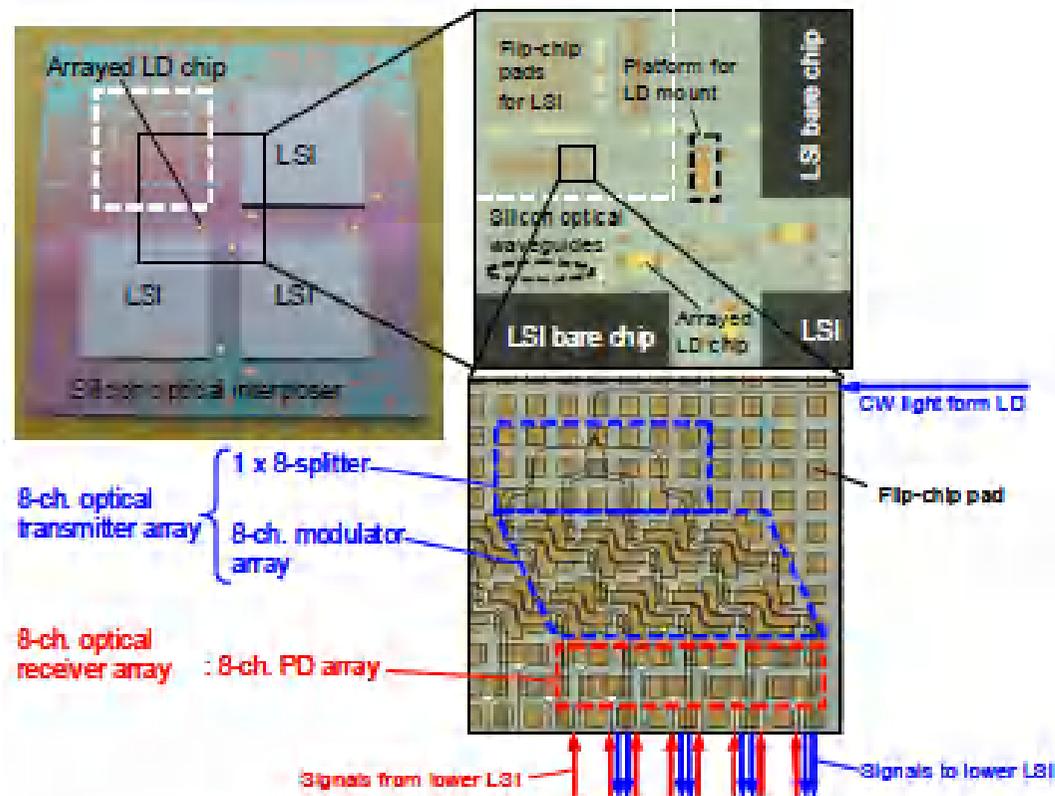


Fig. 1. Conceptual model of photonics-electronics convergence system for inter-chip interconnects.

Ultra-Compact Coherent Receiver Based on Hybrid Integration on Silicon

Y. Painchaud, M. Pelletier, M. Poulin, F. Pelletier, C. Latrasse, G. Robidoux, S. Savard, J.-F. Gagné, V. Trudel, M.-J. Picard, P. Poulin, P. Sirois, F. D'Amours, D. Asselin, S. Paquet, C. Paquet, M. Cyr, M. Guy, M. Morsy-Osman^{*}, Q. Zhuge^{*}, X. Xu^{*}, M. Chagnon^{*} and D. V. Plant^{*}

TeraXion, 2716 Einstein, Québec, Qc, G1P 4S8, Canada

**Department of Electrical and Computer Engineering, McGill University, Montréal, Qc, H3A 2A7, Canada*

ypainchaud@teraxion.com

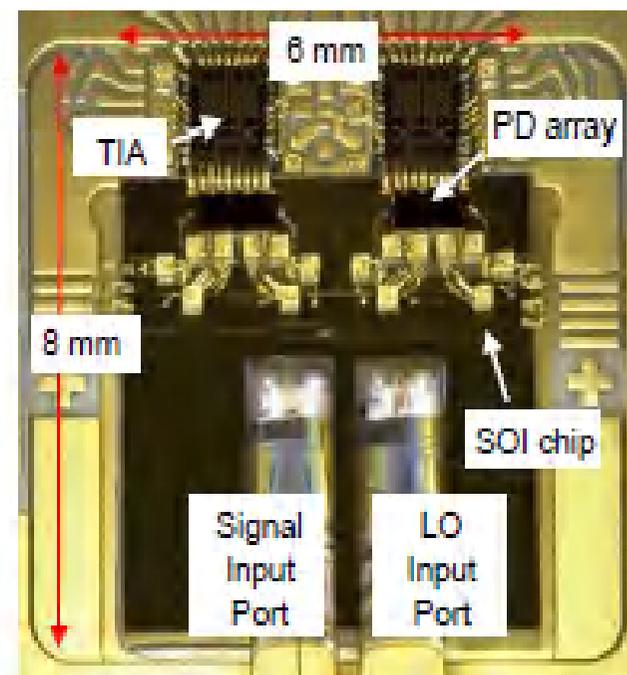
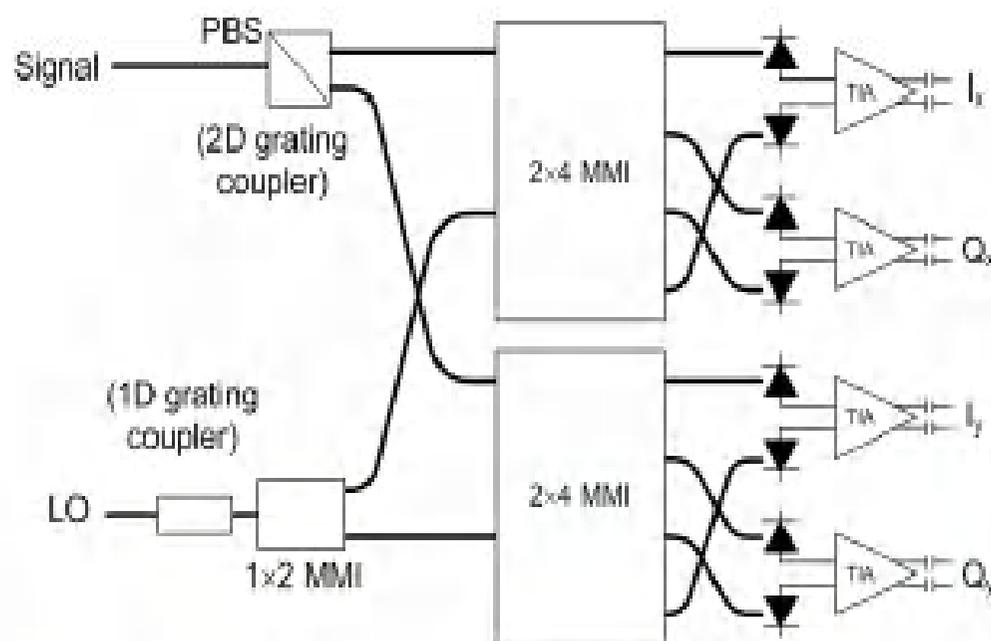


Fig. 1. Schematics of the coherent receiver (left) and picture of the coherent receiver assembly (right).

