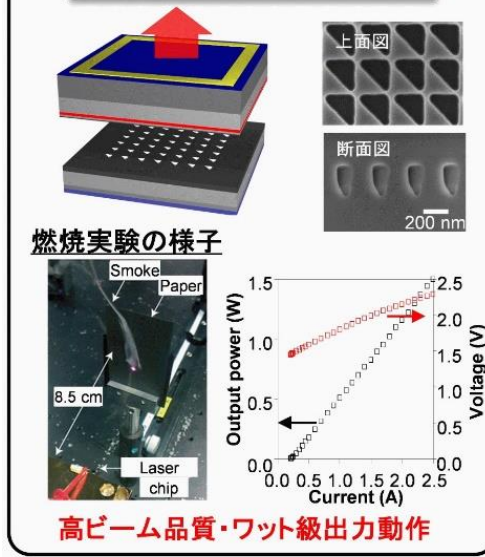


【2】	【研究テーマ名】 ■フォトニック結晶による高輝度・高出力半導体レーザー 実用化が見えてきた 100W 級の半導体レーザー
研究者情報	
研究領域・分野	電気・電子
研究者名	野田進 教授
大学名／所属	京都大学／工学研究科・電子工学
講座名	量子機能工学（光量子電子工学）
研究室 URL	http://www.qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp/
研究開発情報【研究シーズ内容】	
キーワード	<ul style="list-style-type: none"> ■フォトニック結晶（光ナノ構造） ■半導体レーザー ■レーザー加工 ■光センシング ■LiDAR（自動運転、ロボット等） ■太陽電池、光通信他
研究項目 ／開発ポイント	<ol style="list-style-type: none"> 1. フォトニック結晶により自由な光制御技術の研究開発と応用研究 21 世紀のスマート社会を支える“光”を自由自在に扱うことを目的に、光製造（ものづくり）、高度情報通信、エネルギー、環境・健康などに寄与し、Society 5.0（超スマート社会）に貢献することを目指している。 2. 特に、フォトニック結晶レーザーは日本発の独創的な技術として産業化段階に入りつつあり、既存の加工用レーザーを置き換える可能性がある。
研究概要	<p>フォトニック結晶とは、屈折率の異なる物質を光の波長程度の周期で並べたナノ構造をもつ人工結晶で、2次元、3次元方向に対して光を操ることが可能となる新しい原理にもとづく革新的な技術である。研究グループは下記のように様々な応用可能性のあるデバイスとして活用する研究を行っている。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. スマート製造を可能にするフォトニック結晶レーザー レーザーは物質の切断から微細加工、改質、表面処理などあらゆるものづくりの核となる技術でありコンパクトで高輝度・高出力のものが求められている。しかしながら、現状の半導体レーザーでは大出力が困難なため、加工・製造現場ではガスレーザー、ファイバーレーザーなど比較的大掛かりな装置が主流になっている。当研究グループは新たなフォトニック結晶構造である「2重格子フォトニック結晶」*を考案し、すでに 10W 級の高出力・高品質の開発に成功し実用化段階にあることを実証した。（2018.12）これを複数用いて合波すれば 100W 級の高出力半導体レーザーが実現できる。

