

**世界初、NECがシリコン集積光スイッチを用いて
20Tbpsの超大容量光信号切り替え装置を開発
～次世代光ネットワーク装置の実用化に前進～**

日本電気株式会社

グリーンプラットフォーム研究所

本技術は、文部科学省 イノベーションシステム整備事業の補助により
産業技術研究所が運営する「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点
(VICTORIES拠点)」の成果の一部を用いています。

概要

背景

- 大容量光ネットワーク技術への要望
- ROADMとトランスポンダアグリゲータ(TPA※)

特長

1. 拡張性の高いスイッチ構成により、将来の大容量化に対応
2. スイッチ内のクロストークを最小化し、方路切り替えによる信号劣化を抑制
3. 高集積スイッチの最適駆動により、高速な切り替えを実現

まとめ

※TPA; TransPonder Aggregator

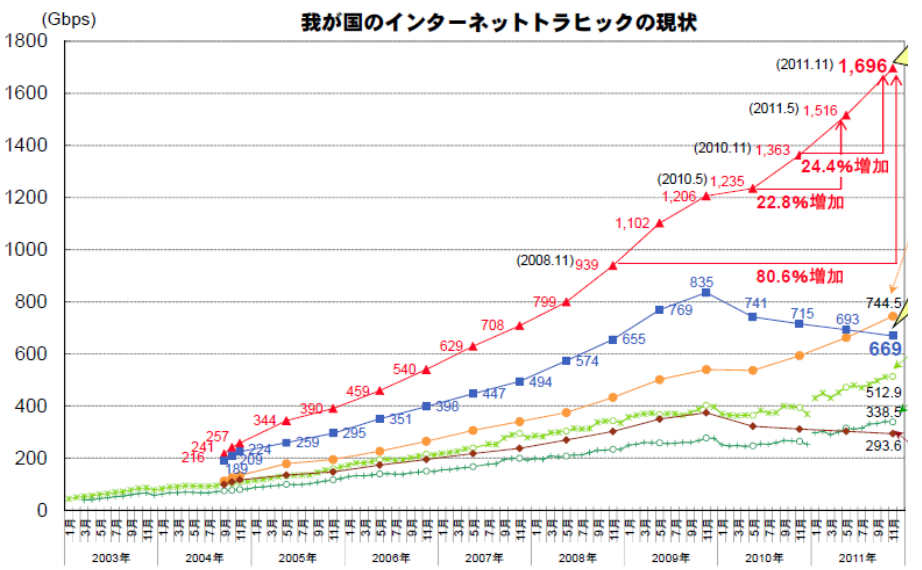
大容量光ネットワーク技術への要望

スマートフォンやクラウドコンピューティングの普及に伴い、基幹光ネットワークのデータトラフィックは増加し続けている

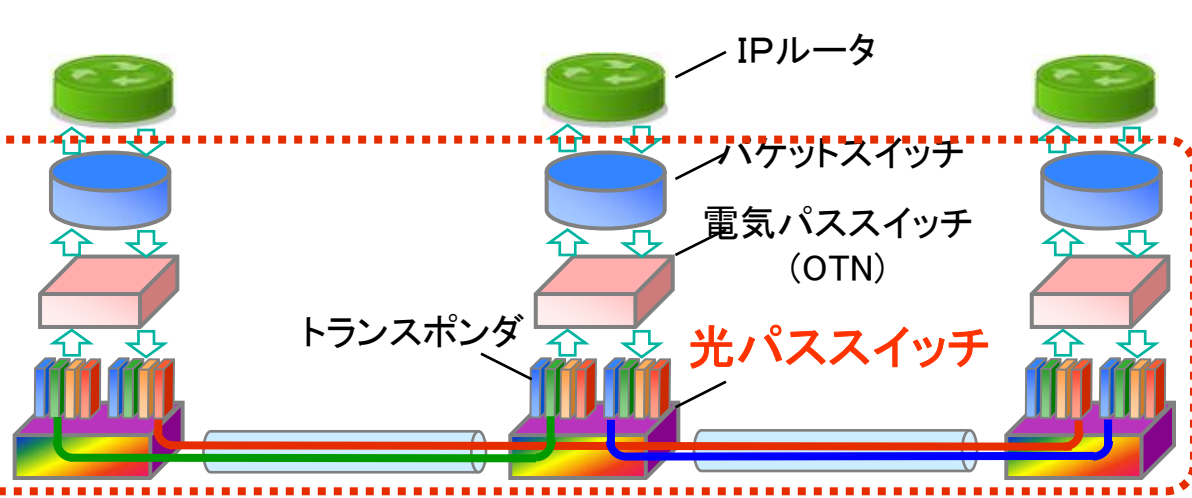
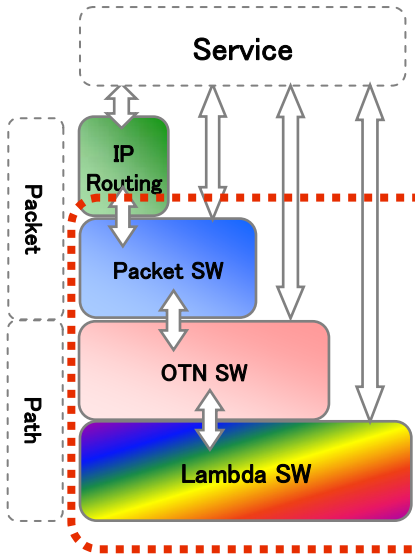
- トラフィックに比例して消費電力も増加。

ネットワーク資源を効率的かつ高い柔軟性をもって低電力に利用できる光ネットワーク技術への期待。

- 光レイヤでのスイッチング導入による大容量化、低コスト化、低消費電力化。



総務省報道発表資料(2012年3月16日)
「我が国のインターネットにおけるトラフィック総量の把握」より



大 大
伝送速度あたりの消費電力小 小
伝送速度あたりのコスト小 小

多方路CDC-ROADM

CDC※-ROADM (reconfigurable optical add/drop multiplexer)