Integration of Silicon Photonics into DRAM Process

D. J. Shin, K. S. Cho, H. -C. Ji, B. S. Lee, S. G. Kim, J. K. Bok, S. H. Choi, Y. H. Shin, J. H. Kim, S. Y. Lee, K. Y. Cho, B. J. Kuh, J. H. Shin, J. S. Lim, J. M. Kim, H. M. Choi, K. H. Ha, Y. D. Park, and C. H. Chung

*Semiconductor R&D center, Samsung electronics,
San #16 Banwol-dong, Hwasung-si, Gyeonggi-do, 445-701 Korea
E-mail : dongjae.shin@samsung.com*

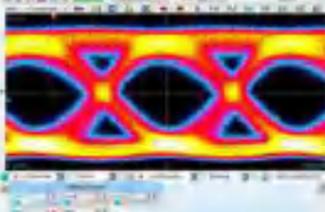
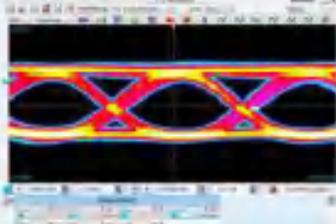
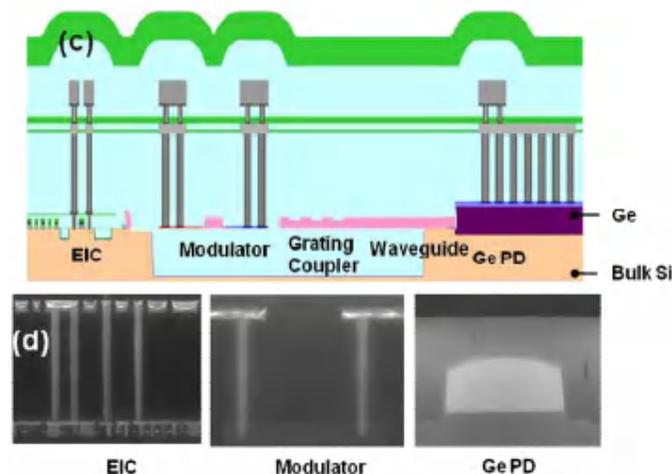
Waveguide	Coupler	Modulator	Ge PD
			
0.3 dB/mm	2.5 dB/port	25 Gb/s @ 2.5Vpp	25 Gb/s @ -1V bias

Fig. 2. Up-to-date status of Samsung BS photonic devices. The details will be published elsewhere.



III-V on Silicon Transmitters

G.-H. Duan¹, C. Jany¹, A. Le Liepvre¹, M. Lamponi¹, A. Accard¹, D. Make¹, F. Lelarge¹,
S. Messaoudene², D. Bordel², J.-M. Fedeli², S. Keyvaninia³, G. Roelkens³, D. Van Thourhout³, D. J.
Thomson⁴, F. Y. Gardes⁴ and G. T. Reed⁴

¹III-V Lab, a joint lab of 'Alcatel-Lucent Bell Labs France', 'Thales Research and Technology' and 'CEA Leti', Campus Polytechnique, 1, Avenue
A. Fresnel, 91767 Palaiseau cedex, France.

²CEA LETI, Minatec, 17 rue des Martyrs, F-38054 GRENOBLE cedex 9, France.

³Photonics Research Group, INTEC, Ghent University-IMEC, Sint-Pietersnieuwstraat 41, B-9000 Ghent, Belgium

⁴Optoelectronics Research Centre, University of Southampton, Southampton, United Kingdom.

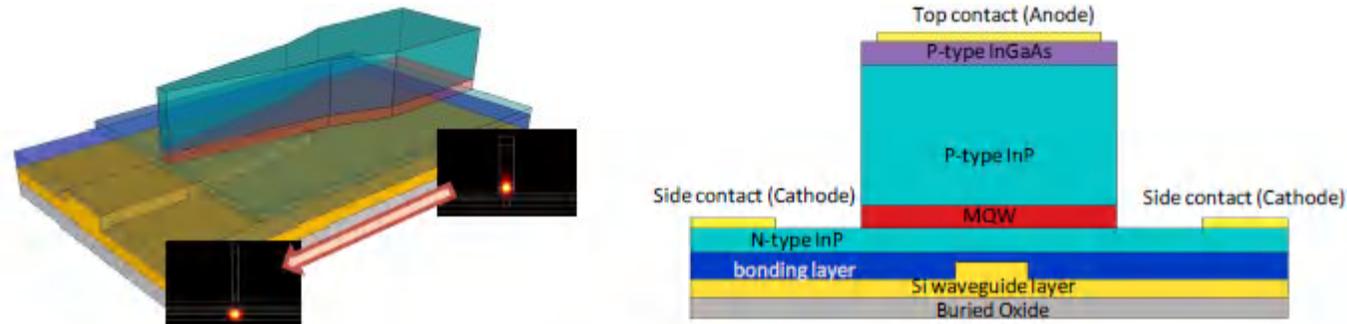


Figure 1 (left) 3D view of the coupling structure of the hybrid laser with representative mode profiles in two cross-sections, and (right) the detailed cross-sectional view of the center of the hybrid laser

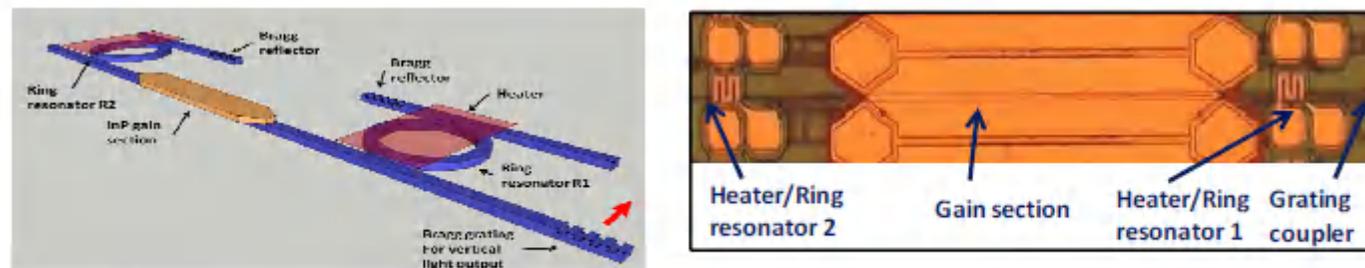


Figure 2: (left) Schematic view, and (right) picture of the widely tunable single mode hybrid laser

CMOS-Compatible Silicon Double-etched Apodized Waveguide Grating Couplers for High Efficient Coupling

Chao Li, Huijuan Zhang, Mingbin Yu, and G. Q. Lo

*Institute of Microelectronics, A*STAR (Agency for Science, Technology and Research), 11 Science Park Road, Science Park II, Singapore 117685*

lic@ime.a-star.edu.sg

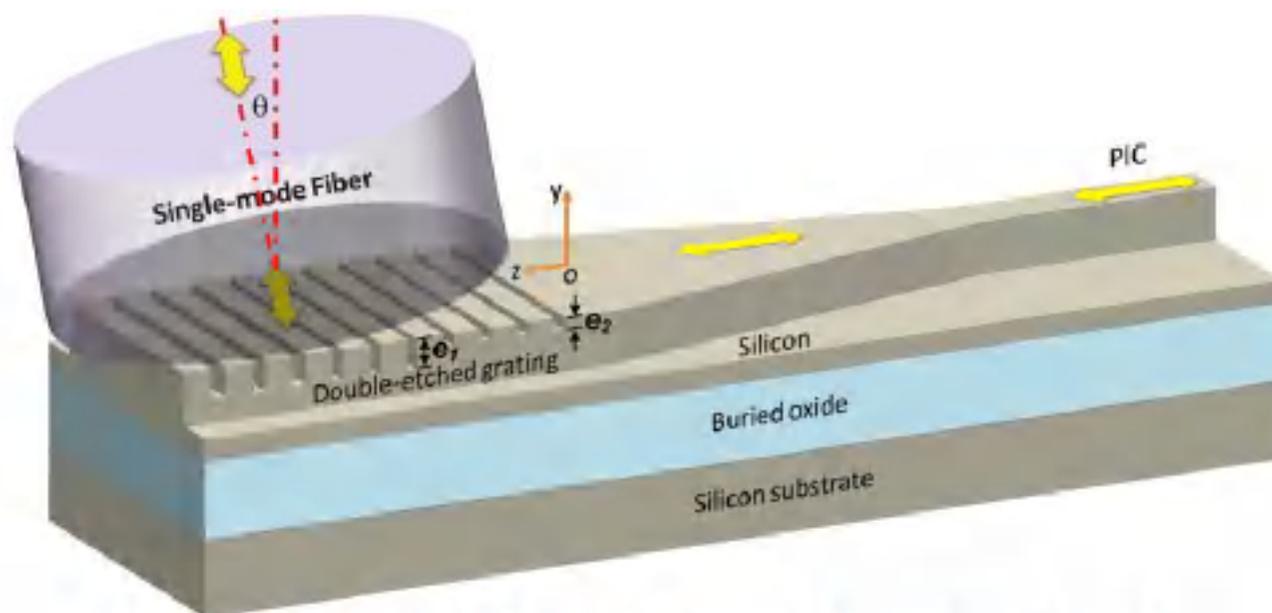


Fig. 1. Schematic of the double-etched diffractive apodized waveguide grating coupler.

