

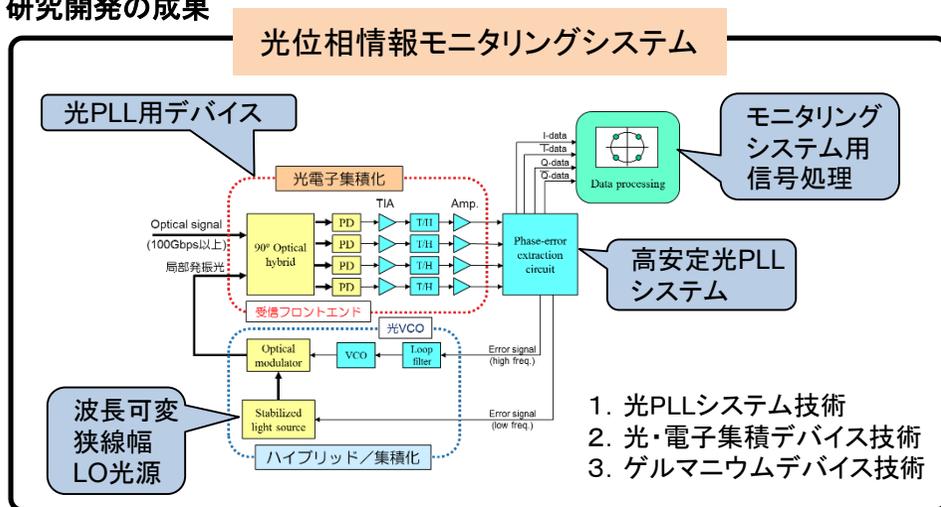
1. 研究開発課題・実施機関・研究開発期間・研究開発予算

- ◆課題名 : 光信号の低コスト受信・モニタリングのための小型光位同期回路の研究開発
- ◆副題 : 光電子集積技術を活用した光位同期回路の小型化とシステム検証
- ◆実施機関 : 株式会社アルネアラボラトリー、沖電気工業株式会社、国立大学法人東北大学、日本電信電話株式会社、国立大学法人豊橋技術科学大学
- ◆研究開発期間 : 平成27年度～令和元年度 (5年間)
- ◆研究開発予算 : 700百万円(令和元年度140百万円)

2. 研究開発の目標

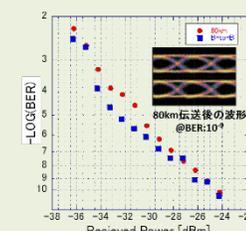
シリコンフォトニクス技術、光電子集積技術を用いて、小型光位同期回路(光PLL)技術を開発する。さらに、光PLL技術を用いた小型・高性能な光信号品質モニタリングシステムを構築する。

3. 研究開発の成果



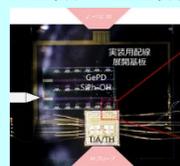
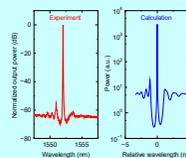
研究開発成果: 1. 光PLLシステムの研究開発

- ① QPSK-25Gbaud の 80km 伝送評価にて BER:10⁻⁹を達成した。②10時間程度同期を維持した。③概ね6秒で自律的位同期可能との見通しを得た。①、②、③を満たした DOPLLを開発した。
- 光PLL用LO光源として、48 nm/s (Cバンド内) の波長スイッチング特性を有する、線幅8 kHz、C~L帯 (1530~1620 nm) 波長可変狭線幅LO光源を実現した。
- コンスタレーション及びQ値をリアルタイムに観測可能な小型の光PLLシステムを実現した。自律位同期機能、光周波数トラッキング機能を搭載し、光源の周波数変動に追従する。高さ2U、幅は19インチラックに4チャンネルの光PLLシステムを搭載した。



