TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Confidential

[5 着任後の研究構想]付属資料

概要スライドA

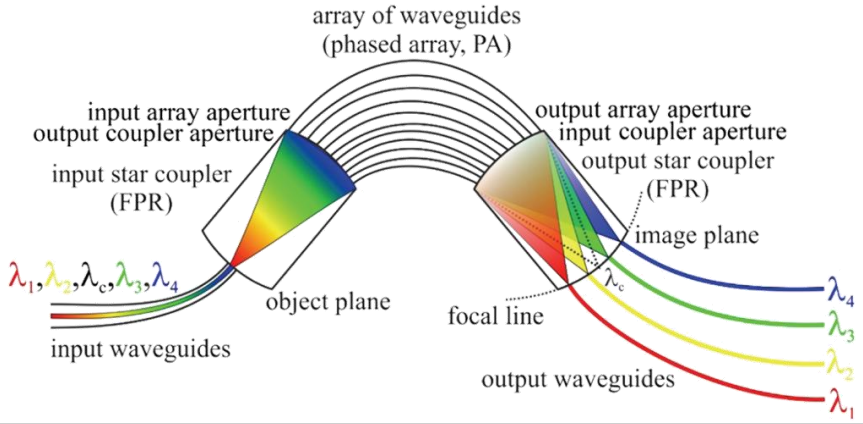
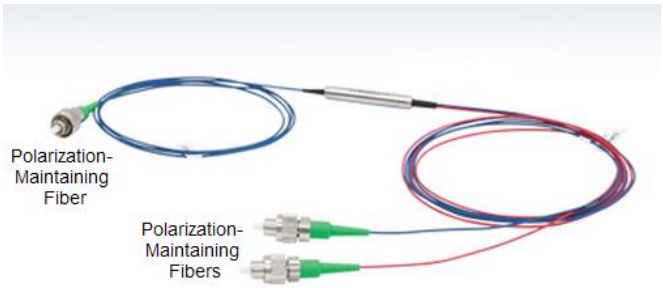
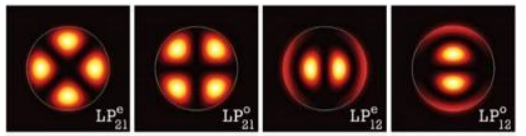
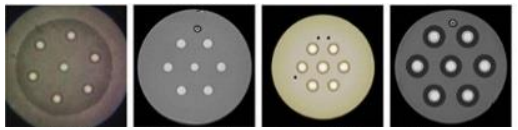
雨宮 智宏

東京工業大学　科学技術創成研究院　未来産業技術研究所

東京工業大学　工学院電気電子系

大容量通信へ向けた既存多重化技術とこれからの技術

Multiplexing technology

Wavelength division multiplex	Pol. division multiplex	Space division multiplex
		 Multi-mode fiber  Multi-core fiber

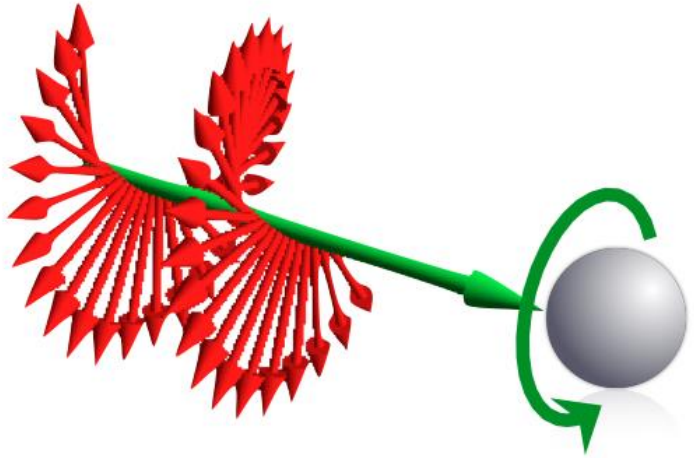
Polarization splitter/combiner

波長　　偏波　　伝搬空間

光の二つの自由度 ＝ 光子のスピン ＝ 光子の軌道角運動量 ＝ 光渦

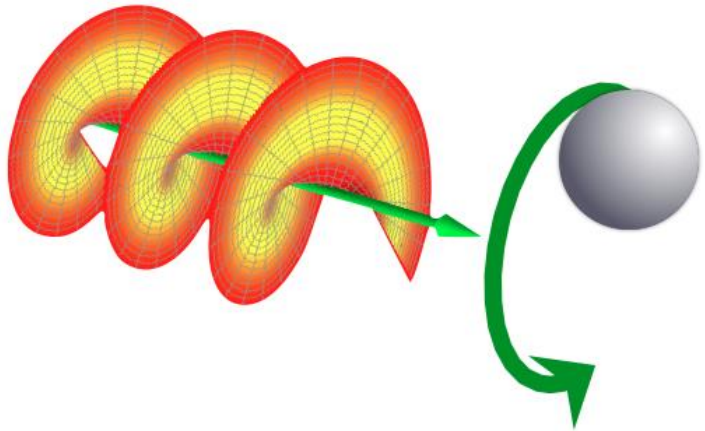
光の二つの自由度

光子のスピン (i.e. 円偏光)



- 電磁界がそれぞれらせん状
- 右円偏光および左円偏光の2つの自由度

光子の軌道角運動量 (i.e. 光渦)