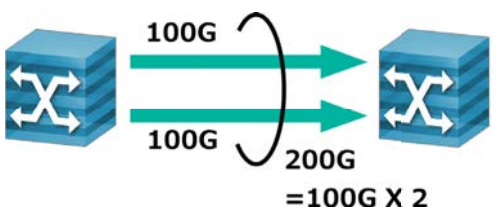
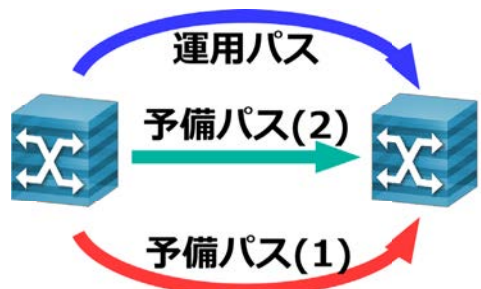
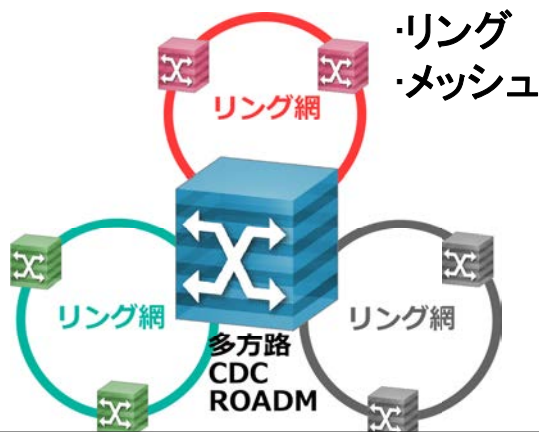
- 従来ROADMは、H/W構成による制約から、出力波長、方路が制限
- 伝送容量拡大、通信コスト削減のため、波長帯域の有効利用、光送受信機の効率的運用への要求

※CDC; Colorless, Directionless, Contentionless

→波長パス設定に関し、高い自由度が必要

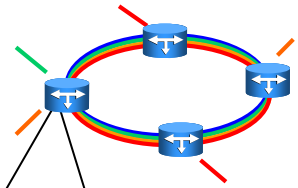
接続クライアント数増加

多方路化によってネットワーク機能を向上

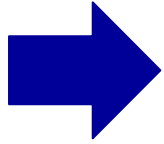
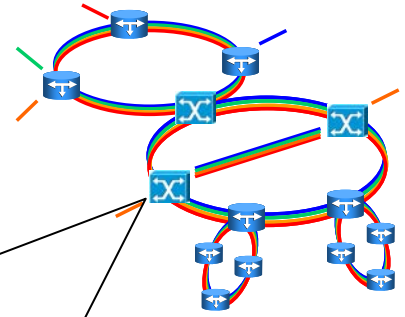
伝送容量拡大	障害耐性向上	多様なトポロジー
 <p>100G 100G 200G =100G X 2</p>	 <p>運用パス 予備パス(2) 予備パス(1)</p>	 <p>リング網 リング網 リング網 多方路 CDC ROADM リング・メッシュ</p>