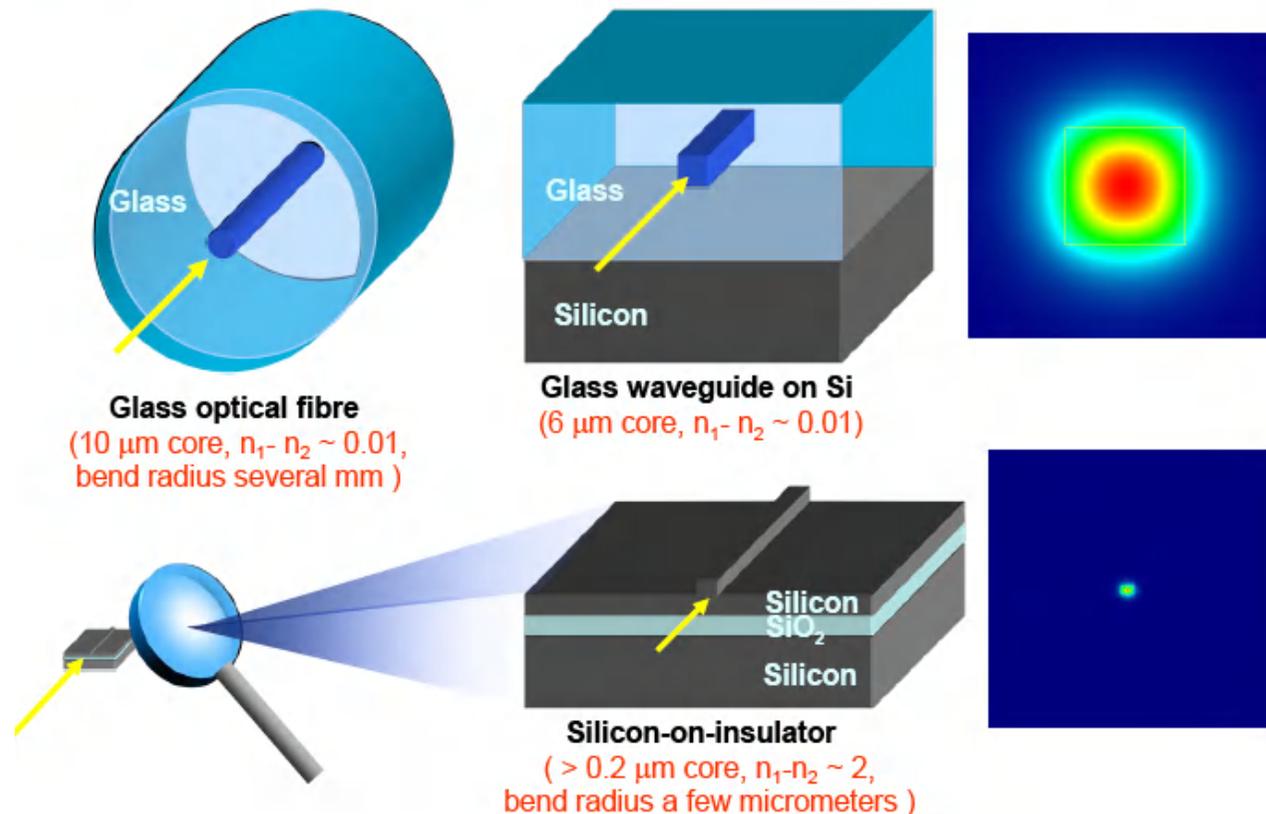
In order to achieve high fiber-to-waveguide coupling efficiency, a highly directional grating is required whilst the grating coupling strength α needs to be optimized to obtain a Gaussian-shaped field profile that can match the fiber mode. We chose the silicon waveguide thickness of 340 nm to improve the directionality of the grating instead of

Subwavelength structures in integrated optics

NRC, Canada

Pavel Cheben et al., Tutorial, OFC/NFOEC, 17-21 March 2013, Anaheim, CA

Integrated optics in silicon waveguides



Polarization Diversity DPSK Demodulator on the Silicon-on-Insulator Platform with Simple Fabrication

Yunhong Ding^{1,*}, Bo Huang^{1,2}, Haiyan Ou¹, Francesco Da Ros¹,
and Christophe Peucheret¹

¹Department of Photonics Engineering, Technical University of Denmark, 2800 Kgs. Lyngby, Denmark

²Wuhan National Laboratory for Optoelectronics, School of Optoelectronics Science and Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430074, Hubei, China