- 等位相面がらせん状
- 左右の光渦に加え、らせんの巻き数が自由度となる
  → さらに多くのチャネル多重化が可能

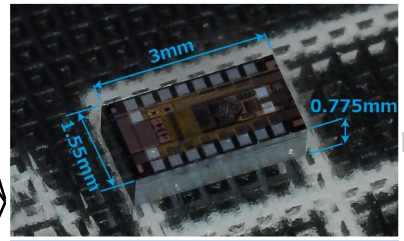
光渦多重通信

送信領域

Tx

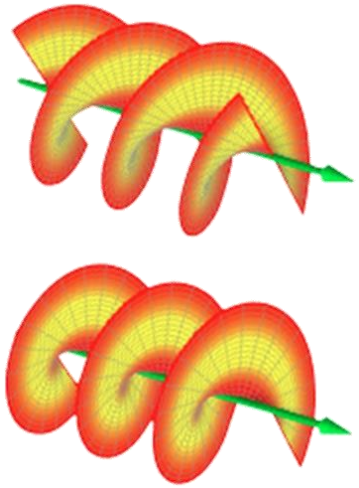
Tx

Tx



光渦多重チップ
（MUX）

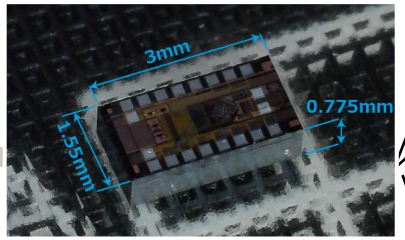
既存の多重化技術（波長多重・偏波多重）
もチップ内に含むことが望ましい



伝送路領域

光渦信号を伝搬できる
光ファイバ

受信領域



光渦多重チップ
（MUX）

既存の多重化技術（波長多重・偏波多重）
もチップ内に含むことが望ましい

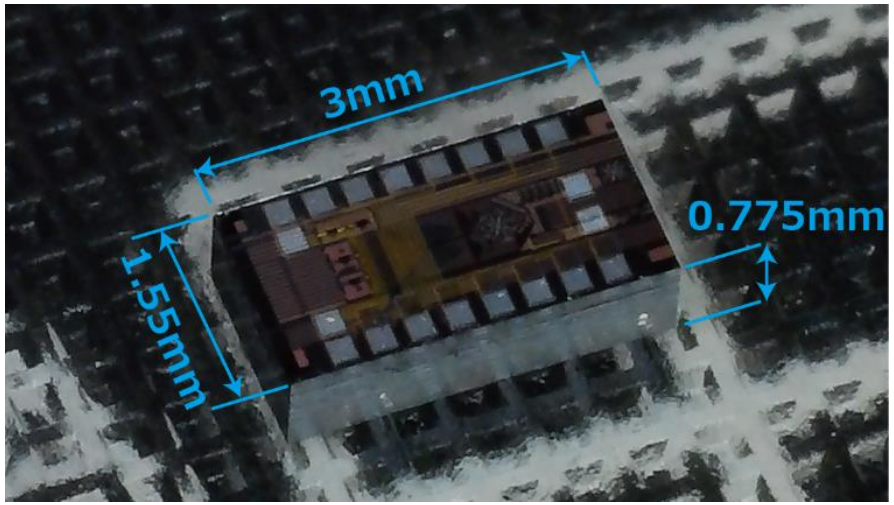
Rx

Rx

Rx

光渦多重通信に必要な素子群

光渦多重器

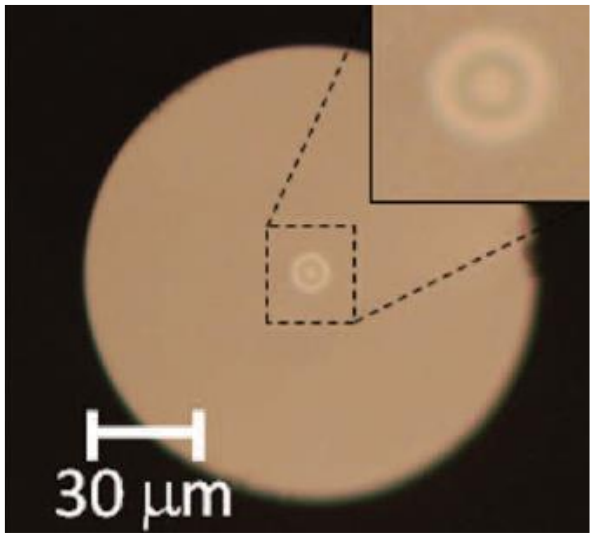


T. Amemita et al., *OFC* 2019, M1C.7 (2019)

【要求仕様】

- 様々な光角周波数を多重化可能
- 小型で低消費電力（＝チップ化）
- 既存の多重化技術との整合性

光渦ファイバ



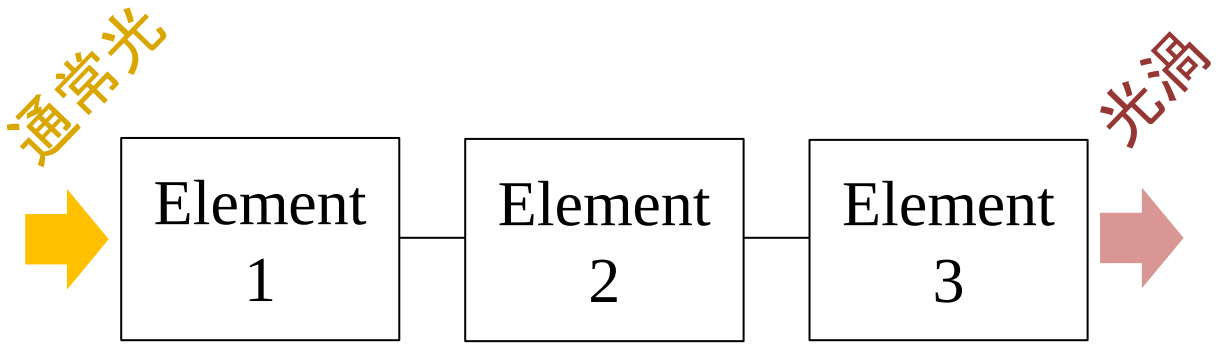
N. Bozinovic et al., *Science* **340**, 1545 (2013)

