

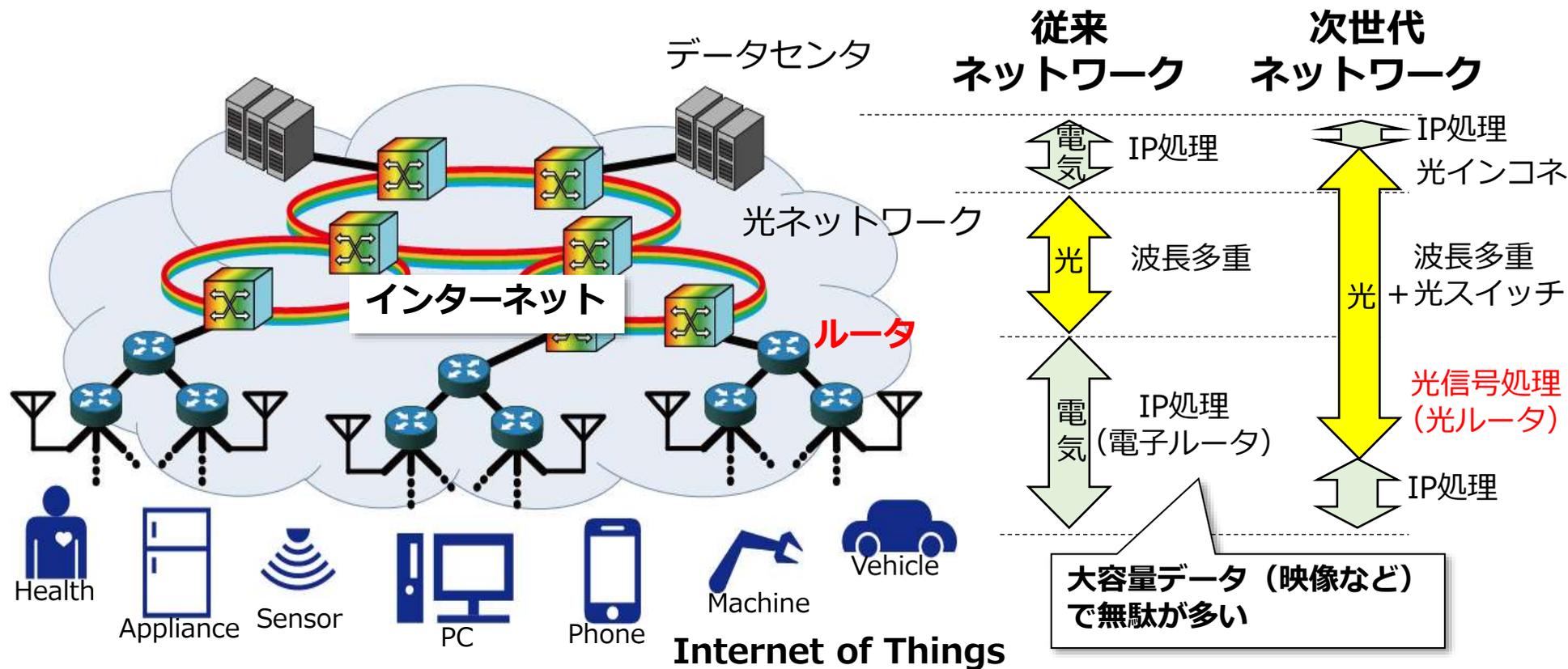
光導波路を用いた集積可能な 光磁気記録デバイス

東京工業大学 科学技術創成研究院
未来産業技術研究所

准教授 庄司 雄哉

2021年10月15日

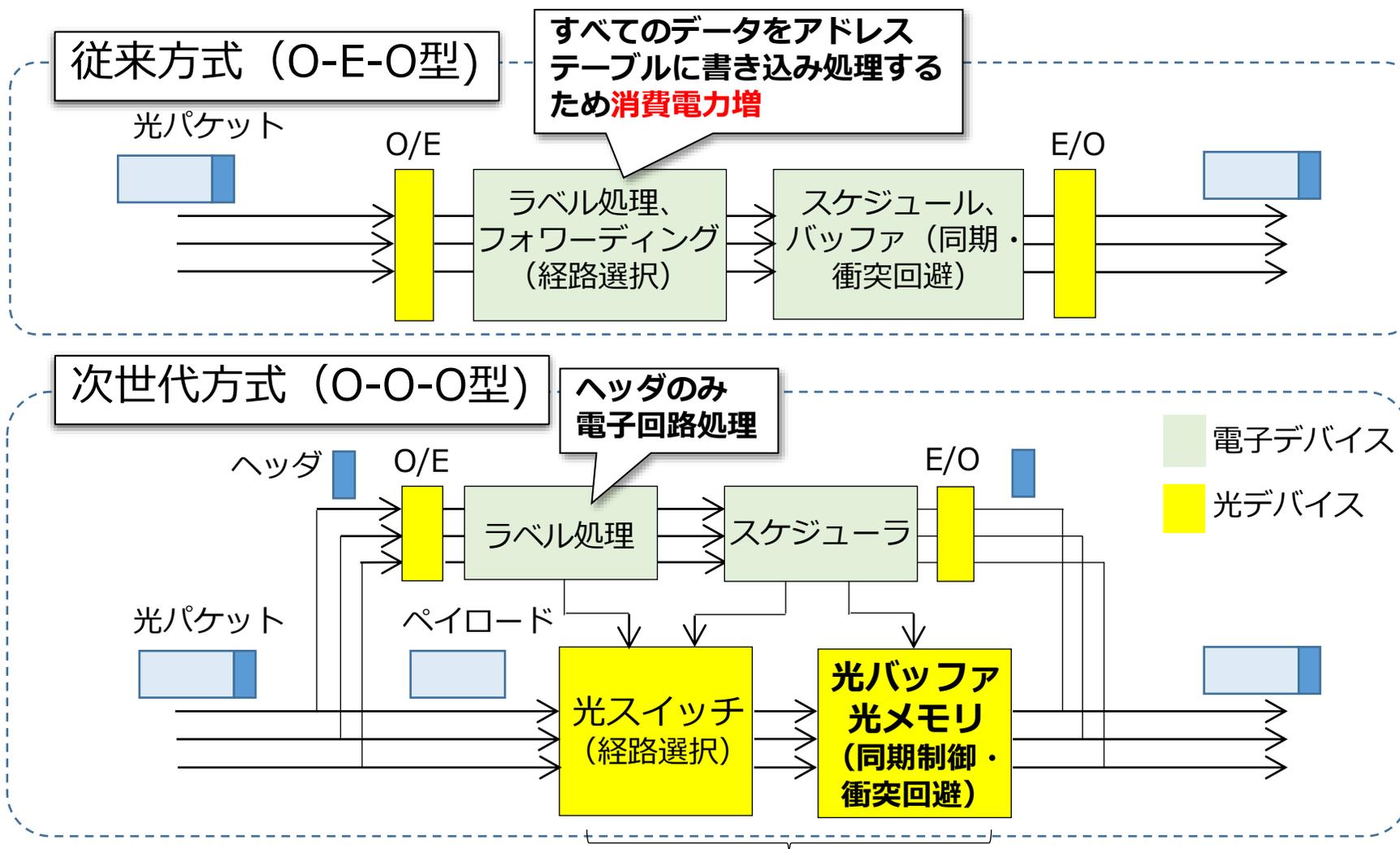
従来技術とその問題点



消費電力のボトルネック

電子ルータの処理負荷：高速信号（高ビットレート）ほど顕著に増大

従来技術とその問題点



光信号処理デバイス技術の進展が不可欠

→ **光バッファ・光メモリ技術**は特に開発が遅れている

システムの性能比較

	従来方式 (O-E-O)	次世代方式 (O-O-O)
想定	Cisco 12816* (効率10倍で仮定)	光ルータ (光スイッチ等集積)
スピード	300 Gbps (10G×14, 40G×4)	1.2 Tbps (100G×12)
消費電力	375 W	9.4 W*
電力効率	1249 pJ/bit	7.8 pJ/bit
サイズ	ラック	1 RU