多方路CDC-ROADMによる高効率・柔軟な光ネットワーク

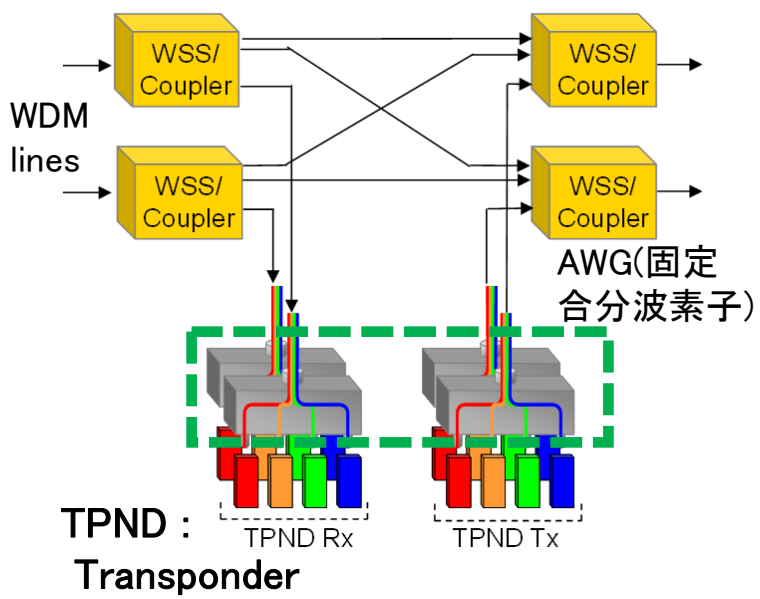
従来の光ネットワーク



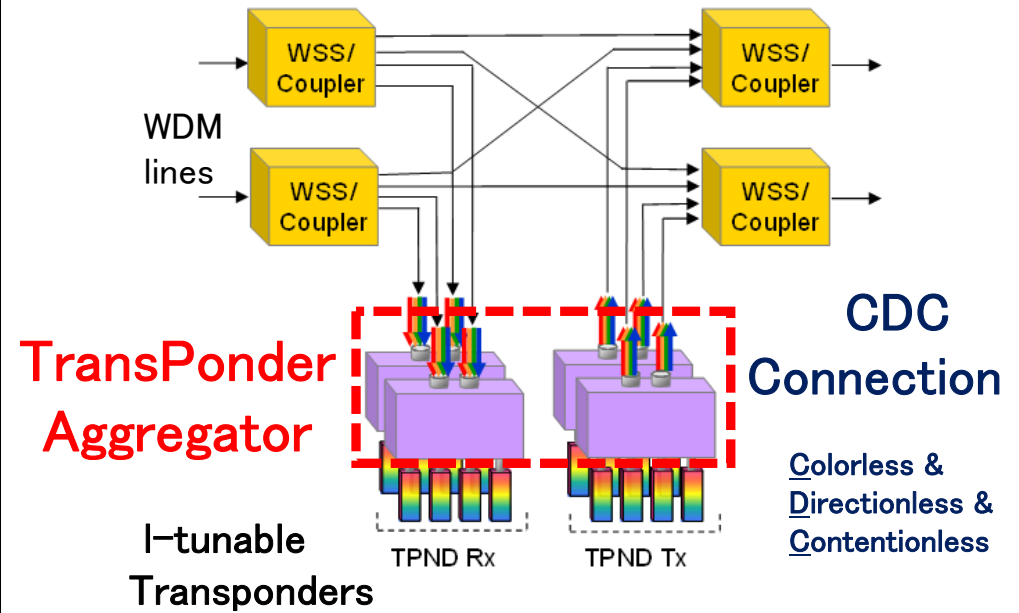
高効率・柔軟な光ネットワーク



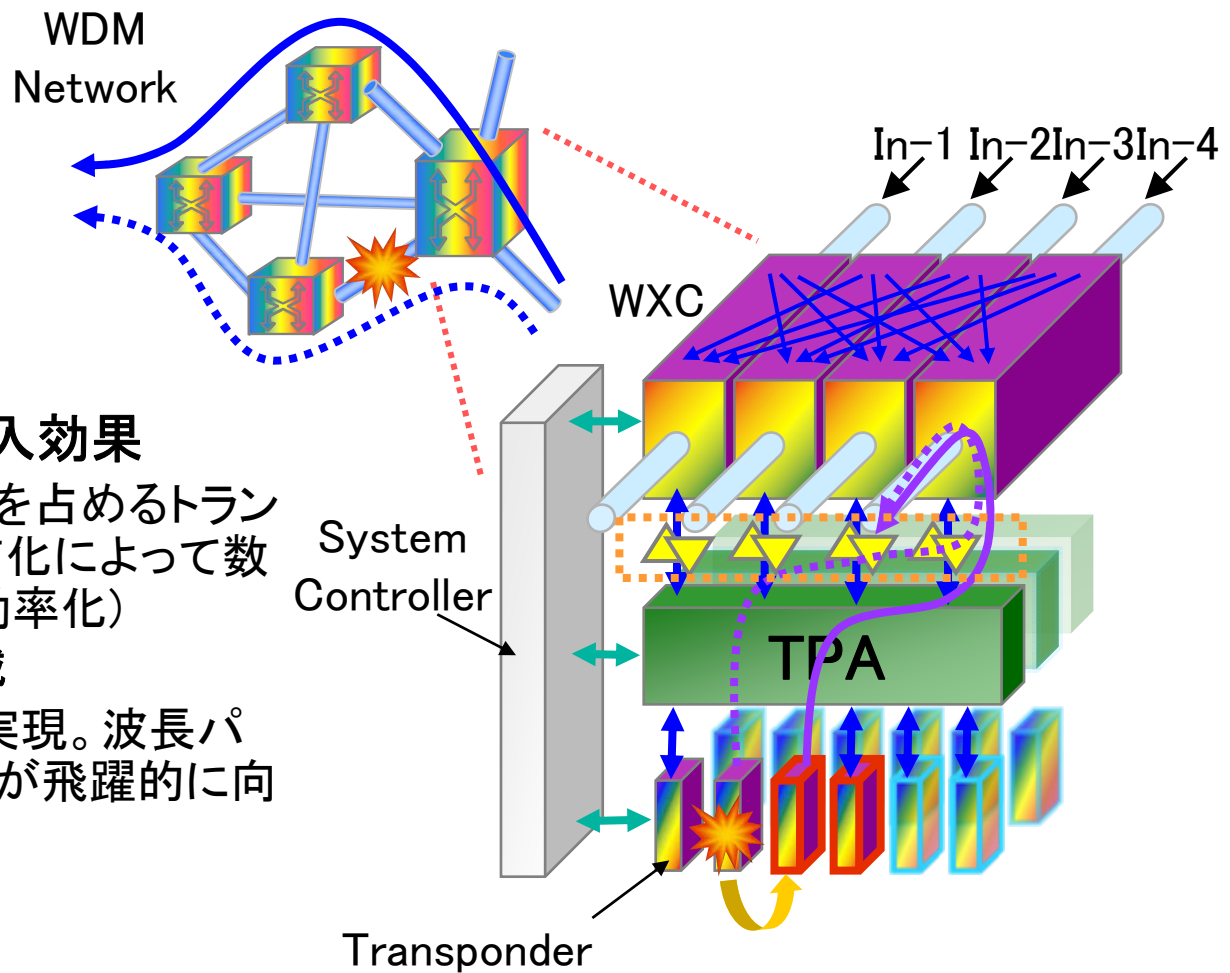
従来型ROADMアーキテクチャ



TPAを用いたCDC-ROADMアーキテクチャ



TransPonder AggregatorのROADMへの適用



ROADMへのTPA導入効果


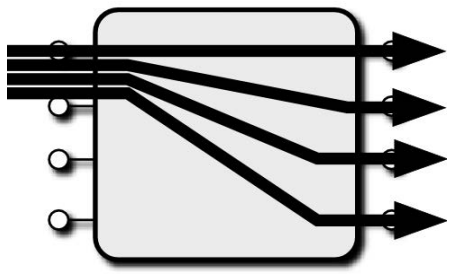
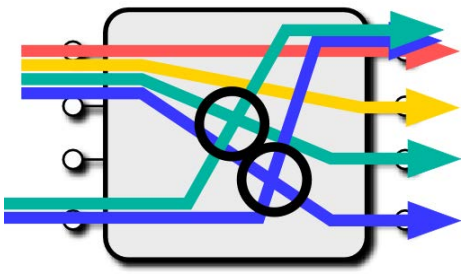
- 😊 H/W資源の大半を占めるトランスポンダを、共有化によって数量削減可能(高効率化)
 - 😊 CAPEX低減
- 😊 TPAによるCDC実現。波長パス設定の自由度が飛躍的に向上(柔軟性)
 - 😊 OPEX低減

TPAを用いたCDC-ROADM

トランスポンダアグリゲータ(TPA)のCDC機能

TPAによるCDC機能の実現

- ☺ 波長・方路に関して、衝突なくノンブロックなスイッチングを可能とする機能
- ☺ 光ノード・光ネットワークにおいて、波長パス設定の柔軟度を飛躍的に向上させることが可能

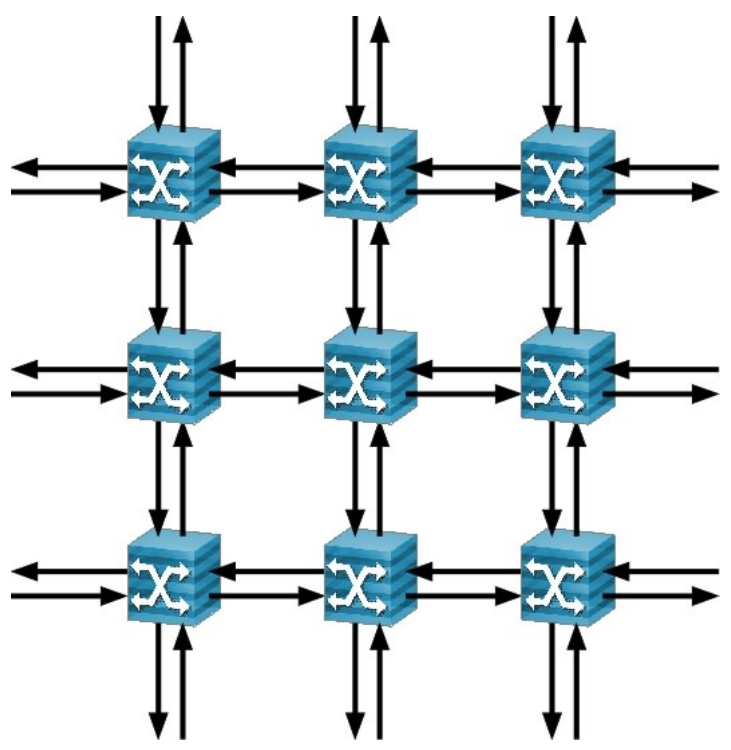
Colorless	Directionless	Contentionless
任意の波長を出力可能	任意の方路へ出力可能	波長・方路の衝突なし
		