*yudin@fotonik.dtu.dk

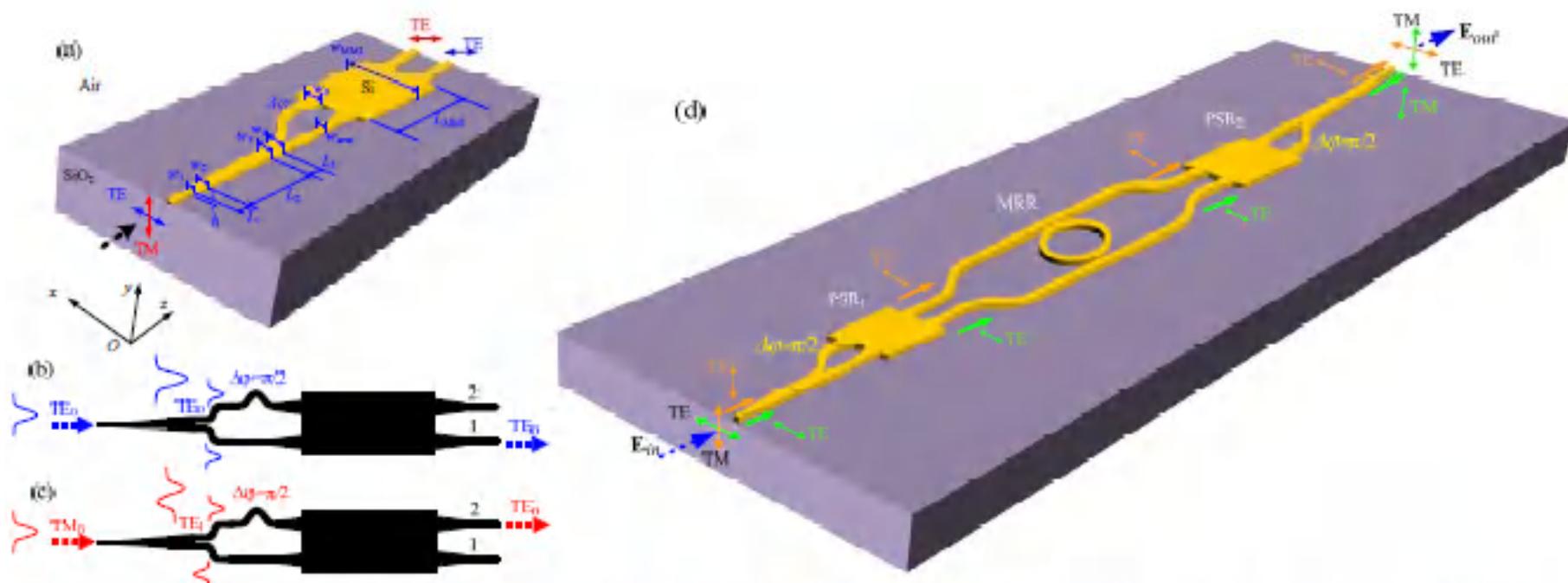


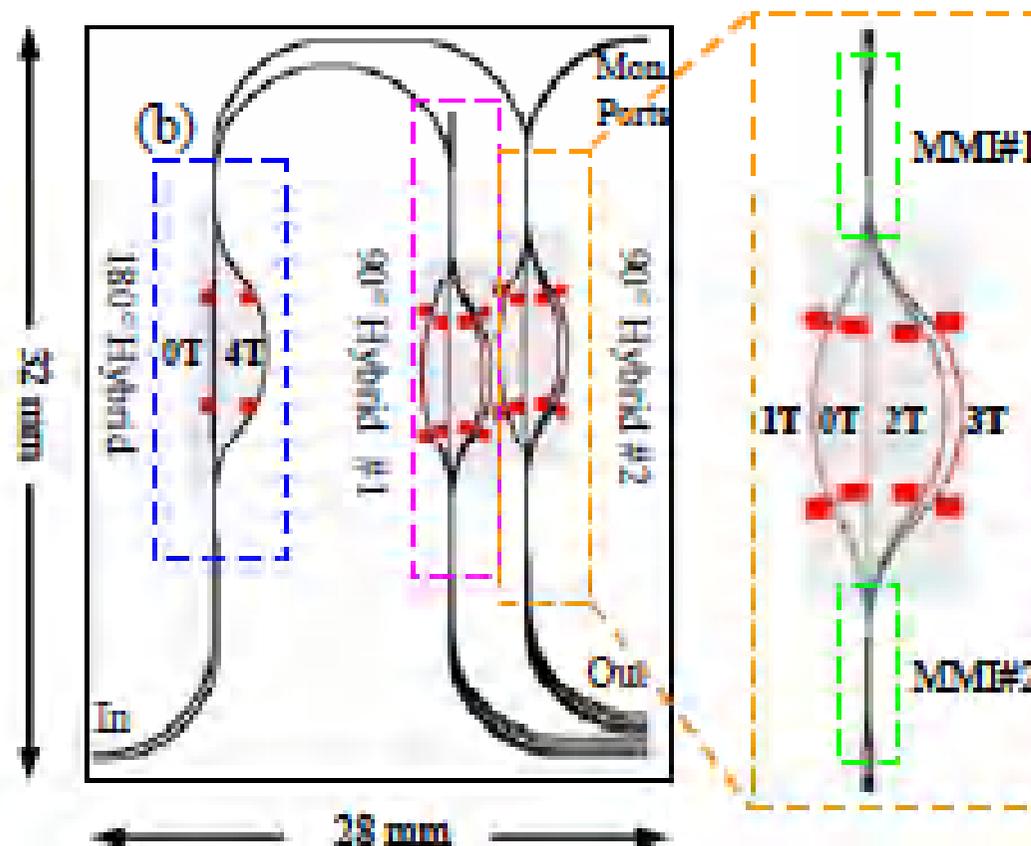
Fig. 1. (a) Structure of the PSR. TE₀ (b) and TM₀ (c) light are input to the PSR, and output from arm 1 and 2, respectively, on the TE₀ mode. (d) Pol-D circuit with a single MRR and two identical PSRs.

Terabit Optical OFDM demultiplexer in Silicon Photonics

Abdul Rahim¹, Stefan Schwarz², Jürgen Bruns¹, Christian G. Schäffer², Klaus Petermann¹

¹Technische Universität Berlin, Fachgebiet Hochfrequenztechnik, Einsteinufer 25, 10587 Berlin, Germany

²Helmut-Schmidt-Universität Hamburg, Department of High-Frequency Engineering and Optoelectronics, Holstenhofweg 85, 22043 Hamburg Germany



High Isolation in Silicon Waveguide Optical Isolator Employing Nonreciprocal Phase Shift

Yuya Shirato*, Yuya Shoji, and Tetsuya Mizumoto

Tokyo Institute of Technology, 83-11, 2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8552, Japan

Phone: +81-3-5734-2578, Fax: +81-3-5734-2578

shirato.y.aa@m.titech.ac.jp

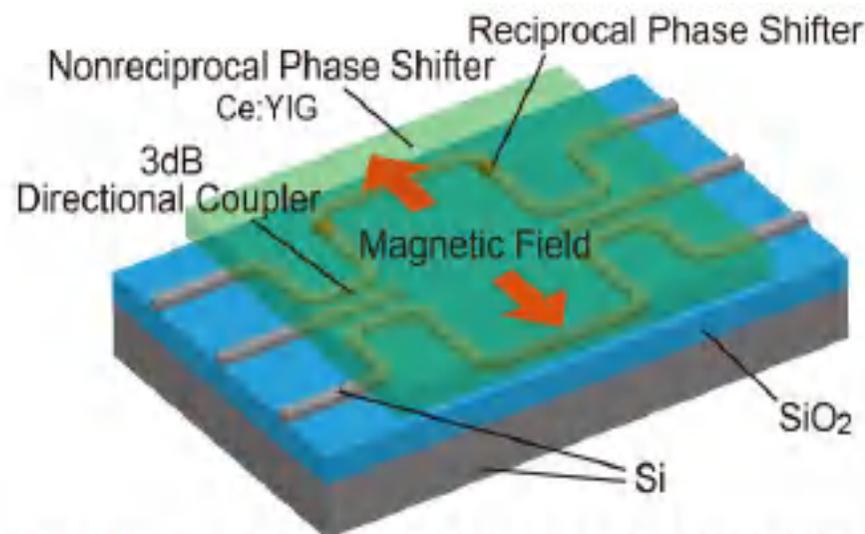


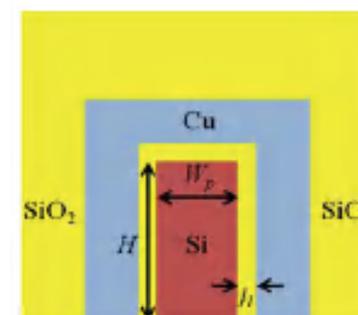
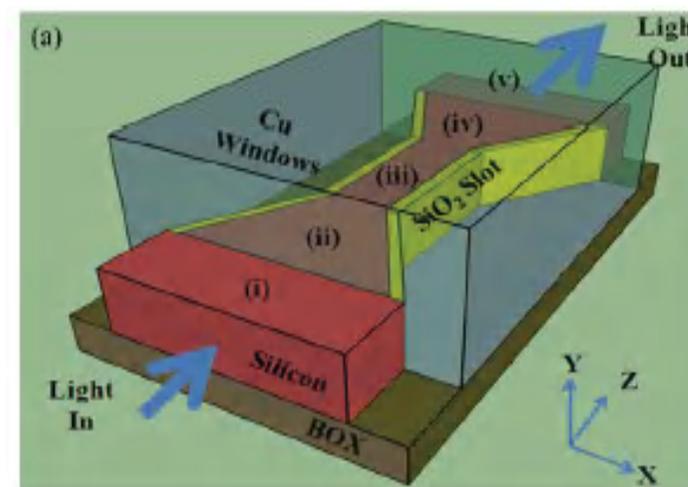
Fig. 1: Schematic illustration of silicon waveguide optical isolator