Source: Cisco

*R. Tucker, Photonics in Switching 2007, WA3.5

**Ethernet header 1526Byteで算出

従来技術とその問題点

光信号を不揮発に記憶する固定式(Solid state)の**光メモリ**は存在しない

従来技術の光メモリ：DVD、MOディスクなど回転式のストレージ用途のみ

現状の通信システム：光信号を光電変換し、DRAM等の電子メモリに格納し、再度光信号に戻して送信

本発表：光導波路を用いたSolid stateの光磁気記録デバイスを考案し特許出願

従来技術とその問題点

相変化材料(DVD等)

- レーザ照射による結晶とアモルファス状態の相転移
- 大きな屈折率変化で情報の読み書き
- 書き換え可能回数が数千回程度

光磁気記録(MOディスク)

- レーザ照射による保磁力低下と磁気ヘッドで書き込み
- 磁気カー効果による偏光回転で読み出し
- 書き換え制限なし

空間光学系のデバイス構成が必須→**小型化、集積化が不可能**

新技術の紹介

光導波路型メモリ

再生：磁化方向によって
"0" (非共振) / "1" (共振) の
光出力 (**磁気光学移相効果**)

読み出し光

磁性材料

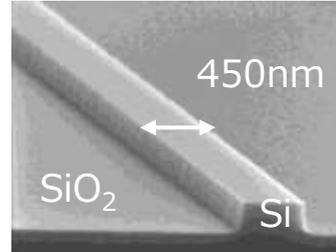
リング共振器

シリコン光導波路

参照光

書き込み光

記録：光吸収-発熱と
磁場印加で磁化反転
(**熱アシスト磁気記録**)



MOディスク

レーザ光
(記録/再生)

再生：磁気カー効果に
よる偏光回転を検出

光検出器

磁気ディスク

磁化方向

磁気ヘッド

記録：レーザ加熱と
磁場印加で磁化反転

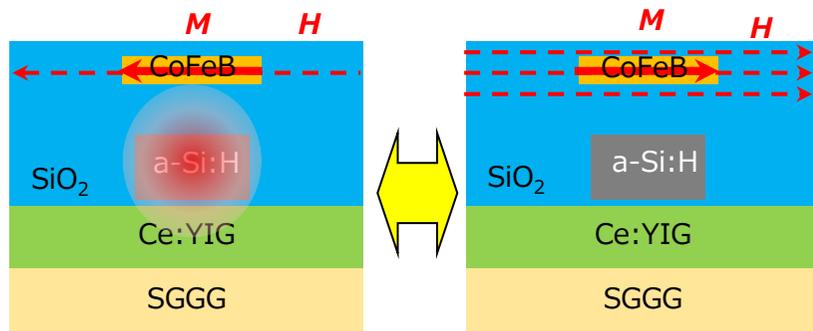
- ✓ シリコン光回路で高密度集積
- ✓ 1bit : 20 μm 角 \rightarrow 1.5KB : \sim 2 mm角
- ✓ データ列の一括記憶・再生
(一定磁場下で光信号の有無で磁化反転)

新技術の原理(提案)

記録動作 (光→磁気変換)