【要求仕様】

- 様々な光角周波数を伝送可能
- 他の多重化技術との整合性
- 低損失

チップ内において光渦を扱うための2つのアプローチ

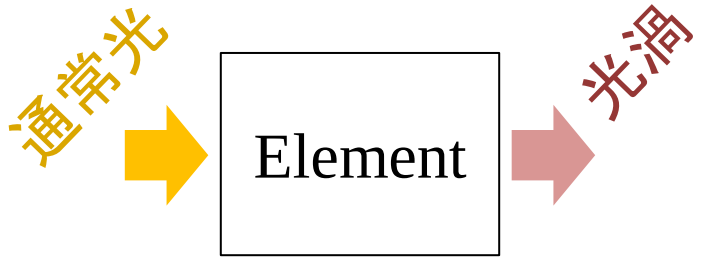
Multiple element 型



- 光回路上でいくつかの基本要素を組み合わせることで構成
- 技術が確立されているため、特性が予想しやすい

スターカプラ ＋位相調整器
＋ 3次元湾曲出射端

Single element 型



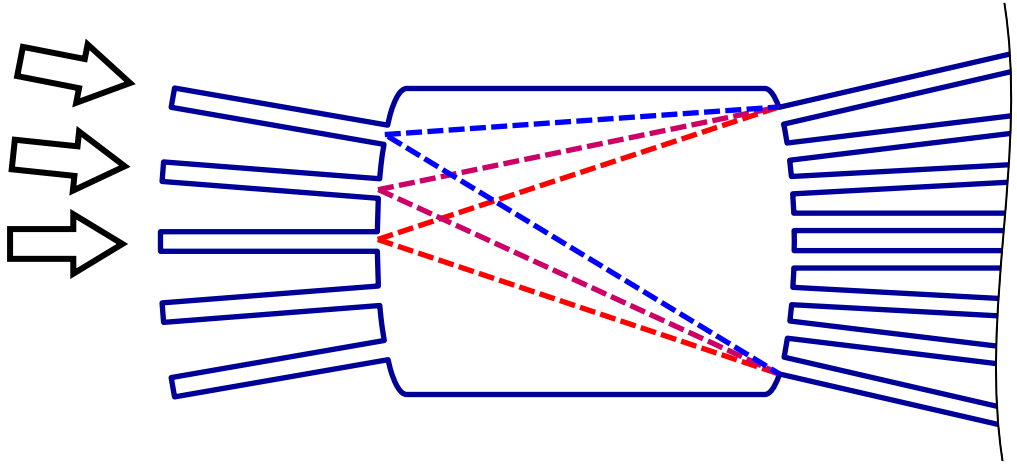
- 光回路上で特定の構造を用いた構成
- 特性が予想しにくい（良い言い方をすれば、物理的な探求箇所が多い）