Ultra-compact CMOS Compatible TE-Pass Polarizer for Silicon Photonics

Ying Huang, Shiyang Zhu, Huijuan Zhang, Tsung-Yang Liow and Patrick Guo-Qiang Lo

Institute of Microelectronics, A*STAR (Agency for Science, Technology and Research), 11 Science Park Road, Science Park II, Singapore

huangy@ime.a-star.edu.sg



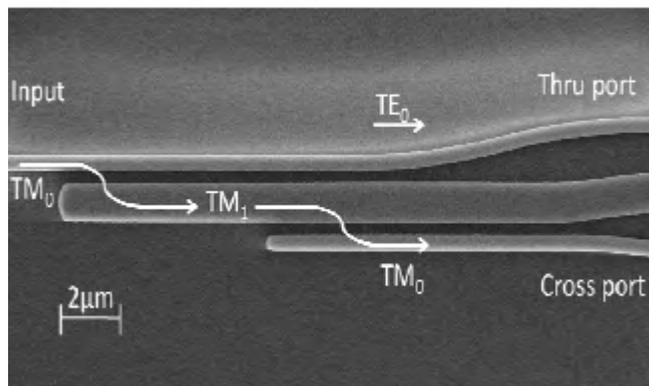
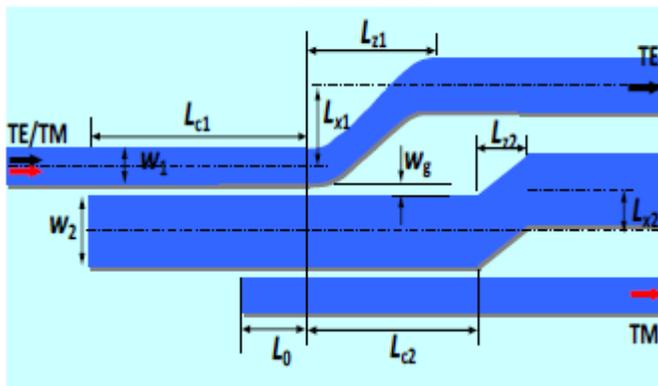
パッシブデバイス

32

Ultra-small silicon polarization beam splitter based on cascaded asymmetry directional couplers

Jian Wang and Daoxin Dai

Centre for Optical and Electromagnetic Research, State Key Laboratory for Modern Optical Instrumentation, Zhejiang Provincial Key Laboratory for Sensing Technologies, Zhejiang University, Zijingang Campus, Hangzhou 310058, China.
ddai@zju.edu.cn

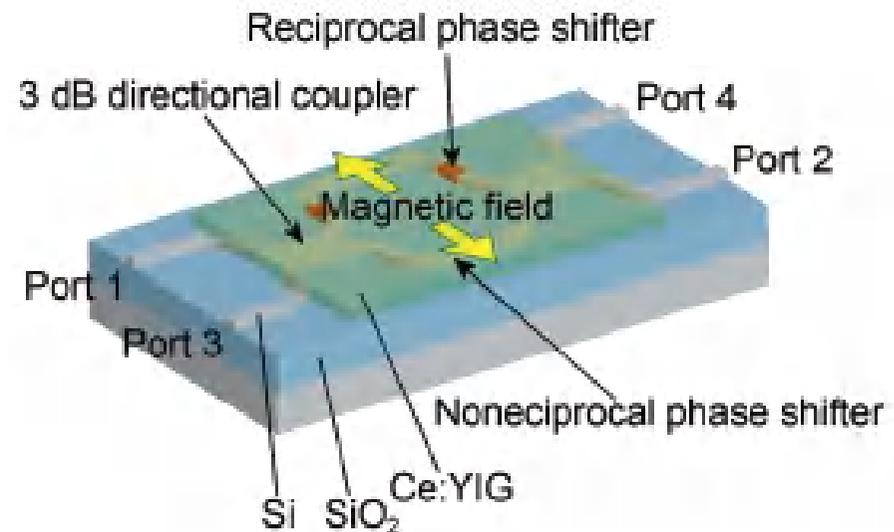


33

The First Demonstration of Silicon Waveguide Optical Circulator

Kota Mitsuya, Yuya Shoji and Tetsuya Mizumoto

Department of Electrical and Electronic Engineering Tokyo Institute of Technology,
2-12-1-S3-11 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8552, Japan
mitsuya.k.aa@m.titech.ac.jp



Compact and Low Power DP-QPSK Modulator Module with InP-Based Modulator and Driver ICs

Naoya Kono, Takamitsu Kitamura, Hideki Yagi, Naoki Itabashi, Taizo Tatsumi,
Yasuyuki Yamauchi, Kosuke Fujii, Kazuhiko Horino, Shingo Yamanaka,
Keiji Tanaka, Kazuhiro Yamaji, Chie Fukuda, and Hajime Shoji

Transmission Devices R & D Labs., Sumitomo Electric Industries, Ltd., 1, Taya-cho, Sakae-ku, Yokohama, 244-8588, Japan
kono-naoya@sei.co.jp

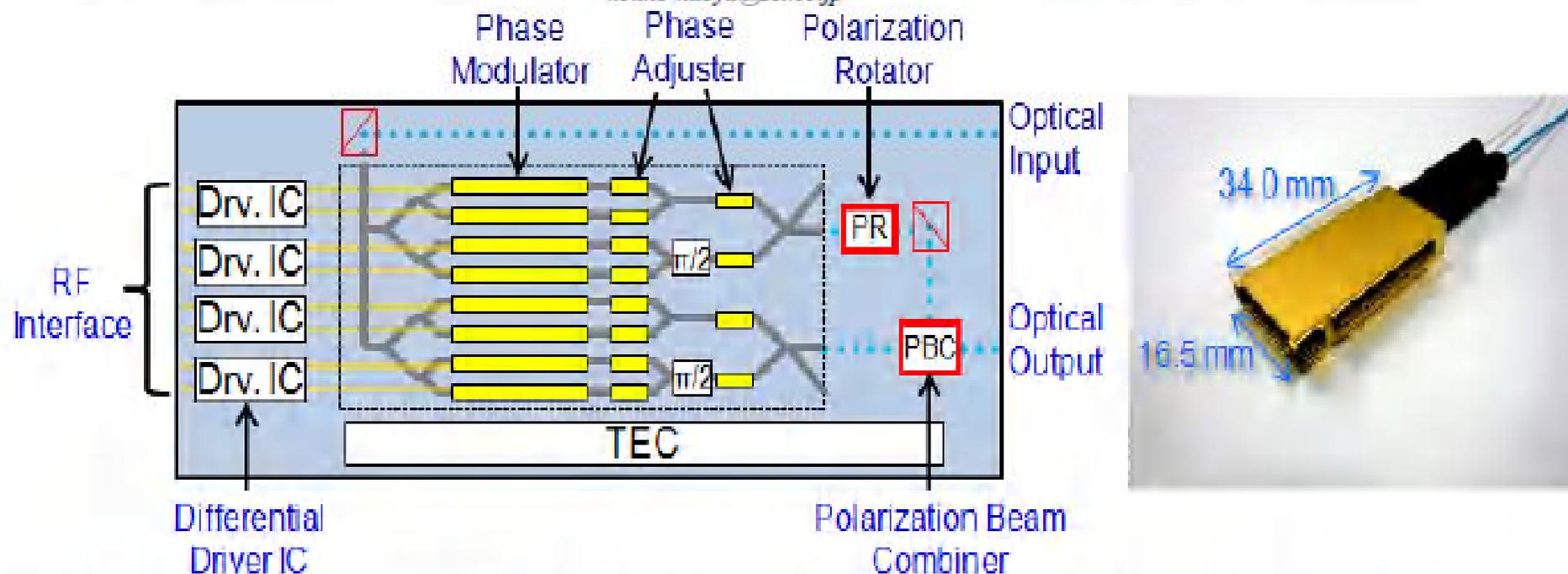


Fig. 1. Block diagram and photograph of DP-QPSK modulator module, including driver ICs and polarization multiplexing micro-optics.