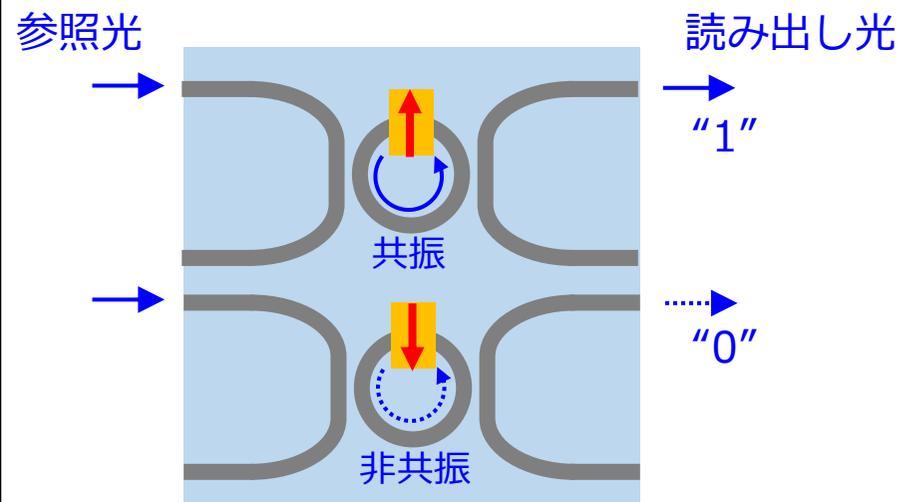
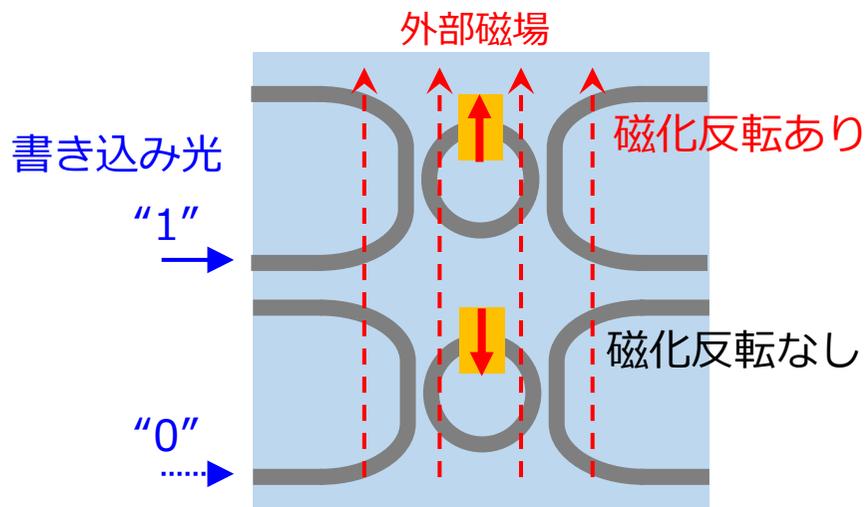
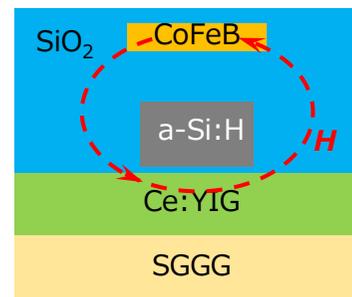
光吸収による発熱で
磁化反転 ($\sim 300^{\circ}\text{C}$)

強力な外部磁場で
向きをリセット



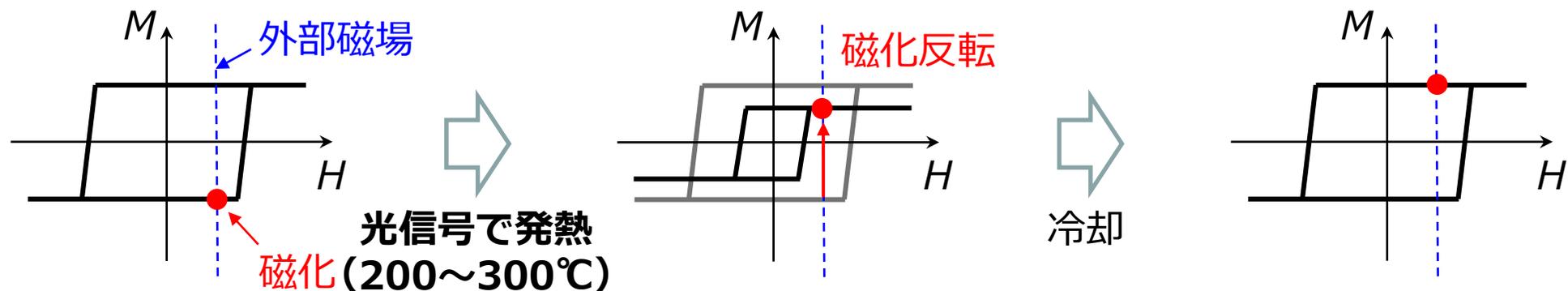
再生動作 (磁気→光変換)