トポロジカルフォトニクス素子

Multiple element 型光渦多重素子　ー動作原理ー

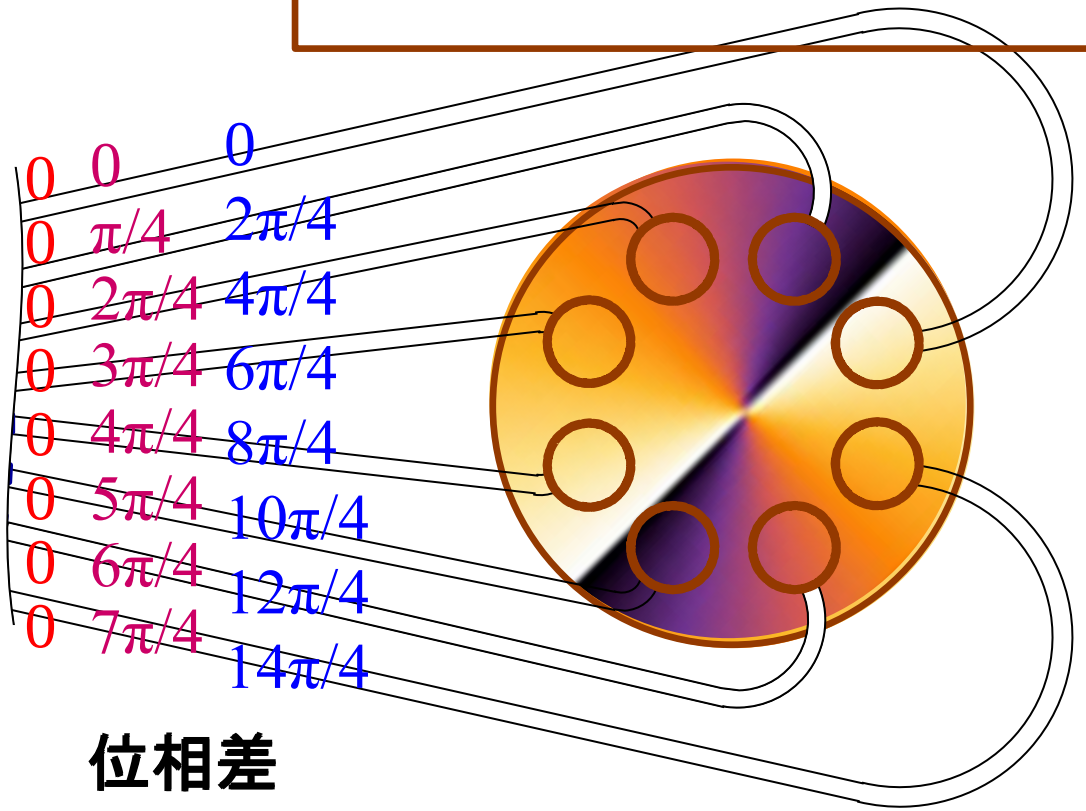
Si 系 スターカプラ

対応する入射ポートに対して
隣接した出力ポートの位相差が決定

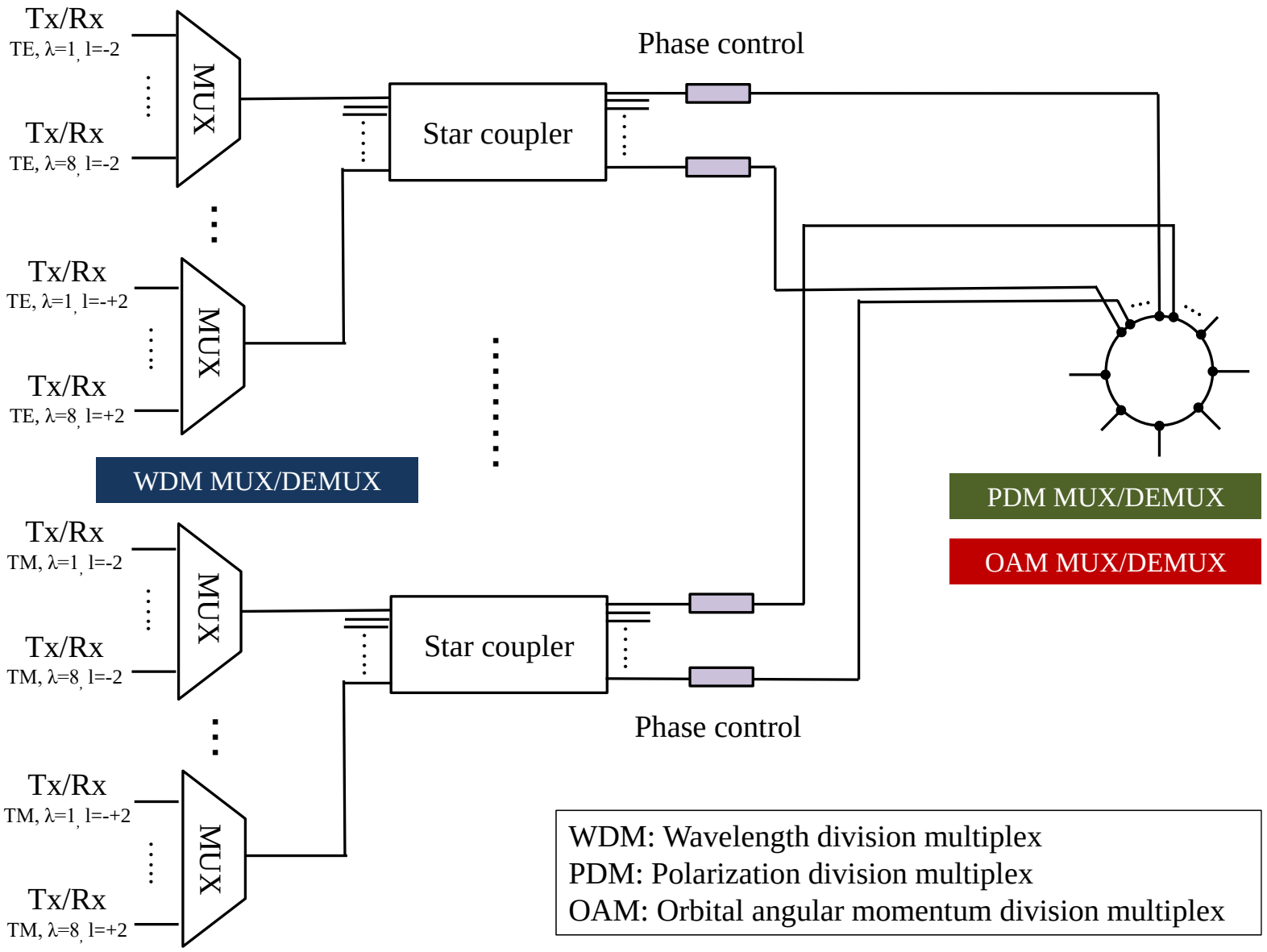


Si 系 光渦ジェネレータ

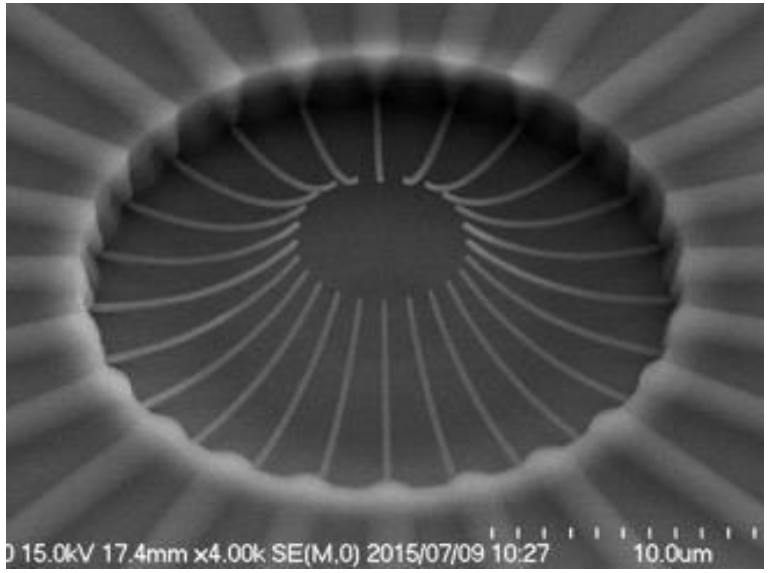