Coherent Receiver Photonic Integrated Circuits

Martin Schell, Heinz Gunter Bach, Klemens Janiak, Norbert Keil, Martin Möhrle, Patrik Runge, Ziyang Zhang

Fraunhofer Heinrich Hertz Institute, Einsteinufer 37, 10587 Berlin, Germany
 martin.schell@hhi.fraunhofer.de

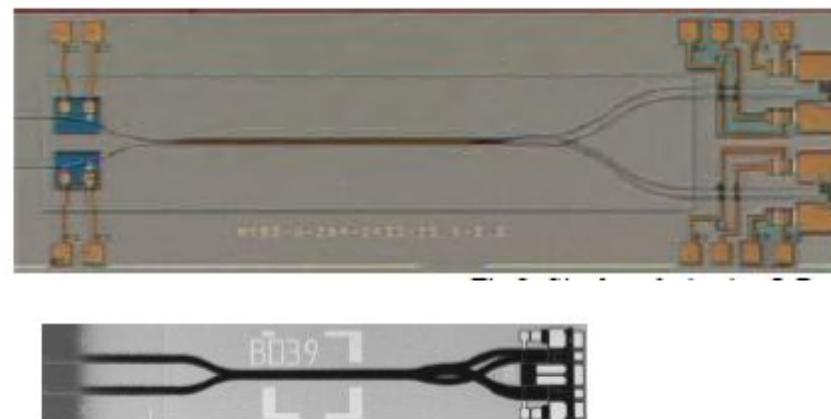
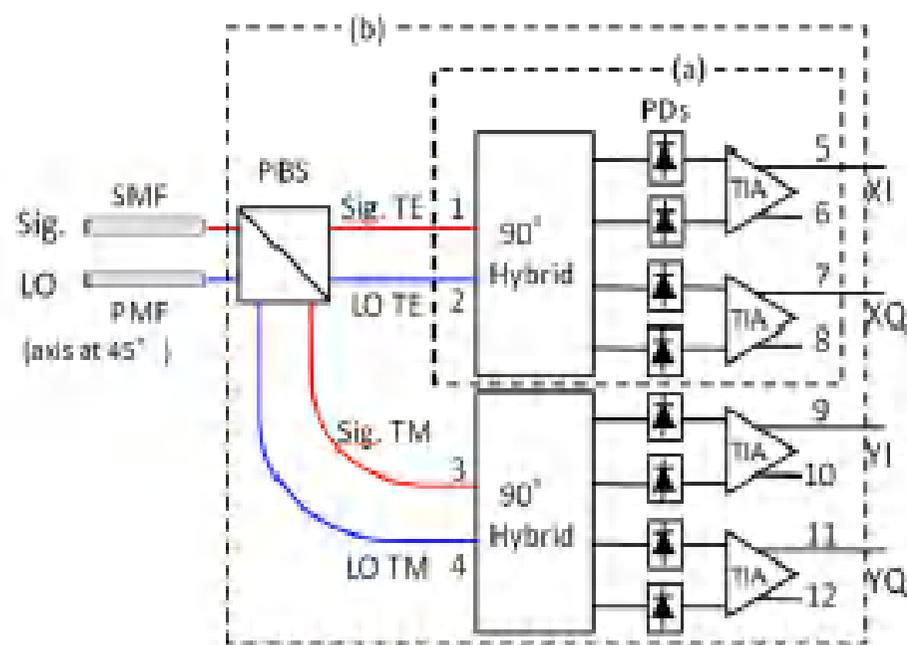


Fig 2: Single polarization InP monolithic receiver PIC
 (a): 2009, 7.4 mm², (b): 2011, 3.5 mm²

Fig 1: Scheme of a coherent receiver PIC.

The areas (a), (b) denote single polarization PICs and polarization multiplexing PICs, respectively.

First Demonstration of Hitless Wavelength Selective Switch Based on Quadruple Series Coupled Multiple Quantum Well Microring Resonator

Hiroshi Kamiya, Tsuyoshi Goto, Katouf Redouane, Taro Arakawa, and Yasuo Kokubun

Graduate School of Engineering, Yokohama National University
79-5, Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama 240-8501, Kanagawa, Japan
E-mail: {kamiya-hiroshi-pz, arakawa, yokubun} @ynu.ac.jp

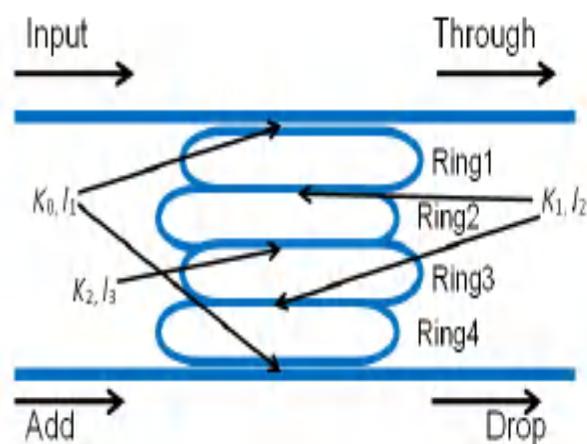


Fig. 1. Schematic view of proposed WSS with quadruple series-coupled microring resonators.

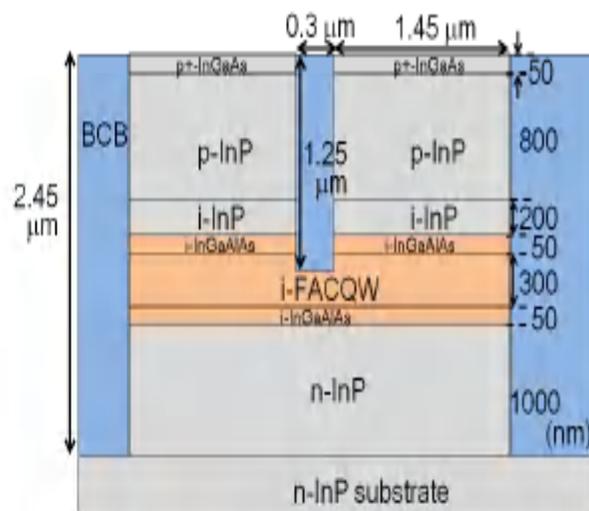


Fig. 2. Schematic cross-section of waveguide structure in coupling region.

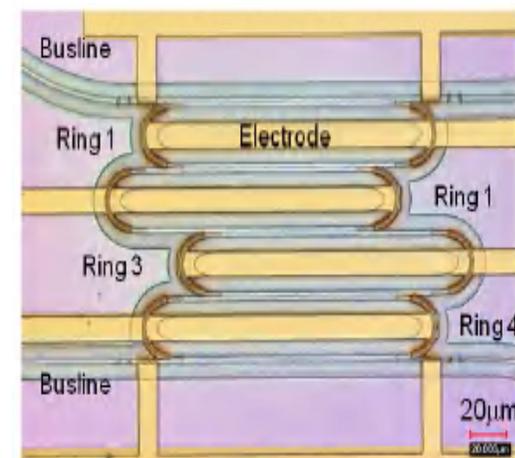


Fig. 3. Microscopic photograph of the top of fabricated WSS.