記録層FeCoBの残留磁化により
再生層Ce:YIGの磁気光学効果を制御

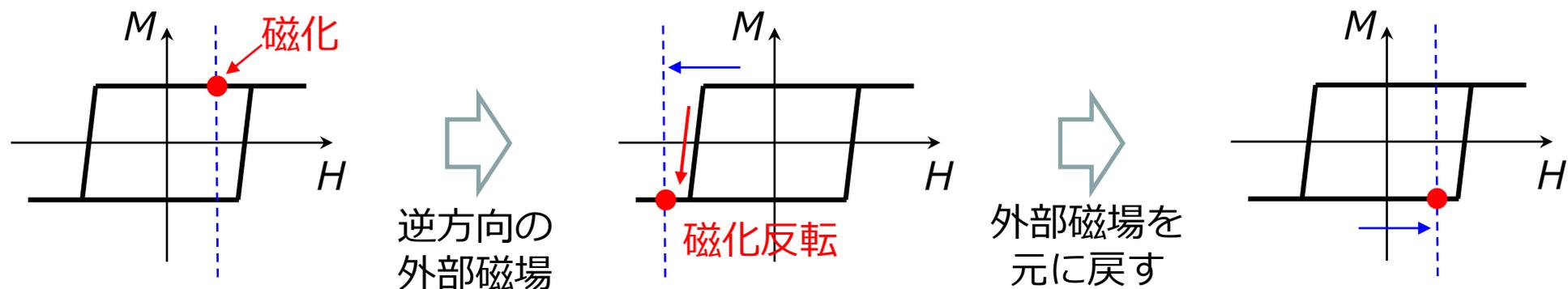


新技術の原理(提案)

記録動作

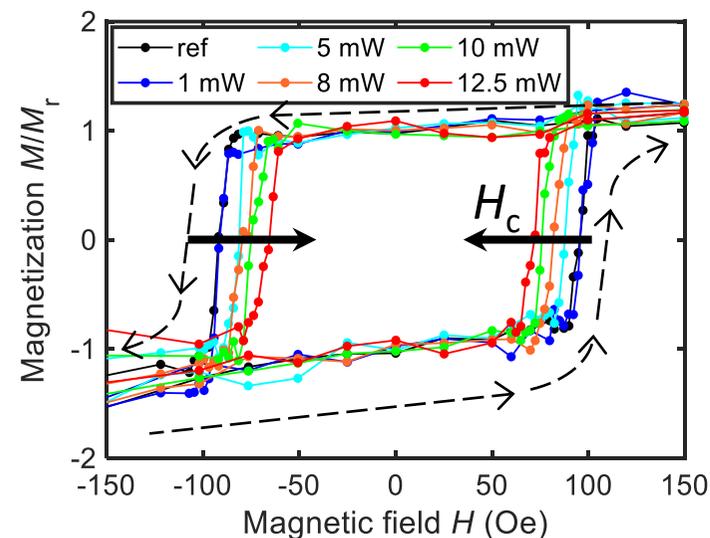
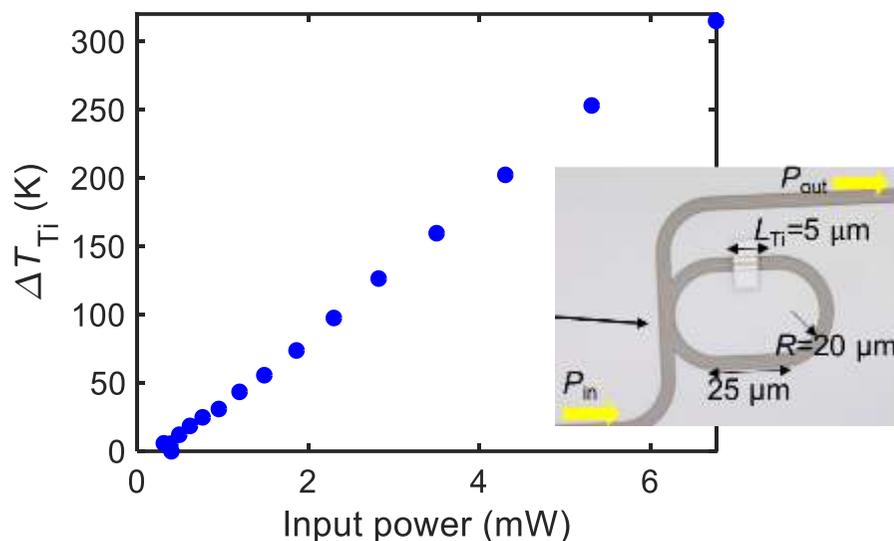