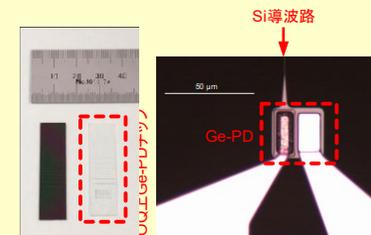
研究開発成果: 2. 光PLL用光・電子集積デバイスの研究開発

- 光集積デバイス
 - ・ OHでは、過剰損失2 dB以下、損失誤差1 dB以下、位相誤差5%以下を実現した。Ge PD/Si=OH一体集積回路を実現した。
 - ・ Si基板上へのLO光源集積については、シリコン光導波路上の横注入薄膜分布反射型(DBF)レーザを実現し線幅20kHzの単一モード発振を実現した。また、可変波長動作を確認した。
- 電子集積デバイス
 - ・ TIA・サンプリング一体集積回路では、40GHz以上の3dB帯域が得られることを確認した。また、TIAでは75GHz以上の3dB帯域が得られることを確認した。
 - ・ 受信FEIについては、光集積デバイスと電子集積デバイスをハイブリッド集積し、信号伝搬方向の長さを7mmまで短縮した。



研究開発成果: 3. 光PLL用ゲルマニウムデバイスの研究開発

- 光PLL用光・電子集積デバイスの研究開発と共同で、Ge-PDとOHをモノリシック集積したデバイスを実現し、電子回路と一体化した集積回路を作製した。
- 急速熱処理プロセスにより、Ge層の欠陥密度を低減しつつSiGe混晶化を抑制できること、Ge-PDの暗電流低減と高効率受光の両立が可能であることを示した。
- SOQ (Si-on-Quartz) ウエハ上へ形成した高伸張ひずみGe層を用いて、Si光導波路と集積したGe PDを作製した。受光域の長波長化を示す特性が得られた。



SOQウエハ上に作製したGe-PD

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース 報道	展示会	標準化提案
16 (0)	0 (0)	7 (1)	71 (14)	0 (0)	3 (1)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) 情報通信研究機構と連携強化のため、情報交換会を開催
 情報通信研究機構との情報共有、連携強化のため、定期的に情報交換会を開催した。それにより、情報通信研究機構の研究部門との連携強化が図られた。また、今後は別途締結する共同研究契約などでさらに連携を強化する。

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

1. 光PLLシステムの研究開発
 - 光PLLシステムを普及させるために、低コスト化へ向けて光源への線幅要求を緩和する検討を行う。具体的には、線幅MHzオーダーでもコヒーレント検波可能にするためのデジタル技術を駆使した方向を探る。
 - 波長可変狭線幅LO光源については、共振器を小型化し、温調・防振の精度を改良することで発振周波数の安定性を向上する。
 - 小型化光PLL回路を汎用性のあるシステムとしてステップアップできたことが大きい成果である。光信号モニタリングシステムは、小型化光PLLシステムと光信号品質モニタリング技術から成り立っている。小型化光PLLシステムはまだ小型化の余地を大きく残している。今回の成果をベースに他の研究課題から得られた研究成果を盛り込み、超小型集積光PLLとして完成度を上げる。コヒーレント検波方式は直接的に光の振幅、位相を検波できる方式であり、さまざまな測定器への応用が期待される。光PLLの長年の課題でもあった調整の困難や長時間の位相同期安定性も解消された為、コンスタレーションモニタ以外への応用も視野に入れて開発を行う。
2. 光PLL用光・電子集積デバイスの研究開発
 - 研究開発成果の対外発表については、本技術はデジタルコヒーレント通信を低コストで実現する技術にも展開できる技術であり、このような社会的ニーズにも応えることができることを含めてアピールしていく。デジタルコヒーレント通信は、従来の長距離通信向け応用だけでなく、短距離通信向けへの応用検討が進みつつあり、この観点も含めた対外発表を行っていく。
 - 特許等知的財産権については、新回路技術等に関して多数の特許出願ができた。本技術は、モニタシステムだけでなく、特に低電力を志向した通信分野にも活用することを検討していく。
 - 研究開発成果の要素技術については、狭線幅LD技術については超小型集積の光トランシーバへの展開、広帯域TIA技術について128Gbaud級光受信フロントエンドへの展開も視野に入れて、今後の光集積・電子集積分野の研究開発に展開していく。
3. 光PLL用ゲルマニウムデバイスの研究開発
 - ひずみGe層を利用した高効率Ge-PD技術に関しては、光通信の導波路集積Ge-PDにこだわらず、高効率フリースペースPDの実現やアレイPDへの展開等の観点も視野に入れ、研究開発を行う。
 - ひずみGe層を利用した高効率Ge-PD技術、および低暗電流と高効率受光を両立する熱処理技術に関して、対外発表(国内外の学会発表や学術雑誌での論文文化)を進める。