Heterogeneous integration of InP PDs on silica-based PLCs

Mikitaka Itoh and Yu Kurata

*NTT Photonics Laboratories, NTT Corporation,
3-1, Morinosato-Wakamiya, Atsugi, Kanagawa, Japan,
itoh.mikitaka@lab.ntt.co.jp*

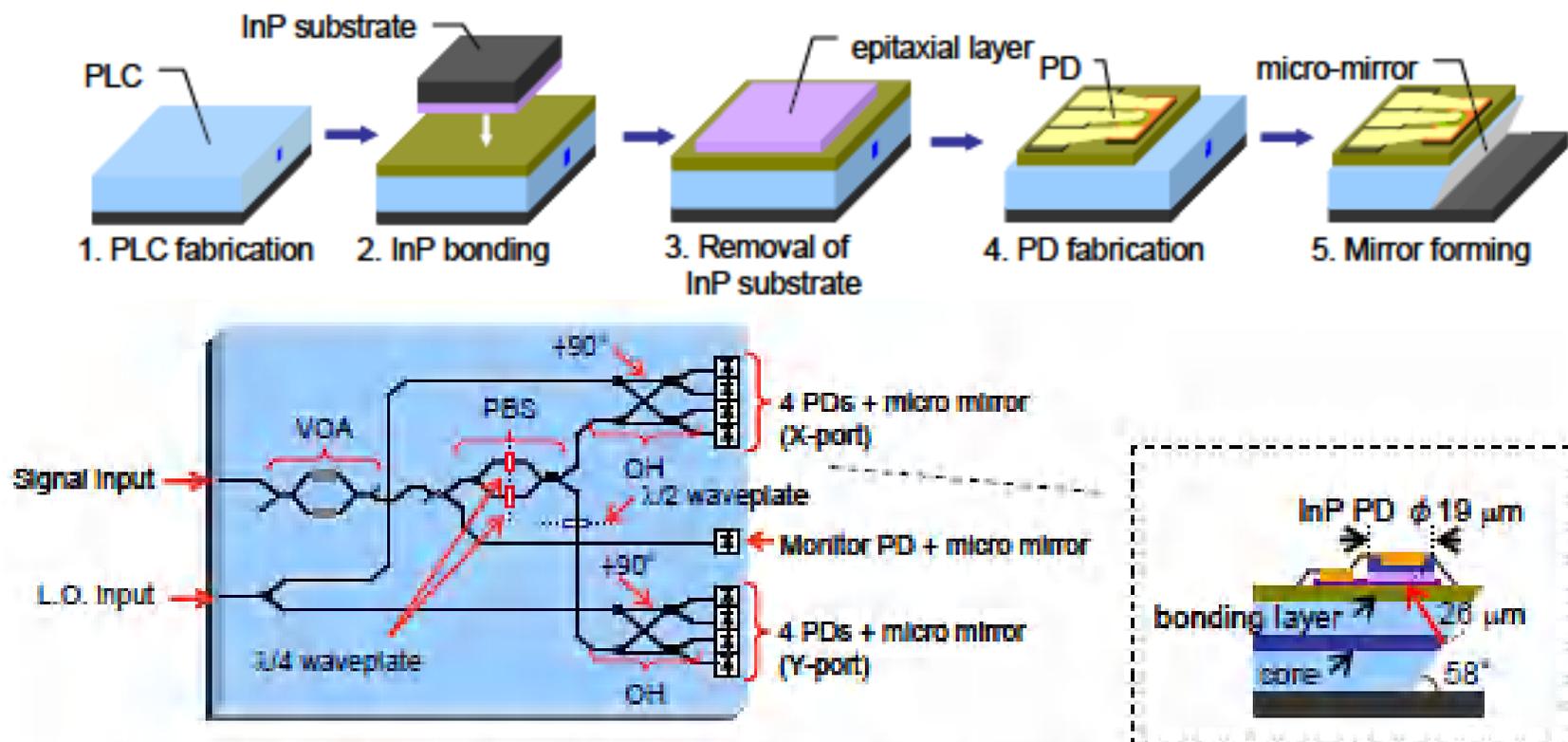


Fig. 4. Schematic configuration of DP-QPSK receiver PLC and cross section of heterogeneously integrated InP PD and micro mirror