リセット動作



新技術の原理実証

記録動作



性能

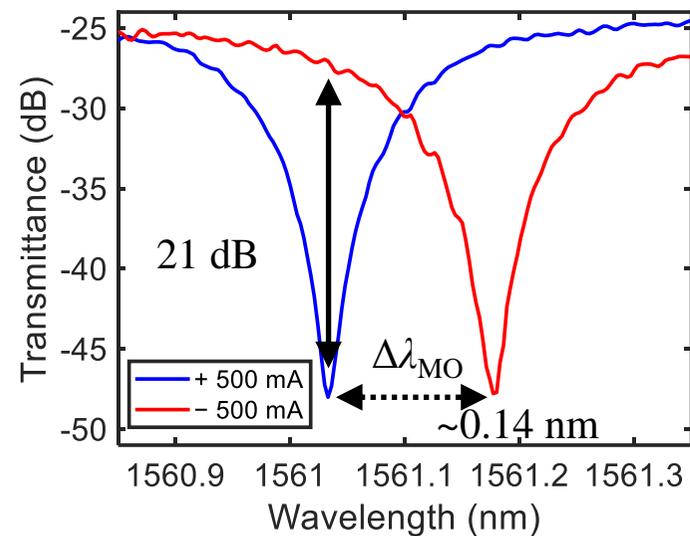
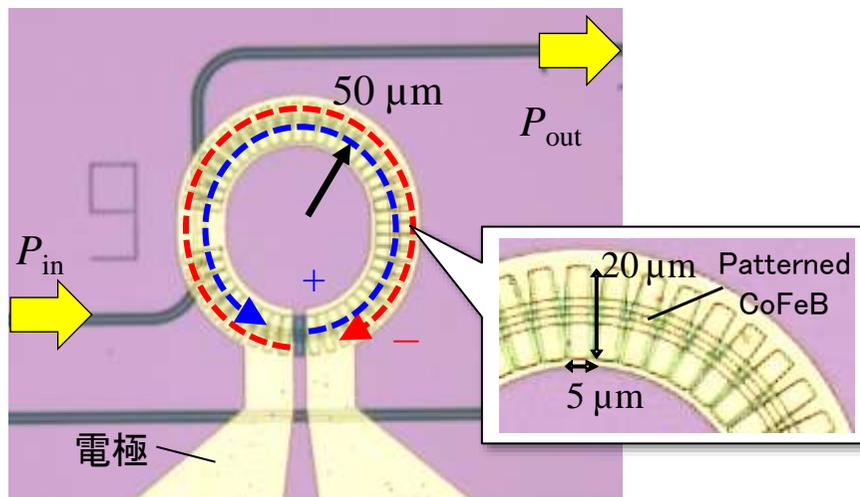
- 記録速度：1 μs （現状） \rightarrow 50ps（目標）
- 消費電力：未解析（現状）※システム化できていないため
 \rightarrow 0.7 W（目標）※主に光アンプ