スマート製造を可能とする
高輝度・高出力レーザー光源



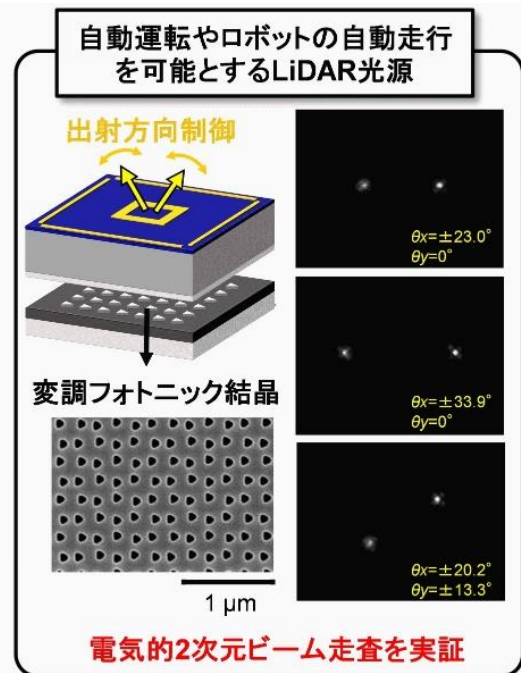
京都大学工学研究科 野田研究室 HP より

*) 2重格子フォトニック結晶

2つのフォトニック結晶をxおよびy方向に4分の1波長だけずらして重ねた、新たな構造

2. 自動運転やロボットの自動走行を可能にするLiDAR光源の開発

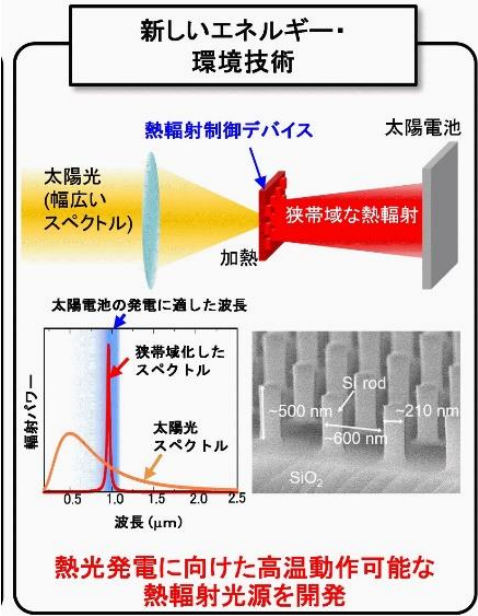
自動運転、ロボットやセキュリティセンシングなどへの関心が世界的に高まっておりLiDAR (Light Detection and Ranging)*と呼ばれるレーザーパルスの空間走査による物体検出、距離測定の開発が世界的に行われている。研究グループではレーザービームの出射方向を電氣的に走査できるデバイスを実現し市場成長が期待されるLiDAR向け光源への応用を研究している。



京都大学工学研究科 野田研究室 HP より

*) LiDAR : パルス状に発光するレーザー照射に対する散乱光を測定し、遠距離にある対象までの距離やその対象の性質を分析するものである。

	<p>3. 新しいエネルギー・環境技術（超高効率太陽光発電）</p> <p>一般的な太陽電池では太陽光の輻射スペクトルの一部しか電力に変換できない。研究グループでは太陽光をすべて吸収して熱に変換し、それを狭帯域の熱輻射スペクトルに変換して太陽電池に照射することにより太陽光の全波長スペクトルを有効活用できるエネルギー変換技術を開発している。</p> <p>4. 環境・健康センシングに向けた熱輻射光源</p> <p>従来の環境・健康センシングには主に赤外線が用いられている。この光源としては、多くのスペクトルをもつ熱輻射光源が用いられているが、必要な波長（スペクトル）はごく一部であるため効率が悪い。所望の狭い波長のみに高効率に発光し、かつ強度を高速に変化できる光源の開発に取り組んでいる。従来の70倍の狭帯域で6000倍以上高速動作特性を実証している。</p> <p>5. その他の光通信、機能デバイス</p> <p>強く光を閉じ込めることのできる光ナノ共振器、波長多重通信デバイス、光バッファメモリーなどの提案と実証</p> <p>6. 機械学習を用いたフォトニック結晶の設計・可視化などの研究</p> <p>機械学習を用いて、フォトニック結晶位置の変化が特性に与える影響を学習させることにより、明示的なルールを与えなくとも、従来よりも高性能の設計を可能にする研究</p> <p>7. 3次元フォトニック結晶の研究</p> <p>極微小な領域の中での発光の増強、抑制や、任意の経路での光の導波など新術の現象を観測する。</p>
<p>課題</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. すでに連携企業数社から一部のレーザーデバイスが製品化されているが、さらに潜在需要を掘り起こしレーザー事業化を推進し拡大することが必要。 2. 従来の半導体レーザーは、輝度（集光能力、ビーム広がり抑制の指標）に限界があり、これがボトルネックとなり、高輝度が要求される光加工、高度センシング、医療・生命科学分野では、おおがかりなガスレーザーや固体・ファイバーレーザー等が主に用いられているのが現状である。本技術により更なる高出力