TPAの目標ポート数

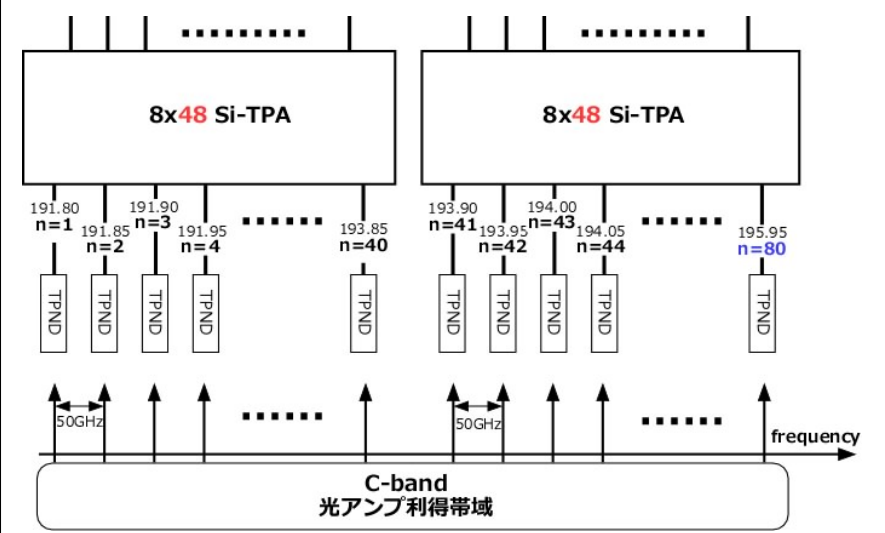
方路数 8

接続TPND数 48

多様なトポロジー、特にメッシュネットワーク

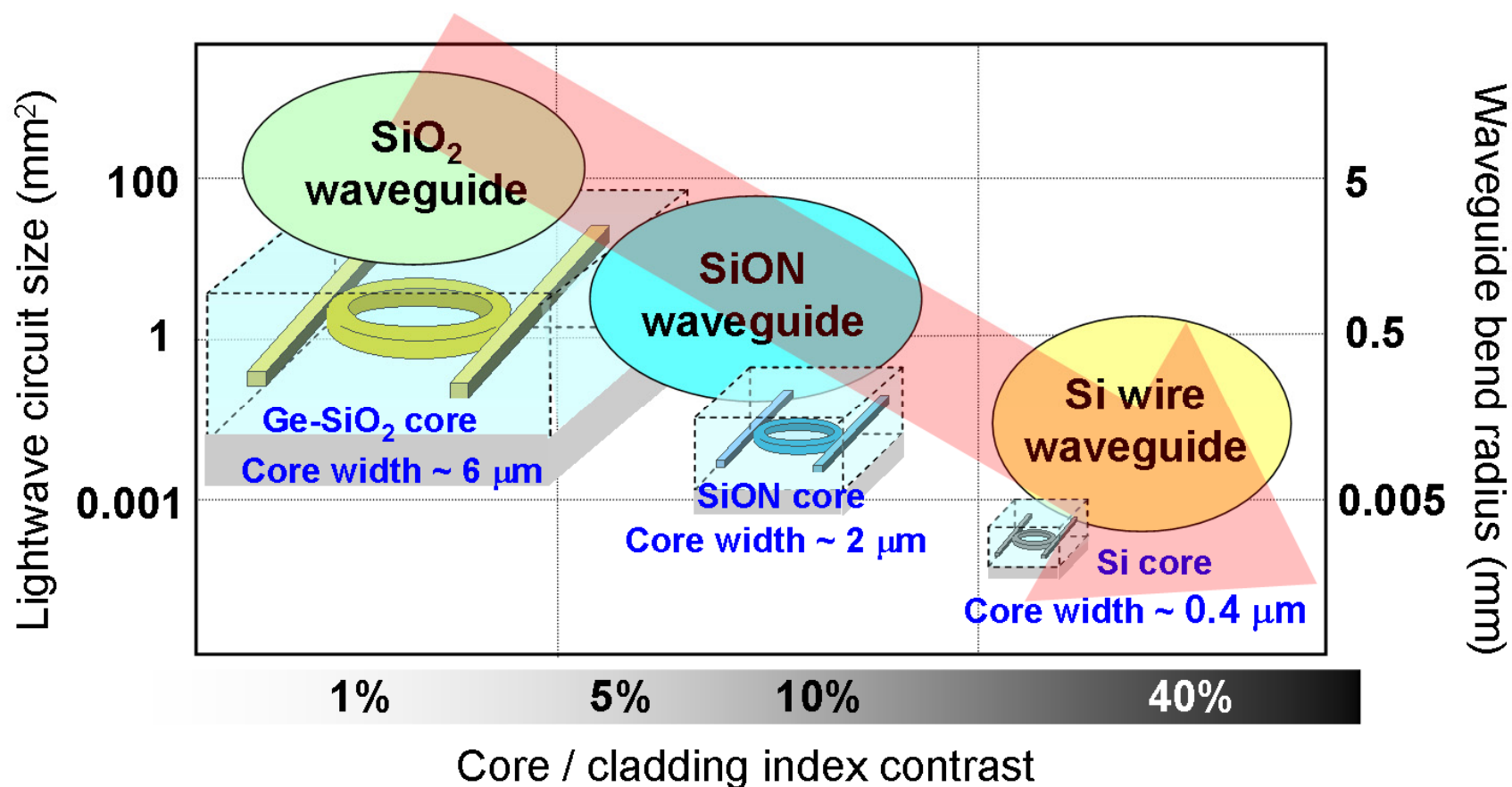


C帯 100GHz間隔40波長を1ボードで収容
50GHz間隔80波長を2ボードで収容



特長1: 拡張性の高いスイッチ構成により、将来の大容量化に対応 >

