

M20240331_03_Washington

WashU、[2000](#)万ドルで PIC ベースポータブル OCT を開発

米国では、40歳以上の成人の1/4以上が、緑内障、白内障、加齢黄斑変性症などの眼疾患、または糖尿病性網膜症などの眼に影響を与える慢性疾患を患っている。これらの疾患は、個人の健康や医療システムに負担をかけるが、早期の診断と管理により、重度の視力低下の90%以上を防ぐことができる。

ワシントン大学(St. Louis)のマッケルビー・スクール・オブ・エンジニアリング(McKelvey School of Engineering)で医用生体工学を教える Chao Zhou 教授は、眼の高解像度イメージングが可能な光干渉断層撮影(OCT)システムの改良に取り組んでいる。現在、保健高等研究計画局(ARPA-H)から最大 2,000 万ドルの契約を結び、フォトニック集積回路(PIC)とカスタム設計の電子集積回路をベースにしたポータブル OCT システムを開発し、より多くの患者に高度な眼科検診を低コストで提供できるように計画している。この技術は、心臓病学、皮膚科、歯科、内視鏡検査、泌尿器科など、他の用途にも使用できる。

この契約は、画期的な研究と技術の進歩を通じて、患者集団、社会、疾病、健康状態全体の健康状態を改善するための型破りなアプローチの提案を ARPA-H が最初に募集するものである。これは、ワシントン大学に授与された最初の ARPA-H 契約である。

従来の OCT システムは、高価で複雑で、かさばり、組み立てと校正に非常に手間がかかる。提案システムは、重量が数ポンドで、網膜の高解像度 3D スキャンを 1 秒未満で行い、従来システムの数分の一のコストである。

「フォトニック集積回路(PIC)と電子集積回路の統合により、組み立てプロセスが簡素化され、製造コストが削減され、より幅広い医療施設や患者が OCT を利用しやすくなる」と Zhou は話している。「ま

た、フォトニックチップに部品を集積することで、全体的な安定性と堅牢性が向上し、環境の影響や摩耗の影響を受けにくくなり、寿命が延び、メンテナンスコストが削減される」とコメントしている。

Zhou のグループは、1 つの検出器で複数の高精細 OCT 画像を同時に撮影し、既存の OCT スキャナの 10 倍以上の速度で、患者の動きによるエラーの可能性を低減する技術である空間分割多重光干渉断層撮影法(SDM-OCT)を発明した。しかし、これらのシステムは、各チャンネルの部品を組み立てるのに膨大な時間と労力を要し、その幅広い用途には限界があった。

ARPA-H の資金提供により、Zhou と共同研究者は、半導体業界で使用される相補型金属酸化膜半導体(CMOS)プロセスの進歩を利用して、フォトニックチップ内のコンポーネントを組み立てる。これにより、製造が合理化され、コストが削減される。機能し始めると、成人および小児患者にそのデバイスを使用して研究を実施する。

研究者によると、完全に統合されたフォトニック集積チップ(PIC)-OCT システムの開発は、非常にインパクトがあると同時に非常に困難でもあるため、チームはコンポーネントの開発からテストまで、8 つの部分に分かれて作業を進めている。5 年間のプロジェクトの終わりには、眼科イメージングに特化したフォトニックチップと電子チップ、ポータブル PIC-OCT のプロトタイプが開発される見込みである。

提案されたシステムは、既存の最先端の商用 OCT システムよりも 50 倍以上高速で、コストは数分の一であると研究チームは説明している。フォトニック回路と電子回路を最適化して統合することで、研究者は、グルコースセンシングやポータブルスキンイメージャなど、ヘルスケアの他の分野にも役立つ、統合された画像取得および信号処理エンジンを作成できる。

Zhou とのコラボレーションは、以下の通り

- Shu-Wei Huang、コロラド大学ボルダー校の電気、コンピューター、エネルギー工学、および生物医学工学の助教授。
- Aravind Nagulu、McKelvey School of Engineering の電気およびシステム工学の助教授。
- Rithwick Rajagopal、MD、PhD、ワシントン大学医学部の眼科および視覚科学の准教授。
- Margaret Reynolds 医学博士、ワシントン大学医学部の眼科および視覚科学の助教授。
- Lan Yang、McKelvey School of Engineering の Edwin H. & Florence G. Skinner 教授(電気・システム工学)

Yang は、フォトンクス研究の知識を、ヘルスケアへの応用を最重要課題として、社会に多大な影響を与える技術や具体的な製品に変えることが、自身の長期的な関心事であると語っている。

「テレコムからデータセンタ、家電製品まで、様々な業界が推進するオプトエレクトロニクスデバイスのナノファブリケーションプロセスの進歩によって可能になった機能と機能を備えた新しいOCTシステムの開発を目指すこの学際的なチームの一員になれることを嬉しく思う」と Yang は話している。「PIC ベースで、われわれが提案するポータブル OCT システムは、高度で費用対効果の高い眼科スクリーニングを提供し、その利点を他の医療分野に拡大する」。

Rajagopal によると、眼科医は過去 15 年間、OCT 技術が提供する診断の知見の恩恵を受けてきたが、システムはスキャン速度と視野によって制限されている。

最新のスキャナのほとんどは、網膜の中心である黄斑しか画像化できず、少なくとも 30～60 秒(またはそれ以上)はデスクトップシス

テム上で操作し、安定していただける可動性を持つ協力的な患者が必要である。

「Dr.Zhou の新しいシステムがもたらす潜在的な臨床的メリットに期待している。これにより、はるかに高解像度のスキャンを実行し、網膜中心に加えて末梢スキャンの同時実行が可能になり、現在利用可能なシステムに必要な時間のほんの一部しかかからない可能性がある。したがって、瞳孔拡張や鎮静検査を必要とせずに、障害のある幼児や成人など、従来の眼球画像検査に協力できない患者をスキャンできる」と Rajagopal は話している。

チームは、商業ファウンドリと協力して、フォトニックおよび電子集積回路を製造する。

「この完全に統合された PIC-OCT システムは、従来の OCT システムよりも優れているだけでなく、優れた製造性と堅牢性を誇り、デバイスのフットプリントを削減する。さらに、大量生産は製造コストを大幅に削減し、将来の広範な普及への道を開く」(Zhou)。

チームはすでに SDM-OCT に関連するいくつかの米国および国際特許を取得しているが、改良された設計の特許出願についてワシントン大学の技術管理局と協力している。また、ARPA-H Project Accelerator Transition Innovation Office および Food & Drug Administration と協力して、将来の臨床翻訳への道筋を明確にするための規制上の考慮事項についても検討する。