京都大学工学研究科 野田研究室 HP より

	<p>化、高輝度化が可能となれば、ガスレーザーやファイバーレーザーなどに代わる超小型、低消費電力、安価で高機能なレーザー加工機が実現できる。</p> <p>3. 自動運転、ロボット等に必要な LiDAR 光源に関しては 2 次元で広い範囲に走査可能なチップの研究を行っている。また短時間パルス化により測距分解能の向上なども検討されている。</p>
応用分野 ／インパクト	<p>1. 市場規模が 1 兆円を超える（2016 年）レーザー加工機。特に、中～低出力のレーザーによるマイクロ加工用への適用が可能である。</p> <p>2. 世界レベルで研究および実用化が進められている自動運転、ロボット等のセンシングには光による高速での物体認識、検出技術（LiDAR）と正確な測距技術が必須である。該技術はこの光源への適用が可能であり今後大きな注目を集めていくと思われる。</p> <p>3. 太陽電池の高効率変換のための熱輻射デバイス(40%以上の効率を目指して)</p> <p>4. 光通信、光記録、ディスプレイ（プロジェクター）、照明、医療・バイオなど幅広い応用分野が考えられる。</p>
産学公連携の取組み	<p>1. JST ACCEL（戦略的創造研究推進事業）「フォトニック結晶レーザーの高輝度・高出力化」による企業 3 社との共同研究（2013 年度～2017 年度）</p> <p>2. 文部科学省「最先端の光の創生を目指したネットワーク研究拠点プログラム」フォトニック・ナノ構造の作製プロセスの構築等(2008 年度～2017 年度)</p> <p>3. NEDO プロジェクト：JST ACCEL をもとに、短パルス化、短波長化をめざしたもの(2016 年度～)</p> <p>4. その他、個別企業との産学連携取組み多数。</p>
その他	<p>傑出した研究の社会実装を加速する産学連携プログラムである JST の ACCEL（上記）において、研究スタート当初の研究目標である 10W(単体)、100W(合波)を確実に実証してきており、理論に裏付けられた研究成果を出している。本格的な実用化による社会貢献が期待される。</p>

産業化・実用化に向けた情報【産業化・実用化に必要な技術・ノウハウなど】

キーワード	<ul style="list-style-type: none"> ■フォトニック結晶 ■レーザー ■センシング ■LiDAR
事業化目標	<p>1. 単体のフォトニックデバイス(PCSEL*)にて 10W級超のものを高品質で安定生産できる半導体製造技術の確立と各種デバイス商品化。</p> <p>2. PCSEL を複数用いてモジュール化、合波することにより 100W～kW 級の高出力が得られれば、現在ガスレーザー、ファイバーレーザーが市場を席捲している金属切断、溶接などの市場への新規参入が可能になる。</p> <p>3. 研究中の 2 次元で走査可能なデバイスは LiDAR 用途の事業化が当面の大きなターゲット市場となるが、自動車、ロボット分野だけでなくセキュリティーセンシ</p>

	<p>ング（監視）やスマートフォンなど既存情報端末の生体認証（バイOMETRICS）などへの展開も期待できる。</p> <p>*) Photonic Crystal Surface Emitting Laser : 高出力かつ高集束性の面発光レーザーダイオード。</p>
<p>事業化ポイント</p>	<p>PCSELの安定生産（歩留まり、品質確保）とモジュール含めた製造コストターゲット市場向けレーザー加工用デバイス製品の開発</p> <p>LiDAR などの新規応用に関しては、先端的な商品開発をリードしている企業との連携によるデバイスおよびレーザー商品化の推進がポイント</p>
<p>必要な技術・ノウハウ等 （企業に求める 技術・ノウハウ等）</p>	<p>レーザー機器製造技術</p> <p>レーザー加工技術、加工プロセス、加工システム等</p> <p>レーザー、センサー（太陽電池等）などの光学技術</p> <p>半導体製造技術</p> <p>電子デバイス周辺技術（モジュール、レンズ等）</p> <p>今後期待される市場、分野における技術マーケティング</p>
<p>企業へのメッセージ</p>	<div data-bbox="555 943 1141 1339" data-label="Diagram"> </div> <p>すでに 1 兆円を超えるレーザー市場は今後も堅調に伸長することが見込まれている。成長分野である各種加工（3D プリンター等）には高度化、スマート化が必要とされており高出力、高品質でコンパクトな半導体レーザーの潜在需要は極めて高い。</p> <p>また、車載、ロボット用途の LiDAR をはじめ、セキュリティ用の認識、測距向け光源としての市場も大きな成長が期待されている領域である。レーザー治療用メス、温熱治療器をはじめとした医療用途、プロジェクターなどの表示デバイス等も応用分野として期待できる。本技術を用いたレーザーデバイス、機器の商品化の推進が望まれる。</p> <div data-bbox="976 1563 1402 1809" data-label="Image"> </div> <p>量子科学技術委員会 野田教授 発表資料より 5.30, 2017</p> <p>Geospatial World 05.05, 2017</p>
<p>そ の 他</p>	