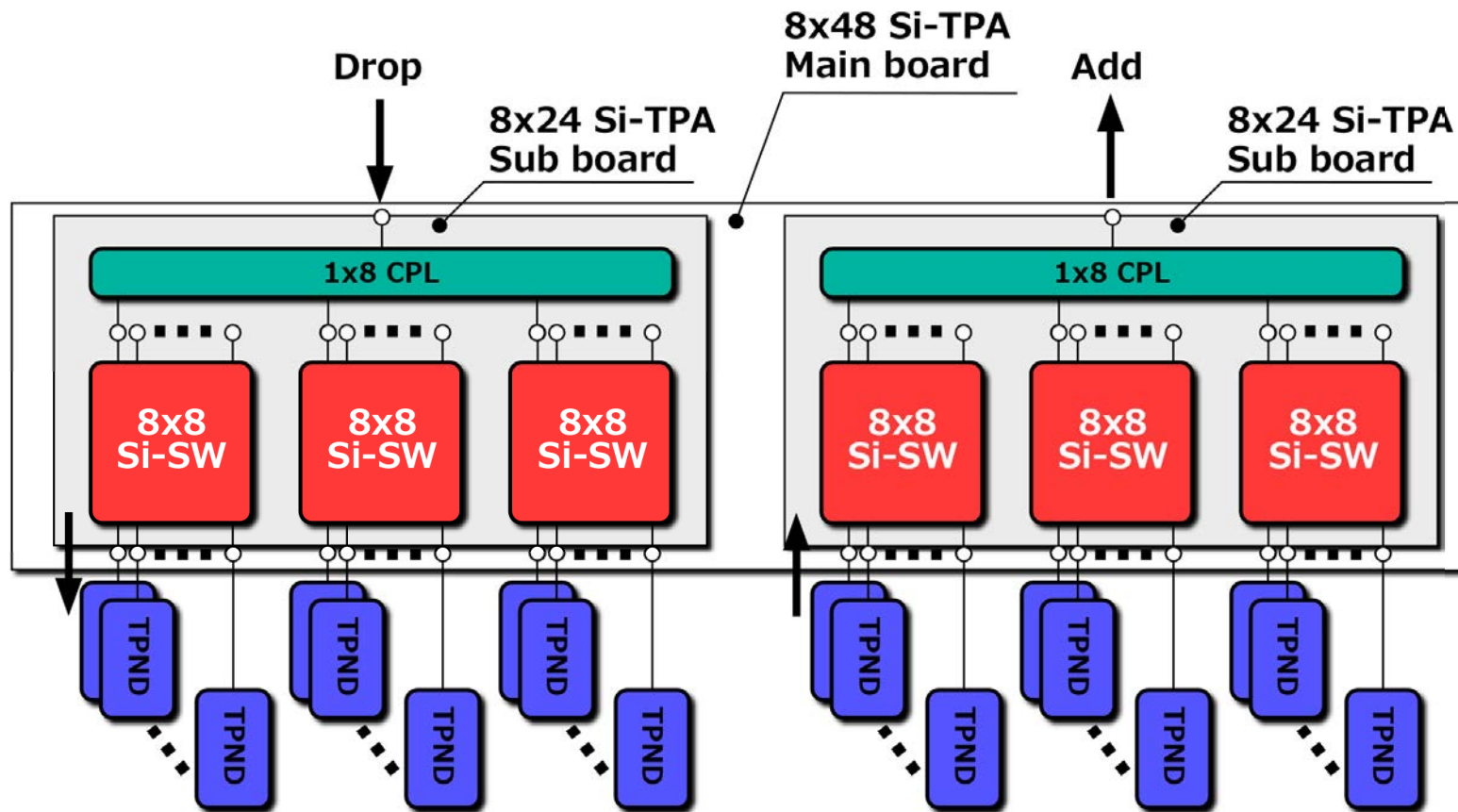
Siフォトリソ技術導入による小型化



コア/クラッド屈折率差が大きく、光閉じ込め効果が高い
→小型化が可能

特長1: 拡張性の高いスイッチ構成により、将来の大容量化に対応 >

構成ブロック図



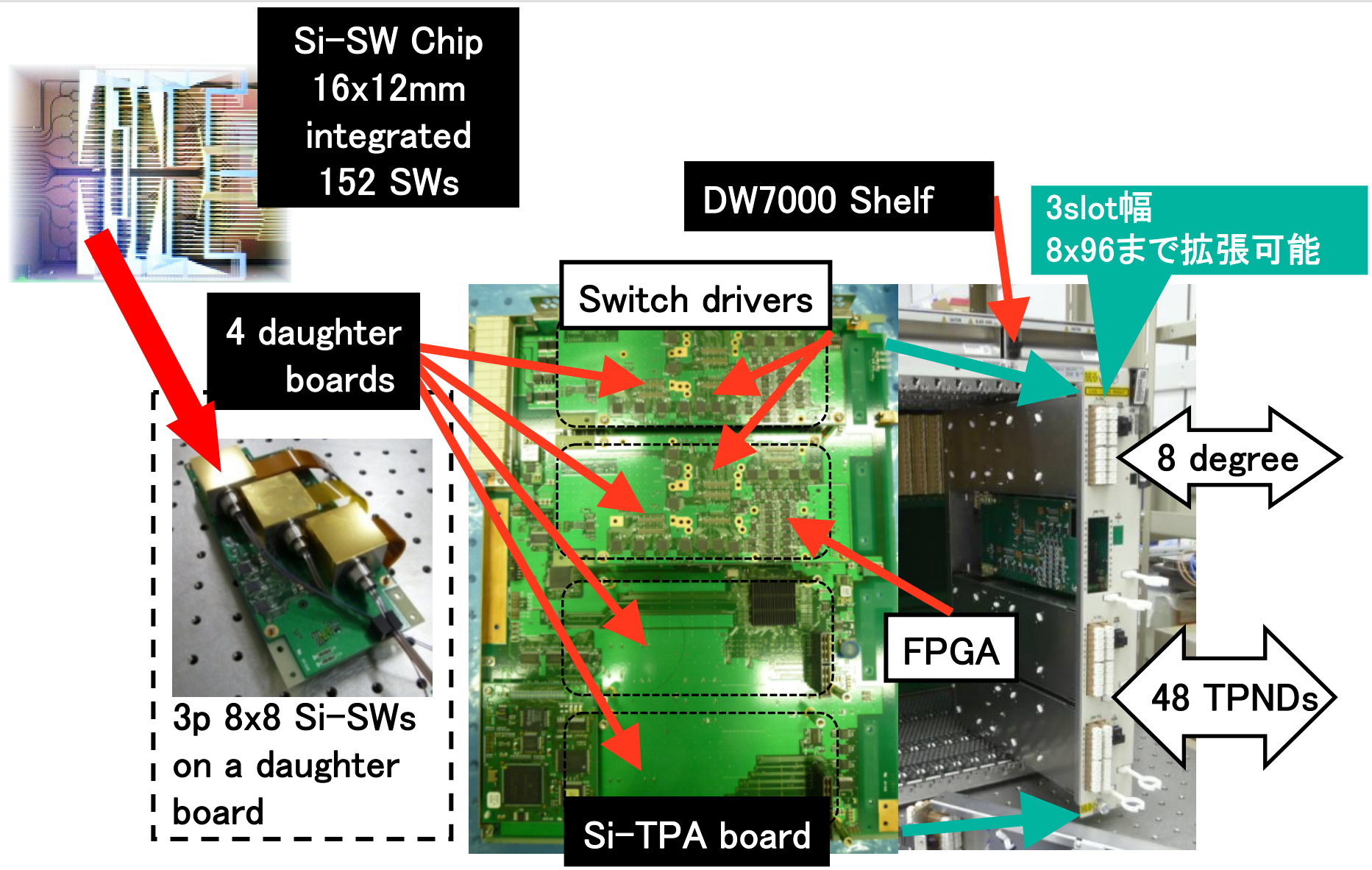
Add/Dropそれぞれ8×8 Si-SWを3個利用により、8×24 Si-TPAを構成
トランスポンダ数に応じてスケラブルに拡張可能