光渦を垂直方向に出射



Multiple element 型光渦多重素子　－全体構成－



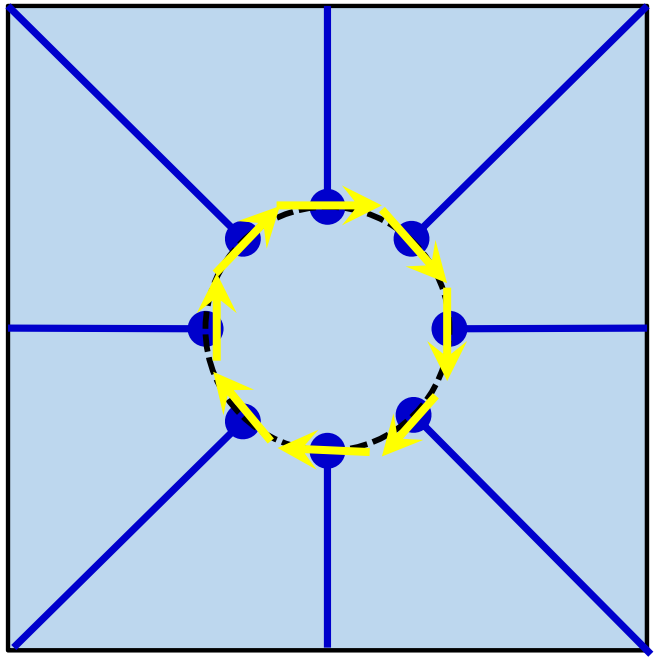
WDM: Wavelength division multiplex
PDM: Polarization division multiplex
OAM: Orbital angular momentum division multiplex