解決法

- 発熱効率の向上
- 急峻な磁化応答特性

新技術の原理実証

再生動作



性能

- 再生速度：データレート無依存（参照パルス入力）
- 消光比：20dB

課題

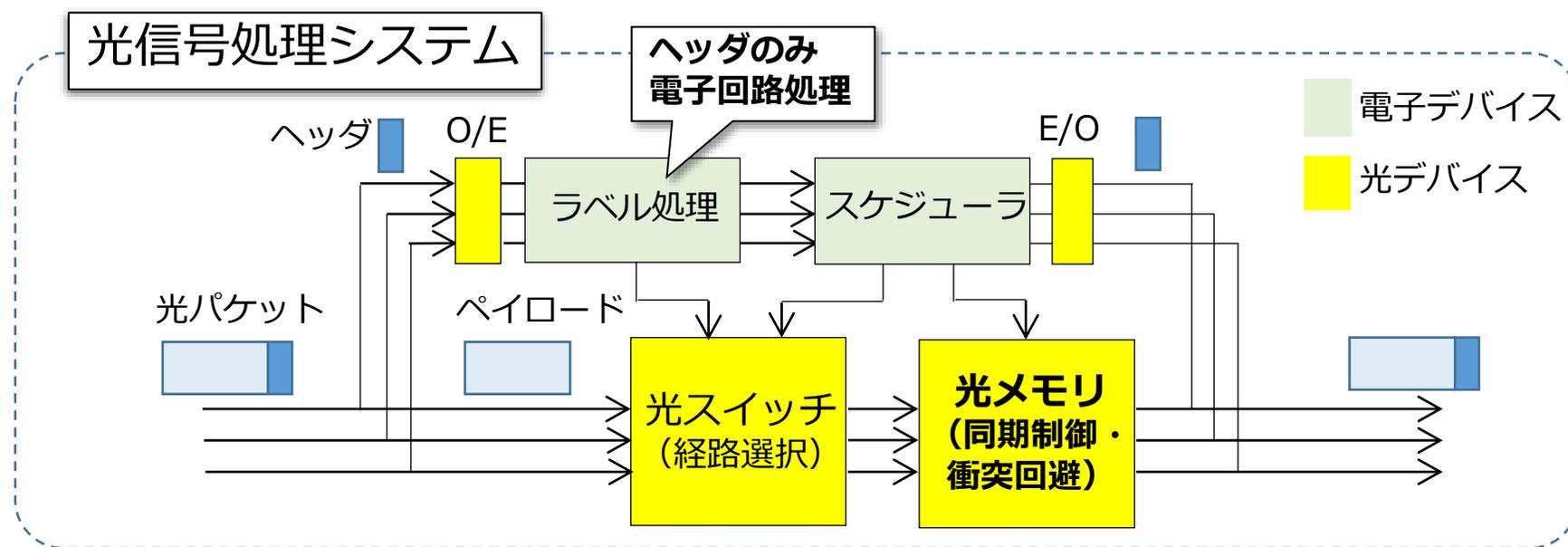
- 記録動作との両立構造

新技術の特徴・従来技術との比較

- 新技術はこれまでになかった**光導波路型**という特徴を有する。
- 記録動作では、従来のレンズを用いたレーザ照射に対し、新技術は**光共振器による光電場増強**を用いる。
- 再生動作では、従来の磁気カー効果を用いた検出に対し、新技術は**磁気光学移相効果による光強度変化**を用いる。
- 従来の光メモリはディスク形状のためストレージ用途に限られていたが、固定式であるため、**小型化・集積化や高速なデータ読み書きが可能**となる。