Add/Dropを1ボード実装し、8×48 Si-TPAを構成

- 8方路入出力・48トランスポンダ収容
- 小型実装:(H)350mm×(D)300mm×(W)60mm

特長1: 拡張性の高いスイッチ構成により、将来の大容量化に対応 >

ROADMシステムに搭載した8×48 Si-TPA試作機

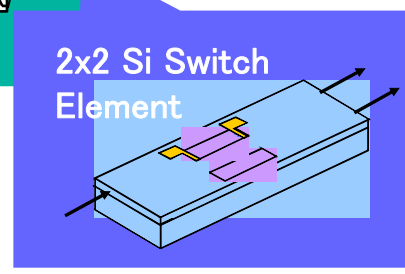
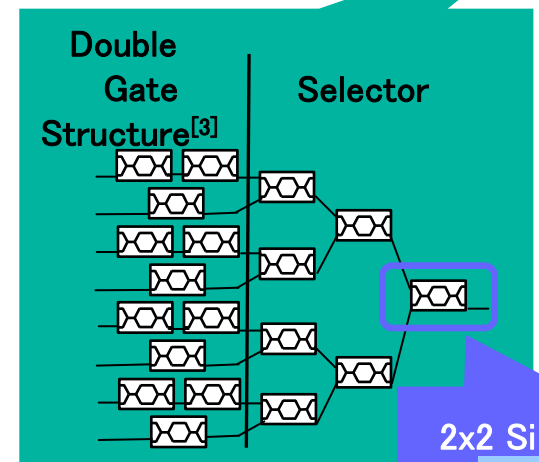
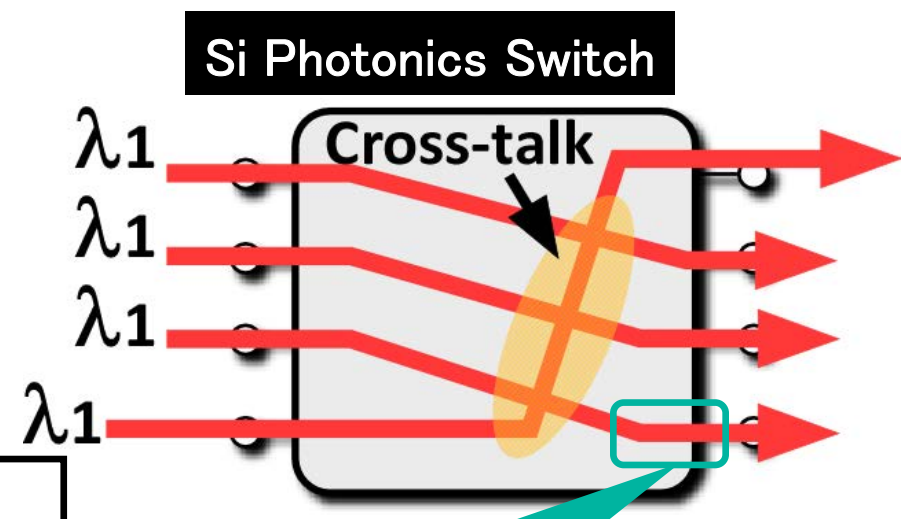


コヒーレントクロストークによる通過光信号品質劣化

- ☹️ Si光SWチップの消光比特性が不十分な場合、隣接光パス間のクロストークにより、受信光信号品質が劣化。
- ☹️ クロストークの影響は、設定光パス数に比例して増加
- ☹️ 設定光パスの波長が同一の場合、最も影響大。(コヒーレントクロストーク)

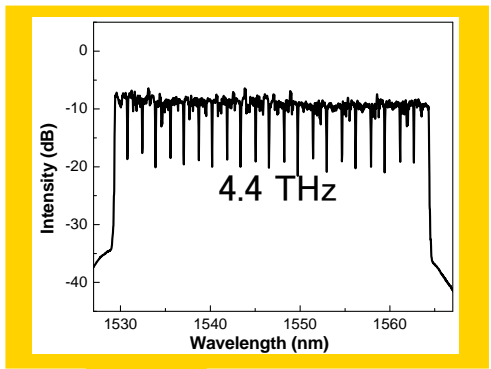
- 😊 試作したSi-TPAボードは、約1800個のSWドライバ用チャンネルの駆動を、電氣的クロストークなく小面積で実現。
- 😊 今回採用Si光SWチップ*は、**Double Gate**構造により、**消光比特性 > 40dB**を実現。クロストーク低減を施策。