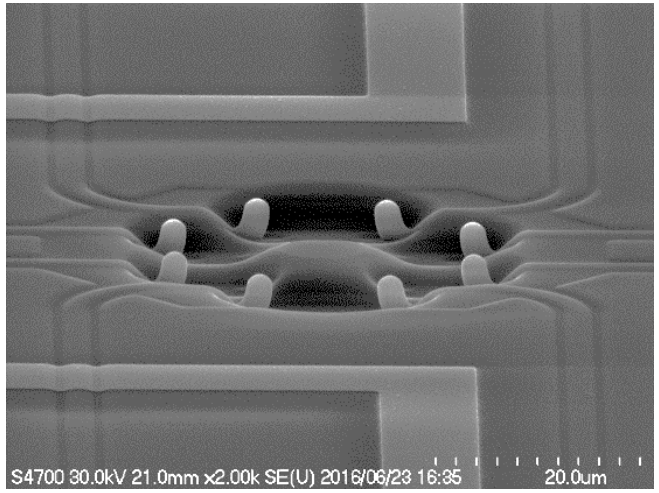


イオンビーム照射によって
Siを3次元湾曲させることで
光渦ジェネレータを形成

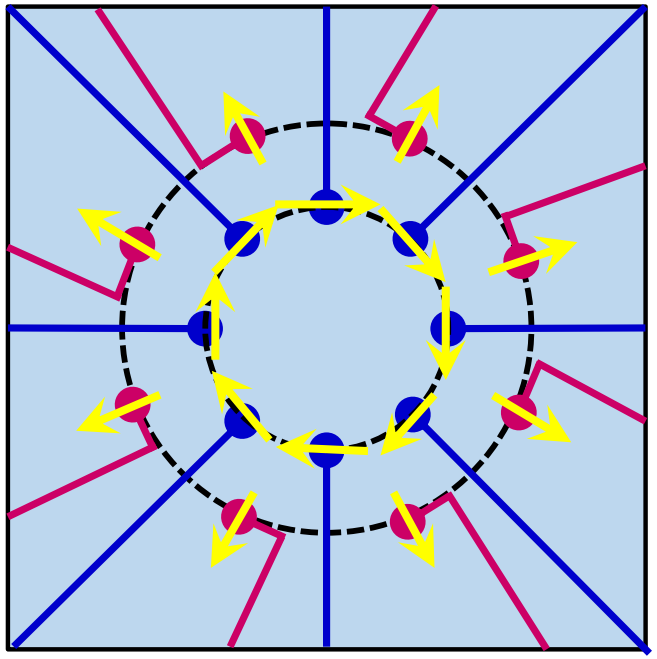
Multiple element 型光渦多重素子　ー光渦･偏波同時多重ー

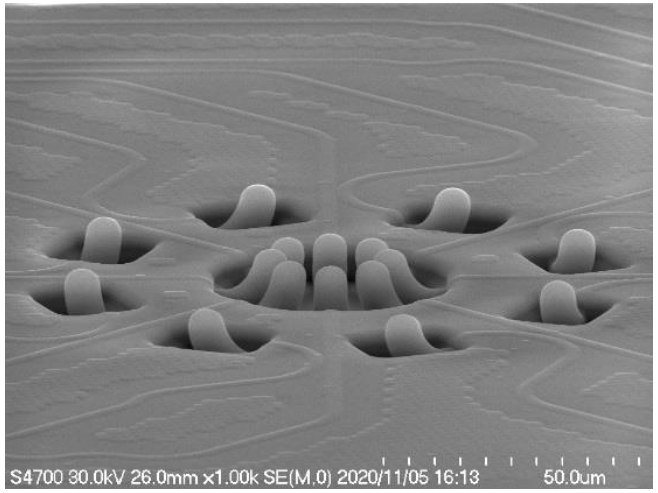
光渦多重

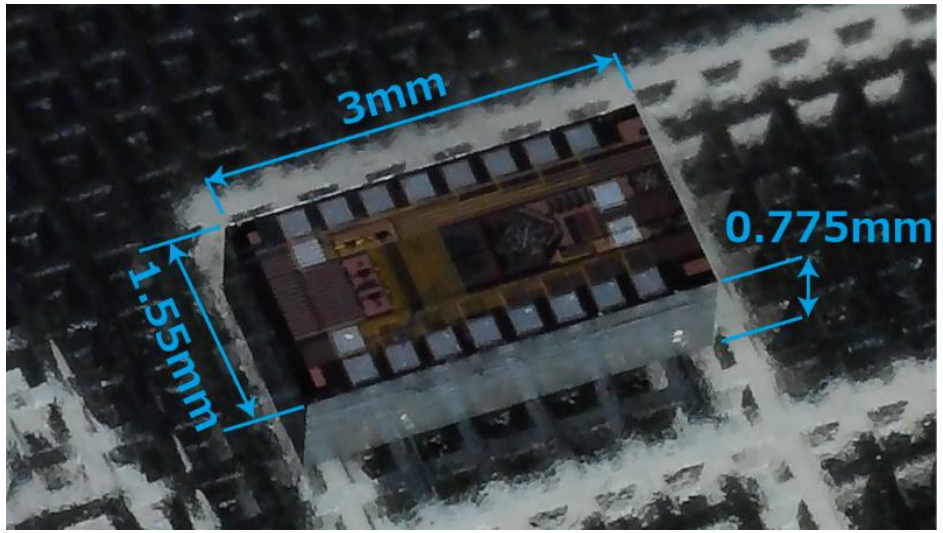


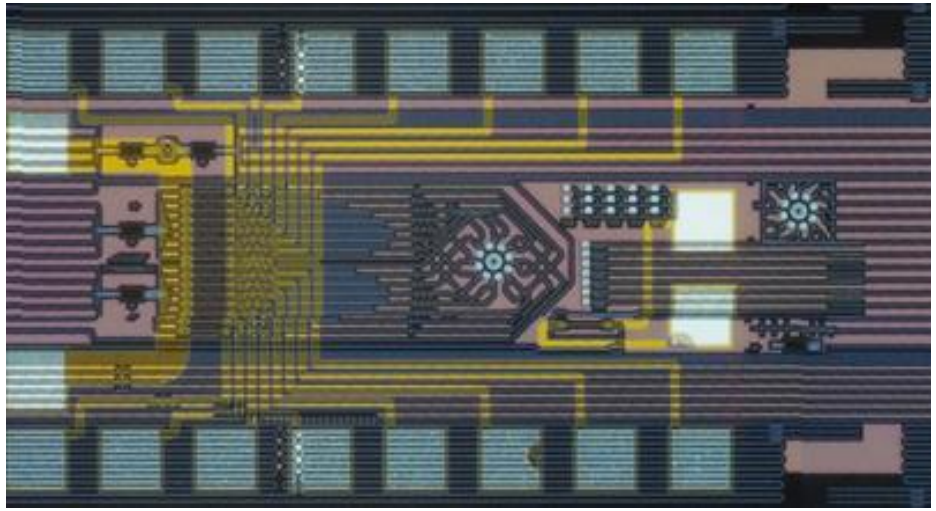


光渦･偏波同時多重



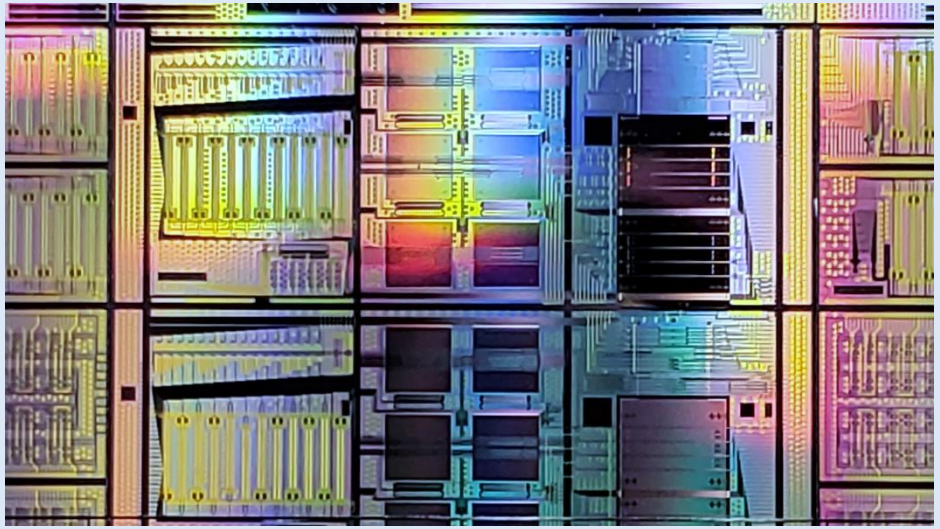




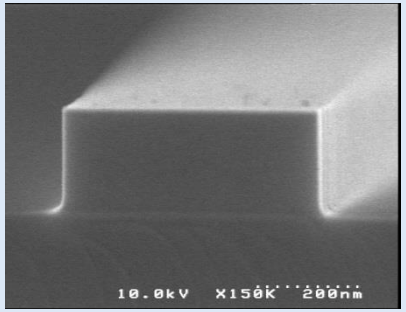


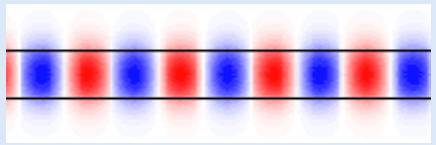
Single element 型光渦多重素子　ートポロジカル光回路の概念ー

従来の光回路



