

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	高出力VCSELビームスキャナに関する研究
Title(English)	Study on high-power VCSEL-based beam scanners
著者(和文)	許在旭
Author(English)	Zeuku Ho
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11928号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小山 二三夫,浅田 雅洋,植之原 裕行,中村 健太郎,宮本 智之,森戸 健
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11928号, Conferred date:2021/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	許	在旭	
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	小山二三夫	教授	審査員	宮本 智之	准教授
	審査員	浅田 雅洋	教授		森戸 健 (学外審査員)	富士通フューチャ カルコンポ-ネット 担当部長
		中村健太郎	教授			
植之原裕行		教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「高出力 VCSEL ビームスキャナに関する研究」と題し、8 章から構成されている。

第 1 章「序論」では、背景として、自動運転技術、LiDAR (Light Detection and Ranging) の基幹要素である光偏向器の現状と課題について概観するとともに、本研究の基盤となる面発光レーザ (VCSEL) と面発光レーザ増幅器の研究の進展について述べ、本研究の目的は、高出力・高ビーム品質動作を両立する VCSEL ビームスキャナの実現であると述べている。

第 2 章「VCSEL 増幅器長尺化のための構造設計」では、VCSEL 増幅器の高出力化とそのビームスキャナとしての高解像ビーム掃引動作のためには、素子の長尺化が有効であることを指摘し、そのための課題と解決方法を提示している。すなわち、VCSEL 増幅器を長尺化すると導波路内のコアとクラッド間の屈折率差によって生じる導波モードの増幅自然放光が生じ、結合光の増幅特性が飽和することを指摘し、導波モードをカットオフにする VCSEL 増幅器の構造を提案している。導波モードの伝搬特性解析により、カットオフ条件を検証するとともに、両端劈開構造の端面から光出力を観測し、横方向の増幅自然放光の発生を抑圧できることを実証している。さらに、素子長 3mm 以上の VCSEL 増幅器の増幅伝搬特性から増幅自然放光の影響が回避できることを示している。

第 3 章「長尺増幅器による高ビーム品質化」では、VCSEL 増幅器は増幅器長に応じてビーム拡がり角が低減され、理想的には長尺化素子においても回折限界の高ビーム品質が得られることを述べている。これを検証するために素子長 1~10mm の素子を製作し、その遠視野像の測定結果について述べている。素子を長尺化すると注入電流や発熱の軸方向の不均一性が大きくなり、ビーム拡がり角は回折限界から遠ざかる傾向が見られると述べている。これを改善するために、多点プローブやワイヤボンディングによる電流の均一注入を試み、6mm 長素子において、ビーム拡がり角が回折限界の約 1.5 倍に相当する 0.015° の狭出射ビームを実現したと述べている。

第 4 章「長尺増幅器によるビーム掃引」では、長尺 VCSEL 増幅器に波長可変光源から外部光を結合させ、その波長を掃引することで高解像ビーム掃引の動作を実証している。3mm 長と 6mm 長の増幅器を用いて実験を行ったところ、3mm 長素子は 27° の偏向角と 590 点の解像点数、6mm 長素子では 11.3° の偏向角と 600 点の解像点数を実現したと述べている。解像点数をより向上するためには、ビーム拡がり角を回折限界に近づけるほか、利得帯域を平坦化して偏向角度範囲を広げることが有効であることを指摘している。

第 5 章「長尺増幅器による高出力動作」では、VCSEL 増幅器の上部反射鏡の反射率を低減することでスロープ効率が向上させ、CW 動作では最大スロープ効率 0.65W/A、最大光出力 390mW が得られ、また、発熱の影響を緩和するためにパルス幅 100nsec のパルス動作では、10mm 長の素子で 10W 以上の高出力化を達成したと述べている。同時に遠視野像測定、スペクトル測定を通して全電流域にわたって単一モード動作が得られていることを確認している。一方大電流を流すとスローライトモードで伝搬する増幅自然放光が生じることを明らかにし、更なる高出力動作と高ビーム品質動作を実現するための課題を抽出している。

第 6 章「高出力・高ビーム品質動作のための検討」では、第 5 章で抽出した課題を解決するための構造の検討を行っている。上部多層膜反射鏡に位相シフタを取り入れることで反射率にディップを形成し、実効的に波長幅 20nm 以上にわたって利得スペクトルを平坦化することが可能であることを理論的に示し、スローライトの増幅自然放光の影響を抑圧し、偏向角を拡大できると述べている。

第 7 章「将来展望」では、更なる長尺化による高出力化を可能にする長尺素子の検討、波長可変光源の集積化による小型ビームスキャナ集積光源への展望、非機械式ビームスキャナによる LiDAR システムへの適用など、本研究の高出力・高ビーム品質を可能にする VCSEL 増幅器の将来展望について述べている。

第 8 章「結論」では、本研究で得られた成果を総括している。これを要するに本論文は、高出力・高ビーム品質動作を可能にする VCSEL 増幅器の基盤技術を確立し、出力 10W 級の高ビーム品質動作の実現と、非機械式高解像ビーム掃引機能を実証したもので、工学上ならびに工業上寄与するところが大きい。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認められる。