本評価のねらい → 実使用条件で実験的評価



*NECプレスリリース「シリコンフォトリソクスを利用した超小型集積光スイッチを開発」 2011年3月7日発表

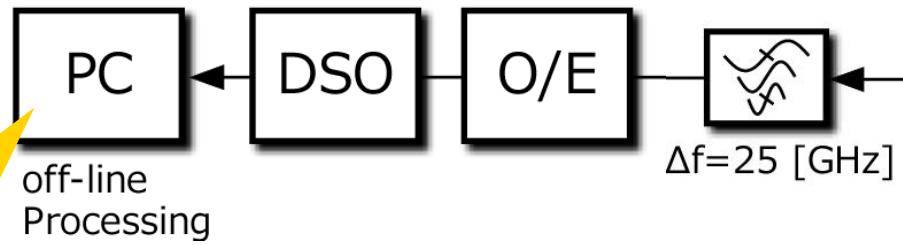
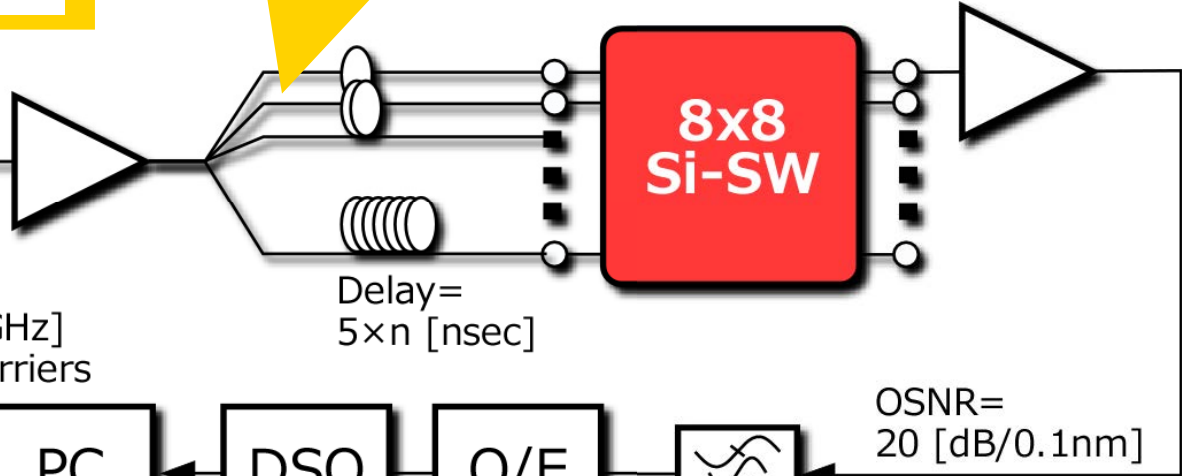
21.7Tbps PM-8QAM信号光を利用した実験系



8分岐し、分岐毎に異なるDelayを挿入

PM-8QAM Tx

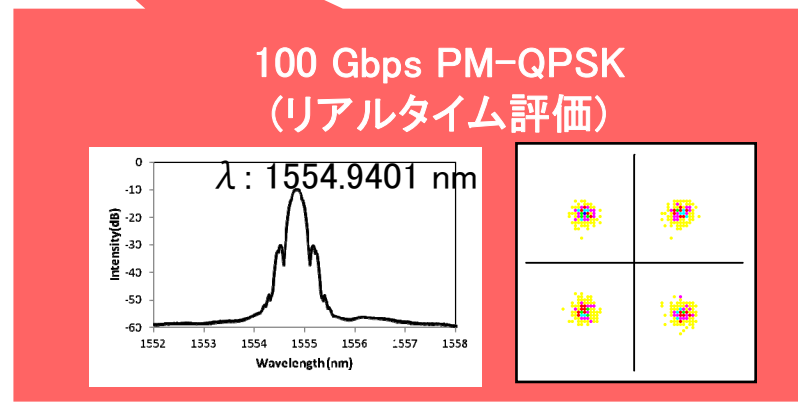
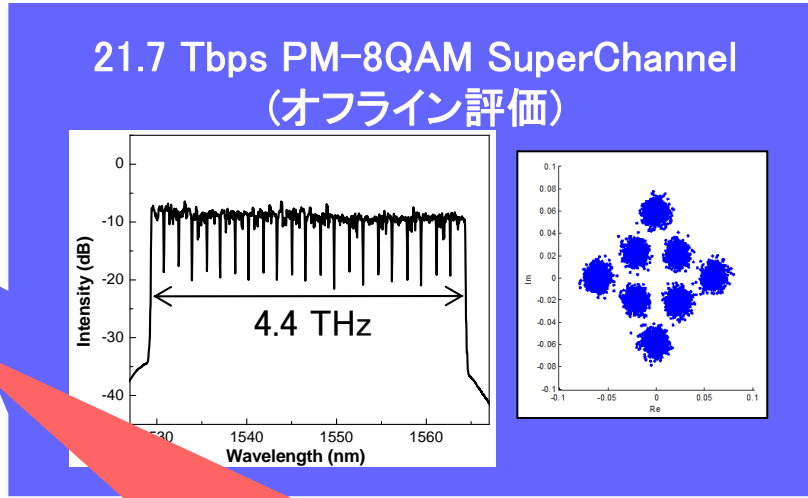
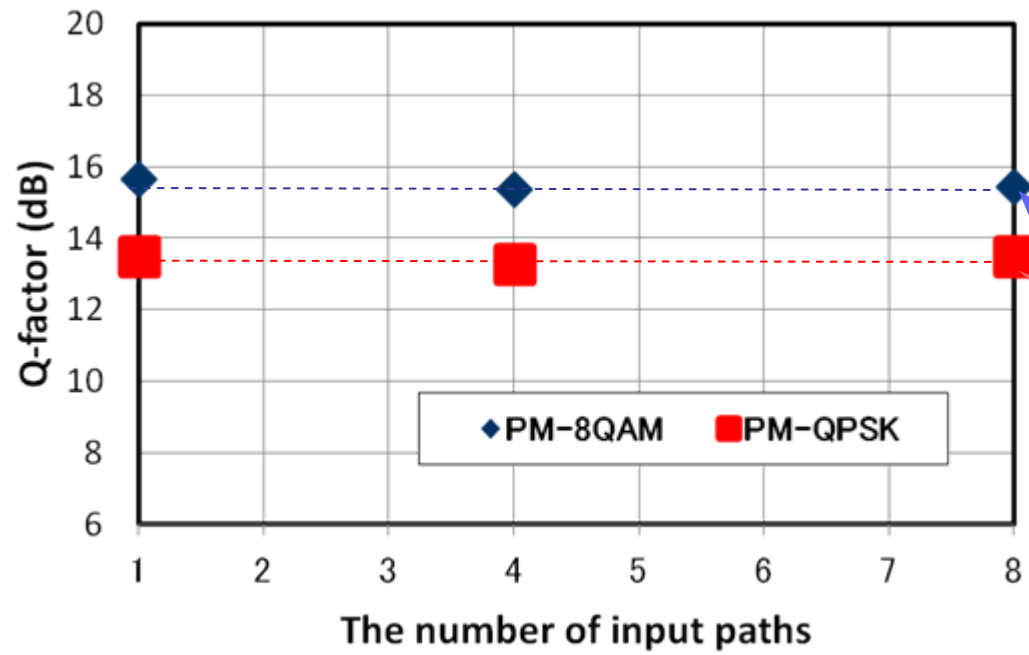
22 LDs
191.75~195.9375 [GHz]
25GHz spaced Sub-Carriers
12.5 [GBaud]



