

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： フォトニックナノ構造アクティブ光機能デバイスと集積技術

2. 研究代表者： 馬場 俊彦（横浜国立大学大学院工学研究院 教授）

3. 研究概要

フォトニックナノ構造デバイスは、近年、高度なパッシブ技術が確立された。そこで本研究ではアクティブ的な光学現象を探求する。特にフォトニック結晶中の巨大かつ多次元的な分散によるスローライト発生、高効率光増幅、負の屈折現象、光局在による非線形増大、ダイナミックな光学現象などを調査し、高機能光デバイスを開発する。また他のデバイスやシリコンフォトニクス技術と融合することで、光集積と光信号処理にブレークスルーをもたらすことを目指す。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

(1) 研究の進捗状況について

1) 当初計画から見た進捗状況

計画は順調に進んでいるが、その一方、予想外の展開はない。フォトニック構造によるスローライトやストップライトという現象を利用して、アクティブ光機能デバイスを開発するという計画から見ると、計画通りということになるが、フォトニックナノ構造を利用して光を自由に扱えるフォトニック結晶という概念という点からいうと若干の物足りなさを感じる。

2) 当初計画では想定されていなかった新たな展開が生じたか

PC 光導波路のモード分散や PC 共振器から本研究者らが予測した機能(スローライトやストップライト)を実験で証明しているので、現状では予想外の新たな機能やデバイス構成を見出すことには至っていない。

3) 成果の科学的・技術的インパクト

スローライト、ストップライトの研究は、技術的な観点から見て、到達点としての質は高いといえる。Nature, PRL, Optics Express などに世界最高の値を報告しているのは、その証左といえる。本グループが研究開始以前から独自に開拓してきたフォトニックナノ構造のアクティブ機能の一端を実証することに成功している。

フォトニック結晶デバイスを対象とする本研究では、光の速度という新しいパラメータの制御に成功しており、関連する機能(光局在による非線形増大とオプトメカニカル効果、動的制御による線形波長変換)を含めて、単なる受動デバイスを超えた機能を実証し、新しい光物理の解明に成功している。ただし CREST 研究としては、的が小さい研究という印象がある。

(2) 研究実施体制について

PC デバイスに関する研究代表者および分担者の能力と実績は高く評価している。個別チームの力量は十分であると評価されるので、研究チームそのものに問題はない。両グループが統一方針に基づいて新しいものを生み出す努力が求められる。

本 CREST 研究を単なるデバイス開発研究に終始させないためには、SOI 基板 PC デバイスを実際の光通信システムに組み込んだ場合のシミュレーションを行い、PC デバイスの適合性および性能および構造改良について、積極的に検討することが大切である。光通信システム分野の研究グループとの共同研究も検討する価値がある。

4-2. 今後の研究に向けて

(1) 今後の研究の進め方は適当か

本研究で提案・実現したデバイスの原理実証は国際的評価が高く、著名な論文誌に多数の論文発表を行い、国際会議で既に 74 件を超える招待講演を行っている。この輝かしい研究実績を認めた上で、今後の課題は、その特徴を生かした実用に耐えるアクティブデバイスや集積技術を開発することにある。今後はデバイスとしての有用性や応用から見た観点を導入することが肝要であり、単なる原理実証で終わってしまったのでは価値が薄い。

実際の光通信システムをレベルアップするような SOI-PC デバイスを組み込んだ光集積回路を提案し、その実現へ向けてデバイスの性能・構造改善を行っていただきたい。

(2) 今後見込まれる成果について

現状は、原理実証実験が多く、応用の方向性が不明確なので、ターゲットを絞ってデバイスの完成度を向上させ、集積化に進むべきである。NTT グループの研究は確かにアクティブ光機能素子の方向を向いているが、これとフォトニック導波路のスローライトとの結合により、どのような新機能が実現するのか、現時点で不鮮明である。

デバイス化を目指すなら、明確にした要求仕様から実現可能性のあるものに焦点を絞り、そのために必要な道筋を作る必要がある。もし、新機能の開拓というフォトニックナノ構造のポテンシャル開発に重点を置くならば、スローライト、ストップライトの性能向上に加え、新しい質の展開という点で本グループがサブテーマ的に研究している断熱波長変換やオプトメカニカル効果を前面に出した研究が望まれる。

4-3. 総合的評価

フォトニックナノ構造におけるスローライト現象とストップライト現象のメカニズムを解明するとともに、これらの現象を駆使したアクティブ光機能デバイスの実現と高性能化に関して、世界初、あるいは世界最高水準の成果を挙げており、研究は順調に進捗していると判断される。

一方で、研究課題の大きな柱の一つになっている集積技術については、具体的にどのような集積回路を目指すのか、特に、研究の出口として、光通信システムのどこに組み込まれることを想定しているのか、方向性が明確でないように見受けられる。フォトニック導波路、ナノ共振器が本質的に生み出す利点を活かしたデバイスとは何で、その実証を目指した研究を明示する必要がある。