

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study on High-resolution and Compact VCSEL Beam Scanner for 3D Sensing
著者(和文)	LiRuixiao
Author(English)	Ruixiao Li
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11755号, 授与年月日:2022年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小山 二三夫,植之原 裕行,中村 健太郎,西山 伸彦,宮本 智之,馬場 俊彦
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11755号, Conferred date:2022/3/26, 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	Li Ruixiao	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	小山二三夫	教授	宮本 智之	准教授
	審査員	植之原裕行	教授	馬場 俊彦 (学外審査員)	横浜国大 教授
		中村健太郎	教授		
	西山 伸彦	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Study on High-resolution and Compact VCSEL Beam Scanner for 3D Sensing」(3D センシング用高解像度小型面発光ビームスキャナーに関する研究)と題し、英文6章から構成されている。

第1章「Introduction」(序論)では、自動運転技術で用いられる3次元距離センシング技術であるLiDAR (Light Detection and Ranging)の現状と課題について述べ、特に将来技術として求められている非機械式のLiDAR光源の課題について明らかにし、本研究の目的は、大きな視野角と高解像光偏向を可能にするビームスキャナーの実現であると述べている。

第2章「Solitary VCSEL beam scanner and its integration to seed VCSEL」(面発光ビームスキャナーとその面発光レーザ光源との集積化)では、面発光レーザ構造におけるスローライト伝搬を利用する面発光ビームスキャナーとその波長可変面発光レーザとの集積素子の動作原理、製作プロセス、およびその偏向特性について述べている。まず、面発光レーザ構造の巨大な導波路分散について述べ、入力光の波長を変えることで大きな偏向角が得られることを述べている。さらに、電流注入を行うことで、スローライト伝搬する光の増幅が可能となり、外部の波長可変光源を用いることで5W以上の高出力化、解像点数300点以上の1次元ビーム偏向が得られたと述べている。また、この光偏向器に波長可変面発光レーザを集積した集積素子の電氣的なビーム偏向特性について明らかにしている。

第3章「Field of view and resolution enhancement of VCSEL beam scanner」(面発光ビームスキャナーの視野角と解像点数の拡大)では、回折光学素子(DOE)とビームスキャナーの対向集積による視野角と解像点数の拡大手法について提案し、その実証結果について述べている。まず7分岐の1次元DOEと伝搬方向の異なる2つのビームスキャナーを対向集積した素子を用いて、視野角、解像点数ともに14倍に拡大され、1次元ビーム偏向としては、解像点数4,000点の高解像ビーム掃引を実現したと述べている。同時に、プリズムミラーを用いて垂直方向をカバーする実装形態を提案し、波長可変光源を集積したビームスキャナーに対して、視野角108°、解像点数1,400点を実現したと述べている。

第4章「2D beam steering with enhanced field of view and resolution」(大きな視野角、解像点数を有する2次元ビーム掃引)では、LiDARにおける照射ビームの高輝度化のために、面発光ビームスキャナーアレイとシリンドリカルを用いた2次元ビームスキャナーを設計・試作し、その高解像2次元ビーム掃引動作について述べている。第2章、3章で述べた波長掃引による θ 方向の1次元ビーム掃引に加え、ビームスキャナーアレイの一素子を選択してシリンドリカルレンズを通過させることで ϕ 方向の掃引を行う2次元ビーム掃引動作について述べている。同時に、対向集積構造に加え、一つの波長可変光源を共有して、伝搬方向切り替え可能なスキャナーアレイにより、チップサイズの小型化が可能であると述べている。これらに加えて、2次元DOEを用いて ϕ 方向の視野角を拡大して、視野角70°×45°、解像点数30,000点の2次元ビーム掃引を実現したと述べている。

第5章「3D sensing applications using VCSEL beam scanner」(面発光ビームスキャナーを用いた3Dセンシングへの応用)では、波長可変面発光レーザを集積したビームスキャナーを用いて、Structured Light方式による実時間3Dセンシングを実現したと述べている。ビーム掃引機能は、特に屋外使用では、信号対雑音比を改善し、測距範囲の拡大、あるいは消費電力削減を可能にすると述べている。太陽光ショット雑音がシステムに付加された場合でも、距離35cmに対して、光出力1mW以下の低出力時でも、測距精度300 μ m以下が可能であり、フレームレート20fpsで解像点数10,000点以上を実現したと述べている。

第6章「Conclusion and prospective」(結論と将来展望)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、回折光学素子、プリズムミラーとの一体構造により、面発光ビームスキャナーの視野角と解像点数を拡大し、非機械式ビームスキャナーとして世界最高性能を実現したもので、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。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポータル(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。