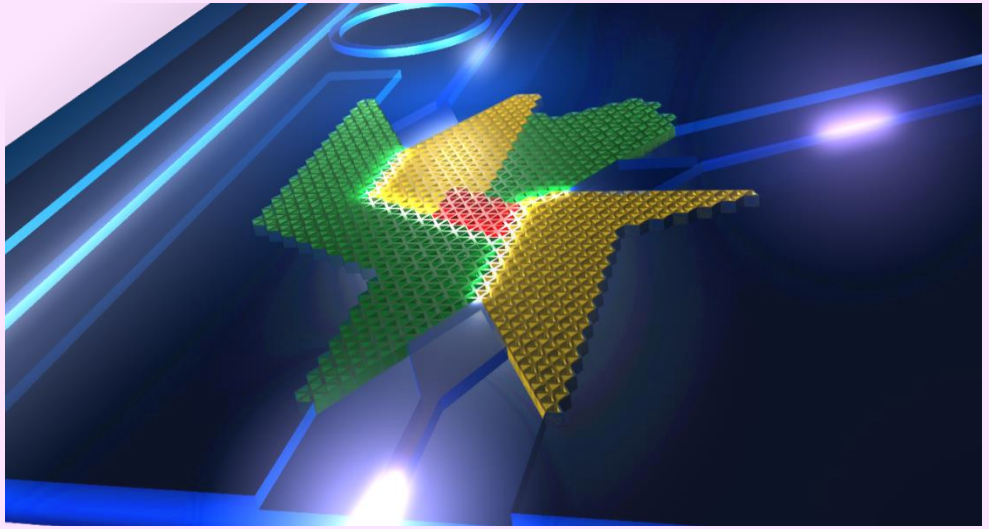
東京工業大学 & 産業技術総合研究所

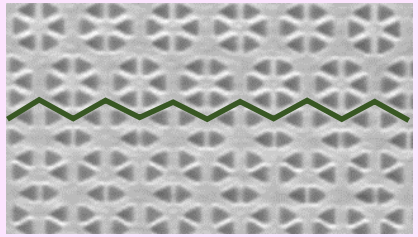


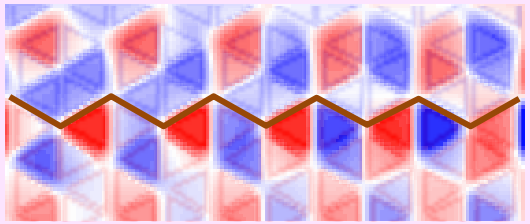


強度、位相、波長などの光情報を回路内で扱う

トポロジカル光回路







光渦や円偏光などのトポロジーに起因した
光情報をもった信号を回路内で制御可能

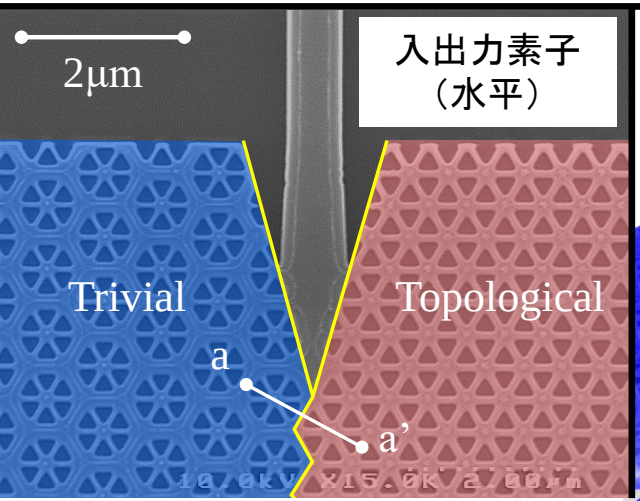
Single element 型光渦多重素子　ートポロジカル光回路の4つの基本要素ー

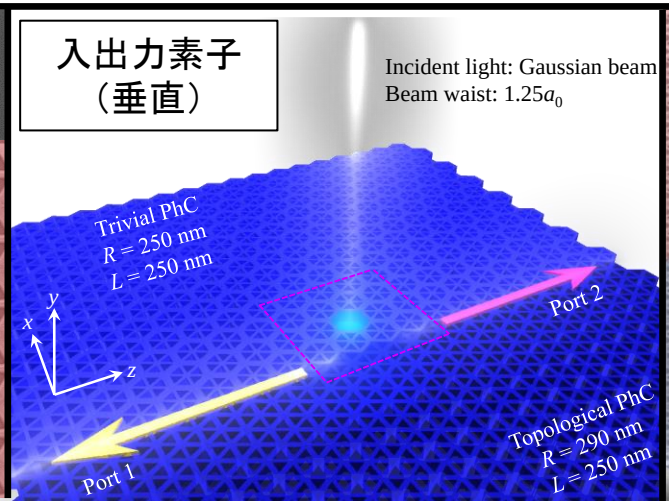
トポロジカルな光回路へ向けて

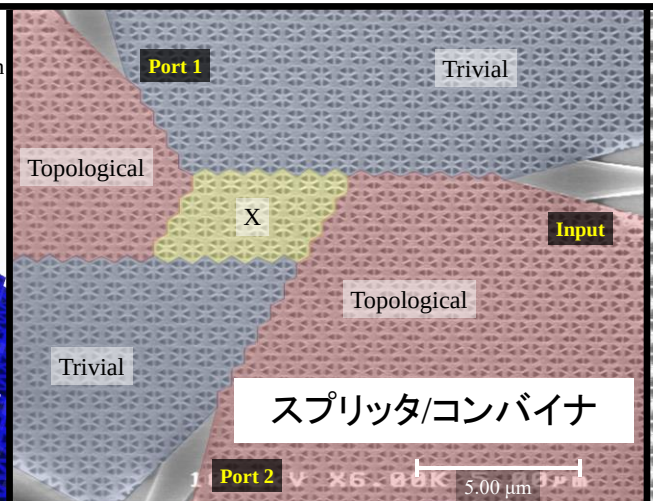
従来の光回路における各素子をトポロジカル化、それらを組み合わせることで
新機能の実現を目指す　→　トポロジーに起因した情報（光渦/円偏光）を制御する光機能デバイス