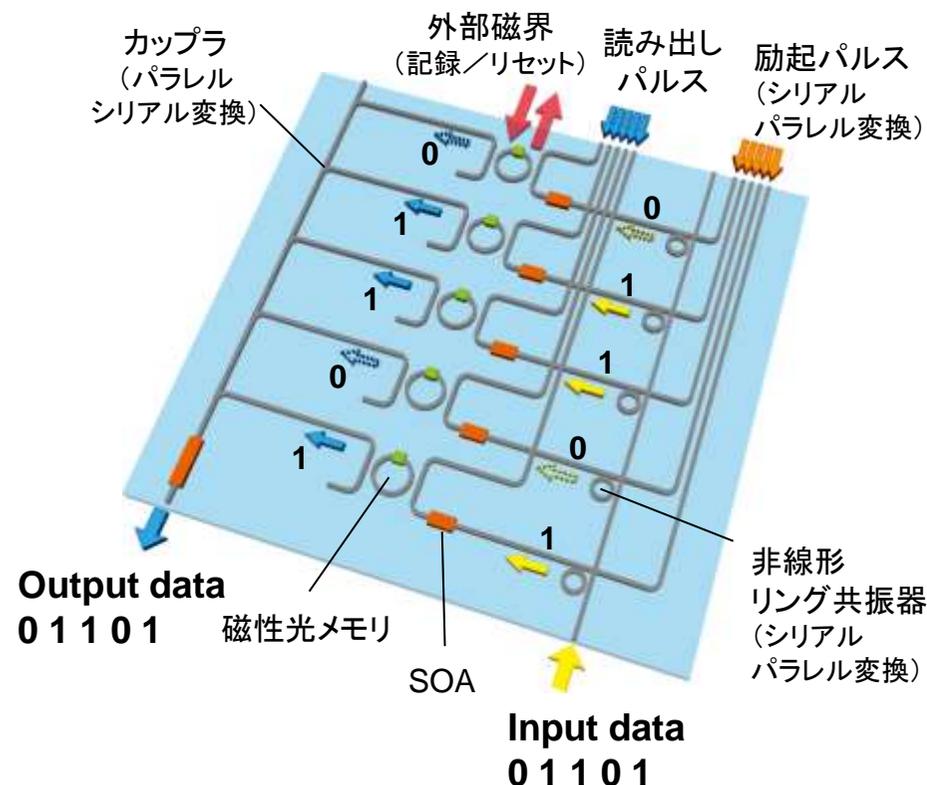
想定される用途

- 本技術は、**光パケットスイッチ**などの光信号処理システムへの応用が期待される。
- 光メモリに限らず、**不揮発に光信号強度を記憶する**新しいデバイスが期待される。



実用化に向けた課題

- 現在、個別の素子で記録動作と再生動作までは実証済み。しかし、同一素子での記録/再生動作は未実証である。
- 今後、それらを両立する設計と素子作製を行い、動作実証を行っていく。
- 現状は1bitの記憶素子であり、実用化に向けて**多素子の集積化**とシリアルパラレル変換など光信号処理システムとの融合も必要である。



企業への期待

- 未解決の集積化の課題については、**最先端のシリコンフォトニクス技術の導入**により克服できると考えている。
- 光集積回路の技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、光磁気記録を開発中の企業、磁性体の光分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。
- 光通信用途に限らず、新技術の特徴を生かした新しい応用展開を相談したい。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 導波路型光メモリ素子
- 出願番号 : 特願2015-189874
- 登録番号 : 特許第6590147号
- 出願人 : 東京工業大学
- 発明者 : 庄司雄哉、水本哲弥

お問い合わせ先

東京工業大学

研究・産学連携本部

T E L 03-5734-3817

F A X 03-5734-2482

e-mail sangaku@sangaku.titech.ac.jp