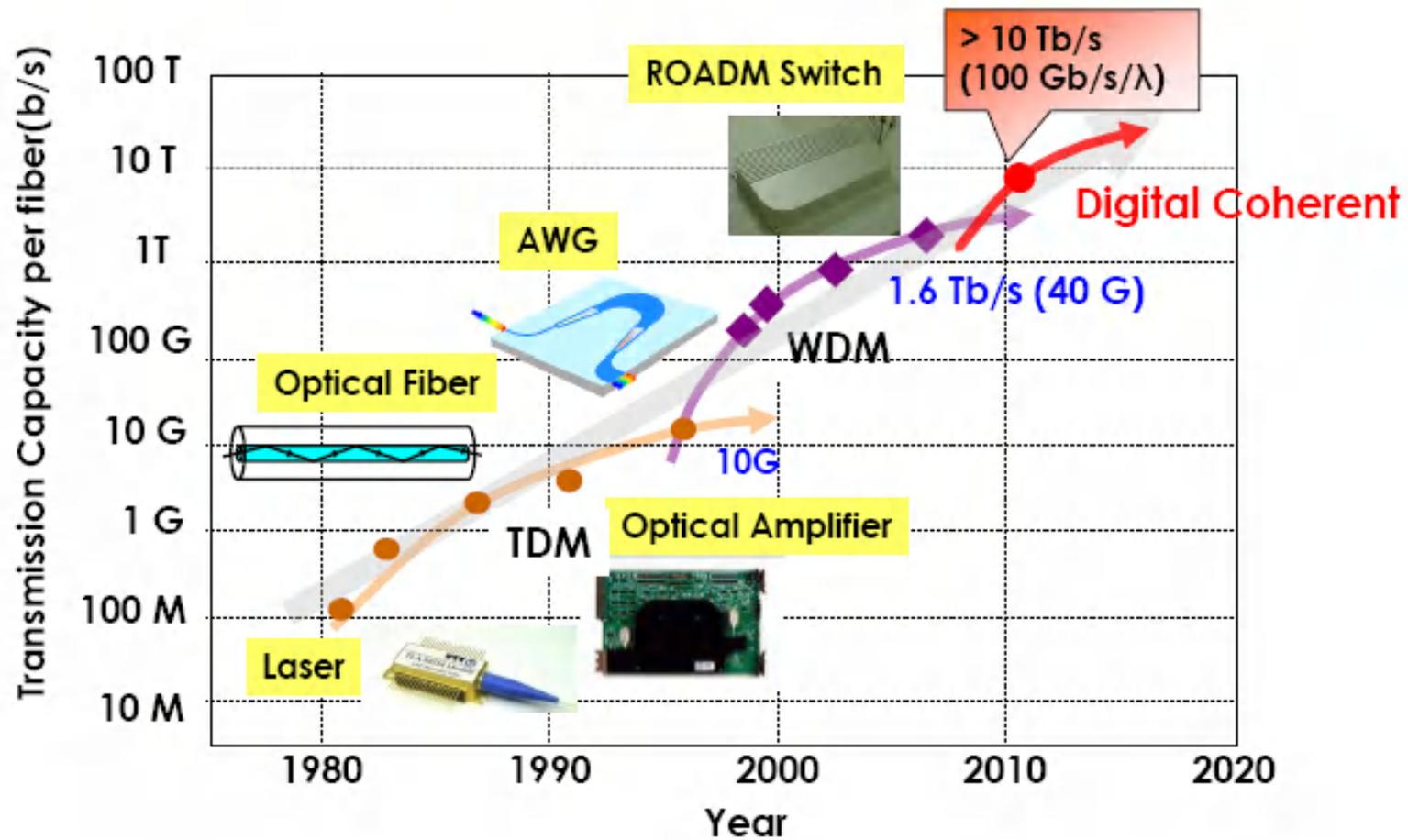


Optoelectronic Components for Higher Order Modulation Formats

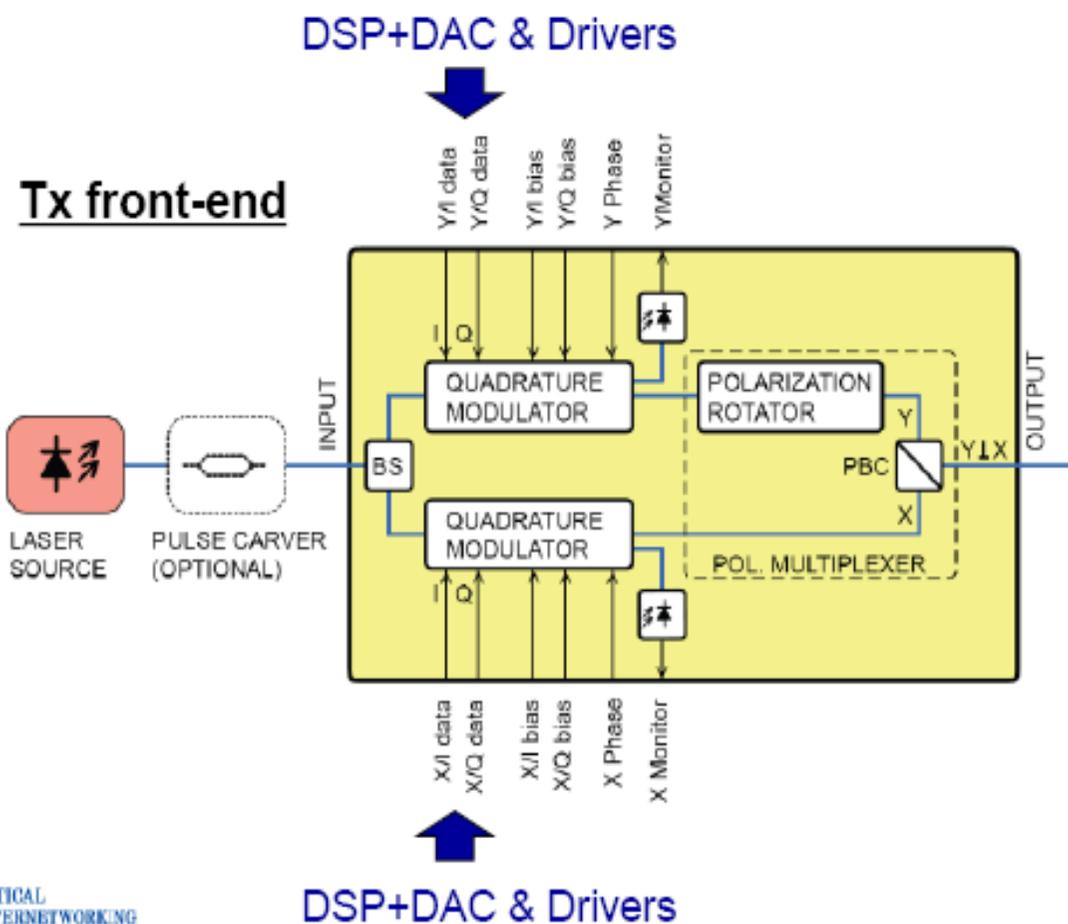
Nobuhiro Kikuchi

NTT Photonics Laboratories, NTT Corporation

Progress in Optical Networks



Digital Coherent Transmitter



Material Choice for Modulators



	Advantage	Challenge	Main target
LN (monolithic)	Mature Low loss	Bulky Low scalability	LH/Metro
Silica-LN hybrid	Mature + mature High scalability Low loss	Relatively bulky	LH/Metro
Polymer	Relatively compact	Relatively large loss Reliability	Metro/LH
GaAs	Relatively compact	Relatively Large loss	Metro/LH
InP	Very compact Low V_{π} Integration w/ LD	Large loss Chirp	Metro/SR
Si	Very compact Low cost Integration w/ CMOS ICs	Large loss Large V_{π} Chirp	SR/Metro

NTT

HHI

Alcatel/
Lucent

8×8 Space and Wavelength Selective Cross-connect for Simultaneous Dynamic Multi-wavelength Routing

A. Rohit, R. Stabile and K.A. Williams

COBRA Research Institute, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands

a.rohit@tue.nl

Abstract: We demonstrate the first monolithic 8-input, 8-output WDM-compliant cross-connect with nanosecond programmable path provisioning between each input and output. Multiple data channels are simultaneously demonstrated for all eight outputs with penalty as low as 1.7dB.

OCIS codes: (250.5300) Photonic integrated circuits; (250.5980) Semiconductor optical amplifiers; (250.6715) Switching

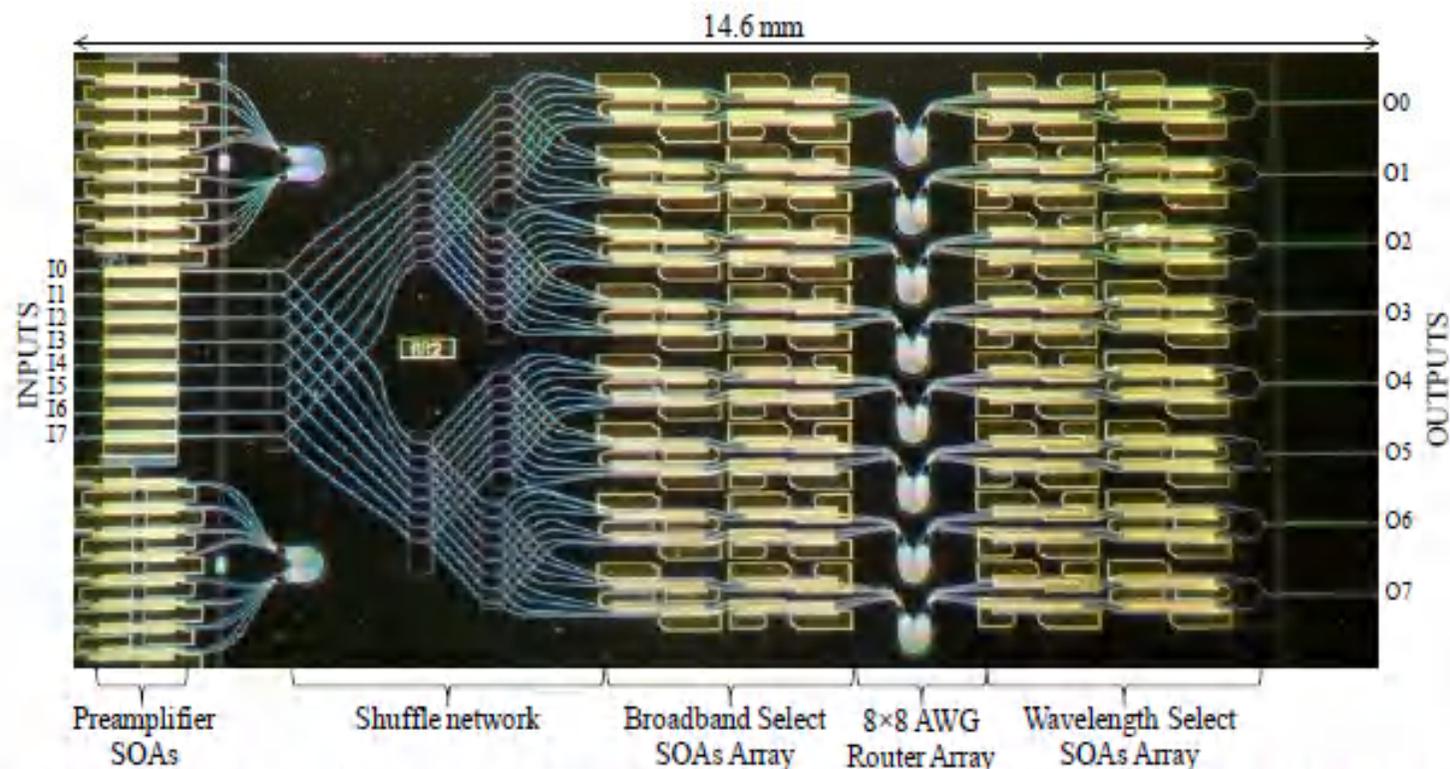


Fig. 1 Microscope image of the 8×8 cross-connect for selectively routing 8 unique wavelengths from any input to any output. Optical waveguides appear white and control electrodes appear gold. The total chip area is 98 mm². AWG test structure visible on the left.