帯域12.5GHz信号のQ値を個々にオフラインで取得し、取得値の平均値で評価

DSO: Digital Storage Oscilloscope

典型的な評価結果



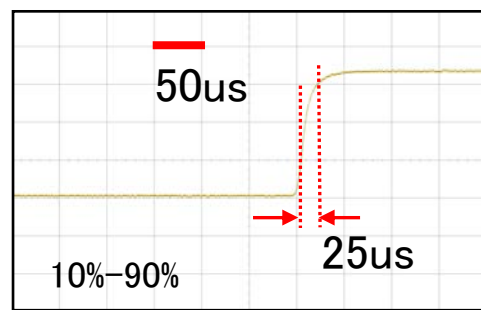
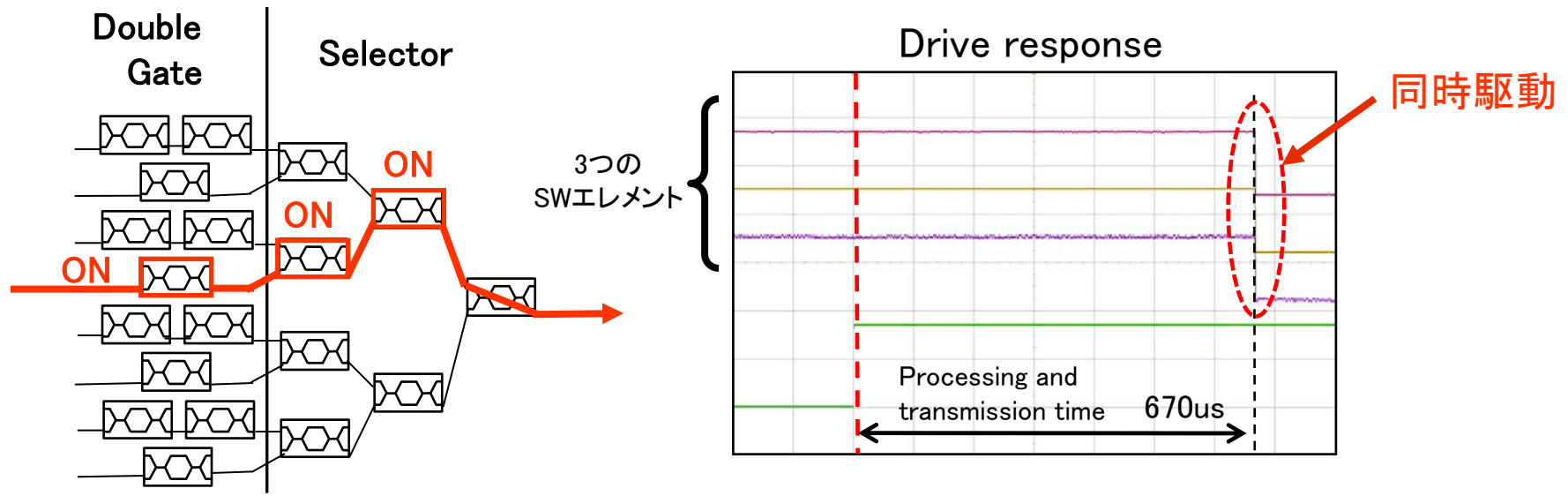
😊 光パス設定数によらず受信Q値一定。

😊 単波長PM-QPSK光、広波長帯域Super Channel光共にQ値劣化無し。

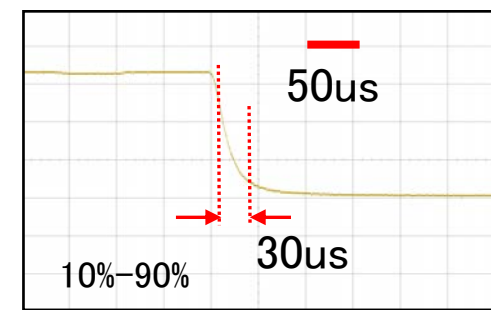
→ 複数8×8Si光SWチップから成るSi-TPA試作機は、実用上十分な消光比を有することが判明。

高集積スイッチの最適駆動

1つの光パスを形成する複数のSWチャンネルを同期して駆動可能な制御方式により、光パス設定の高速化を実現。



光信号の立ち上がり



光信号の立ち下がり

まとめ

シリコンフォトリソ技術を適用した8×48Si-TPAを試作

- 😊 基幹光ネットワーク容量拡大、柔軟なネットワーク制御のためのキーコンポーネント
- 😊 CDC機能により、必要トランスポンダ数削減に貢献
- 😊 高集積・小型実装により、CAPEX/OPEX削減に貢献

消光比特性向上を意図した設計

実使用条件下において実験的評価

- トレンドに合った高速光信号を利用
 - ほぼ実用: 100Gbps PM-QPSK (リアルタイム評価)
 - 将来: 広帯域Super Channel 21.7Tbps PM-8QAM/QPSK (オフライン評価)
- 波長パス数増減(クロストーク)に起因する光信号品質変動
- 8×48Si-TPA試作機の構成部品、8x8Si光SWのQ値変動を評価

評価結果

- 😊 Q値劣化・バラツキのない均一特性→実用上問題なし

今回の成果は、9月11日(火)から14日(金)まで、フランス・コルシカ島にて開催される光スイッチング技術に関する国際会議「PS2012」(T. Hino, et.al., Th-S13-I07)、ならびに、9月16日(日)から20日(木)まで、オランダ・アムステルダムにて開催される光通信技術に関する国際会議「ECOC2012」(T. Hino, et.al., Tu.3.A.5)において、発表予定。

Empowered by Innovation

NEC