ナノ加工技術を応用した
超高速クロック素子の開発

育成研究：ＪＳＴイノベーションサテライト新潟　平成１８年度採択課題
「ナノ加工技術を応用した超高速クロック素子の開発」

代表研究者：新潟大学　地域共同研究センター　准教授
川崎一正

■ 研究概要

本研究では、面発光素子〔40GHz VCSEL: Vertical cavity surface emitting laser〕と非球面あるいは球面反射面とで共振系を構成する超高速クロック素子の開発を基に、これらを量産するに必須な要素技術を確立することを目的としている。

■ 研究内容、研究成果

激増している情報データを超高速に処理するには、短距離間においても現状の電気信号伝送に替わって光信号伝送が主となり、それに伴い多量の高速光速クロック素子が必要になり、量産に適し、低消費電力の面発光レーザ素子が期待されている。この実現には、フォトリソプロセスを駆使した面発光素子の設計技術のほか、反射面のナノメートル精度の非球面加工技術・成形技術、ディープサブミクロンの接合技術、複合材料の超精密切断研削技術などの技術課題を解決する必要がある。本研究では、VCSEL と非球面あるいは球面反射面とで共振系を構成する超高速クロック素子（図１）の開発を基に、これらを量産するに必須な要素技術を確立することを目的としている。そこでまず、システムの目標仕様を満足する VCSEL 各部の仕様を明らかにし、VCSEL のシステム構成に必要な配線構造などの実装技術や熱設計，温度制御構造などについて要素検討し、それをもとにシステム最適化を図った。そして、単一素子についての性能評価試験を実施するとともに、アレイ化のモデル評価を行った。その結果、当初目標としていた 40GHz にほとんど近い 39GHz において、モード同期を示す 1.2 nm 間隔で並んだ光学スペクトルを観測した（図２）。これにより、実用的な電流励起でしかも 1mA 程度という低しきい値動作が確認された。さらに、VCSEL チップと凹球面外部鏡を組み合わせた共振器において、活性層から出た光が凹面鏡で反射し、活性層以外の反射面で反射して凹面鏡に戻り、凹面鏡で反射されて再び VCSEL 活性層に戻る、「二往復共振モード」が存在することを、実験および光線追跡解析により明らかにした。一方で、これらを量産するに必須な要素技術として、超硬合金製の金型の微細精密切削技術を開発（図３）するとともに、ガラスと GaAs 基板に適した高精度接合法を明らかにし、その機能評価を行い、接合技術を確立した。さらに、複合材〔ガラスと GaAs 基板〕のチッピングフリーの研削切断技術を確立した（図４）。

上記の VCSEL の 39GHｚにおける低しきい値動作は、低消費電力化および最も高速のモード同期実現であり、二往復共振モードは、光軸に対して垂直な平面内での凹面鏡位置のずれに対する戻り光ビームの位置および角度のずれが極めて小さいという大きな利点を有している。一方で、金型の微細精密切削技術、複合材における高精度接合法やチッピングフリーの研削切断技術は、新潟県から我が国全体のものづくり産業の活性化への展開に繋ぐことができる。

■ 今後の展開、将来の展望

今後は、事業化に向けて、微細精密切削技術および複合材における高精度接合、研削切断技術のさらなる高精度化を図るとともに、量産化のための VCSEL の生産プロセスを最適化し、共同研究企業を含めた国内企業との連携を図り、商品化へと展開していく予定である。

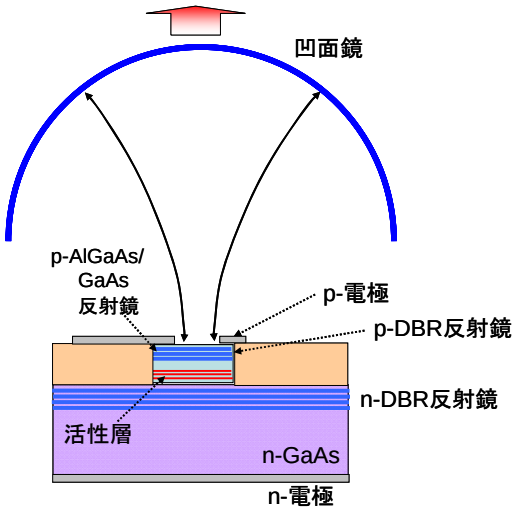

図１　外部鏡 VCSEL モード同期素子の基本構造

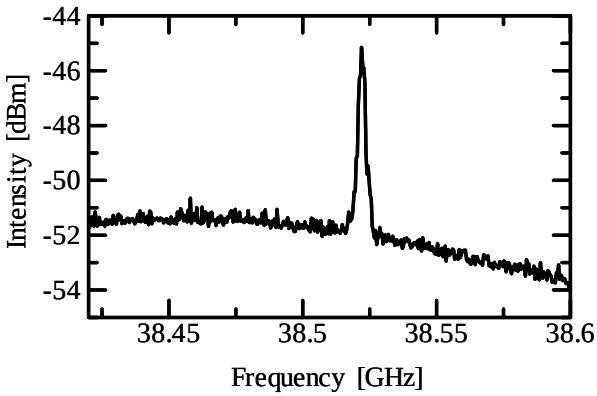

図２　39GHｚモード同期

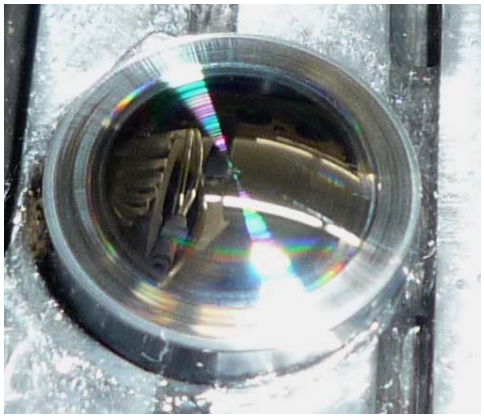

図３　製作した超硬合金製金型
（φ7mm、凸球直径 5.385mm）

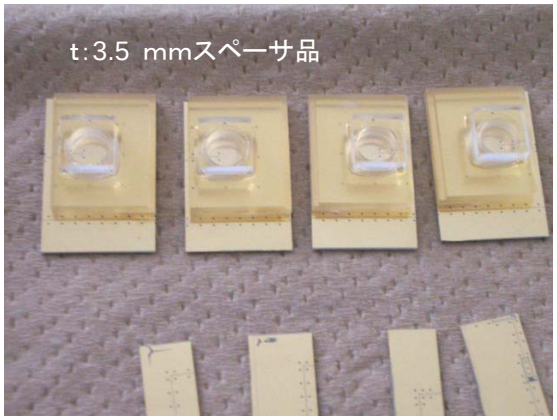

図４　2×2 型 VCSEL モジュールの 4 分割
切断加工結果

■ 研究体制

◆ **代表研究者**
新潟大学　地域共同研究センター　准教授　　川崎一正

◆ **研究者**

小林功郎、加藤智行	（東京工業大学）
宮口孝司、樋口智、斎藤博	（新潟県工業技術総合研究所）
西口隆	（新潟大学）
宮島敏郎	（福井大学）
中川久幸、小林一則	（シンコー電気（株））
深澤克也	（JST イノベーションサテライト新潟）

◆ **共同研究機関**
新潟大学、東京工業大学、福井大学、新潟県工業技術総合研究所、シンコー電気（株）

■ 研究期間

平成１８年４月　～　平成２１年３月