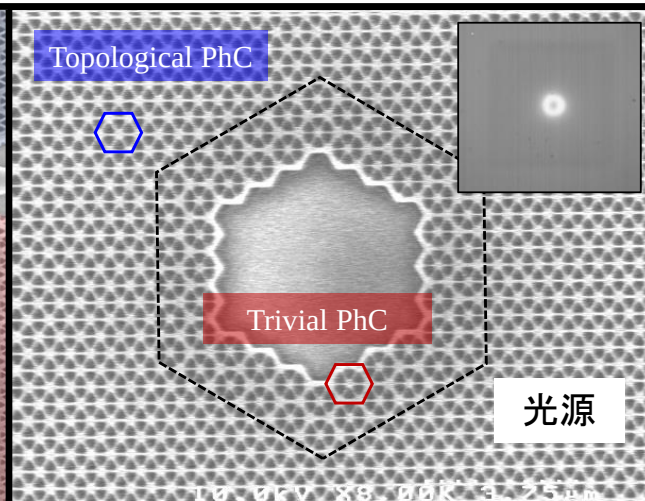
- 入出力素子（水平）：一般的な光伝送路からトポロジカル光回路へ高効率な結合を実現する
- 入出力素子（垂直）：垂直方向からトポロジカル光回路へ高効率な結合を実現する
- スプリッタ/コンバイナ：トポロジーに起因した情報を保持しつつ信号を分岐・合波する
- 光源：トポロジーに起因した情報を有する光を生成する

それぞれの素子については，[5研究に関する実績ならびに着任後の研究構想]のSession 1を参照



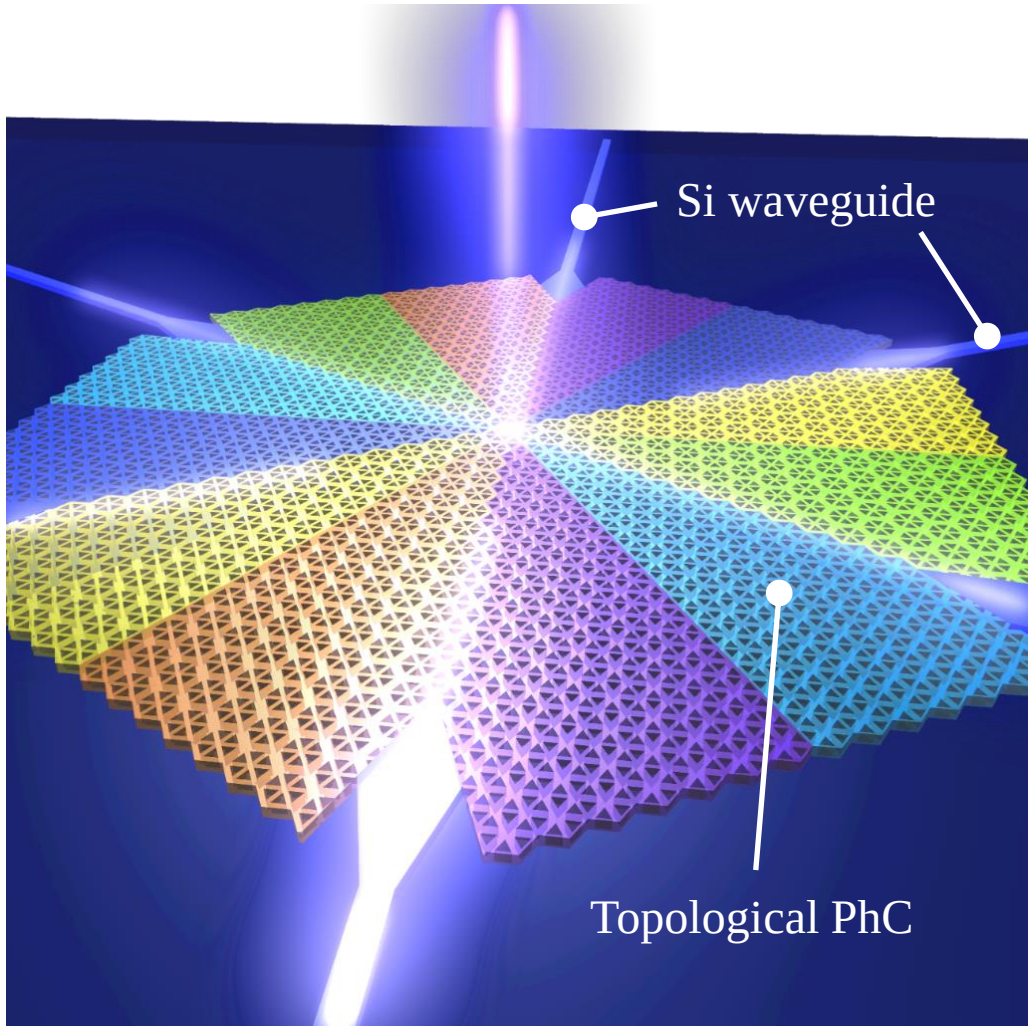






Single element 型光渦多重素子　ートポロジカルを用いたアプローチー

光渦・偏光により多重化された光信号



トポロジカルフォトニック結晶 (Topological photonic crystal)

適切に設計したトポロジカルフォトニック結晶で作られる伝送路は
特定の偏光状態およびチャージ数を有する光渦のみを
一意に伝搬させることができる

光渦・偏光により多重化された光信号を中心に入射することで
自動的にデマルチプレックスが実行される