



## 世界初！ インクジェットプリンターで極小レーザーの印刷に成功！

### 概要

九州大学大学院システム情報科学研究所の吉岡宏晃助教、興雄司教授、システム情報科学府分子システムデバイスリーディングコースの陳聡（修士2年）らの研究グループは、日産化学工業株式会社との共同研究により、これまで半導体工場レベルの装置・設備で作られてきた三次元的な円盤型の微小レーザー素子（※1）を、市販のインクジェットプリンターと同程度の技術を用いて安価で簡単に作製する手法を世界で初めて実現しました。また、本研究で試作された微小レーザー素子は、従来よりも22%少ない光エネルギーで動作するという世界記録を達成しました。本研究成果の更なる発展により、将来的には自然の光で動作するエネルギーフリーのレーザー素子や光センサーなどを安価で簡単に提供できることが期待できます。

本研究成果は、2015年5月29日（金）午前10時（英国時間）に科学誌 Nature 姉妹紙のオンラインジャーナル『Scientific Reports』に公開されました。

### 背景

レーザー分野の最近のトレンドとして「極小・超省エネ」を追い求める流れがあります。その中の一つが、超低消費エネルギーで動作する微小レーザー素子です。極小・超省エネであるため、あらゆるデータを扱うビックデータ用の光センサーや情報通信分野などの次世代光応用において重要なカギとなります。大きさは髪の毛の太さ程度（数万分の1メートル）と極めて小さく、その形状は三次元的で球・円盤・棒など様々で、透明なプラスチック・ガラス材料などによって作られます。様々な形状がある中で、円盤型の微小レーザー素子が一般的に良い性能を示すため、注目を集めています。微小レーザー素子が低消費エネルギーを実現するためには、表面を十分にきれいで滑らかにすることが重要です。きれいな円盤を作るために、これまでリソグラフィ法（※2）といった、半導体工場レベルの高精度で比較的大きな設備や装置を必要としてきました。そのため、コスト・取扱い面においてハードルが高く、誰でも扱えるものではありませんでした。その上、作製過程において刺激の強い薬品や高熱処理を利用するため、応用用途が耐性のある無機物を用いた素子やデバイスなどに限られており、これらの理由で関連する研究の発展・応用が遅れていると考えられます。

### 内容

本研究グループは、市販のインクジェットプリンターと同じ原理の技術を用いて、卓上サイズで安価で簡単に円盤型の微小レーザー素子を印刷できるインクジェットレーザー印刷法（図1）を確立しました。これは、インクジェット技術を用いて目に見えないほど小さなインクを飛ばし、好きなところにきれいな円盤型の微小レーザー素子を作るという全く新しい技術です。図2の上の写真は実際に試作した円盤型の微小レーザー素子です。また、この技術を使って作られたレーザー素子の性能は、従来の方法で作られたレーザー素子よりも22%省エネルギーであることが分かりました（図2の下図）。加えて、インクジェットレーザー印刷法によって作られた微小レーザー素子は、高い光を閉じ込める効果があることを計算により明らかにしました（図3）。この研究成果は、九州大学と日産化学工業株式会社との包括連携の中から生まれた新しい高分子材料により達成されました。

今回の研究成功のカギは、(1)「濃くてもサラサラなインクを作る」ことと(2)「円盤を空中に浮かせる」ことです。まず(1)について、きれいで滑らかな表面にするためには、水滴ができるくらいサラサラなインクを使う必要があります。また、レーザー素子として機能させるには円盤を厚くする必要があります。しかし、円盤を厚くするためにインクを濃くすると、インクはドロドロになってしまいます。そのため、「インクの濃度が高くてもサラサラなインクを作る」必要があります。今回、新たに、濃くてもサラサラなインクを開発しました。次に(2)について、インクジェット技術でインクを飛ばしただけでは応用研究の実験に使用できません。地面に落ちた紙を拾うことが難しいように、円盤がイ

ンクを飛ばした面に張り付いていると、他の応用部品と一緒に使用することができません。何より、宙に浮いていないと性能が極端に悪くなります。今回、インクのブレンドや作製プロセスの最適化により、空中に浮いた円盤型の微小レーザー素子を作ることになりました。

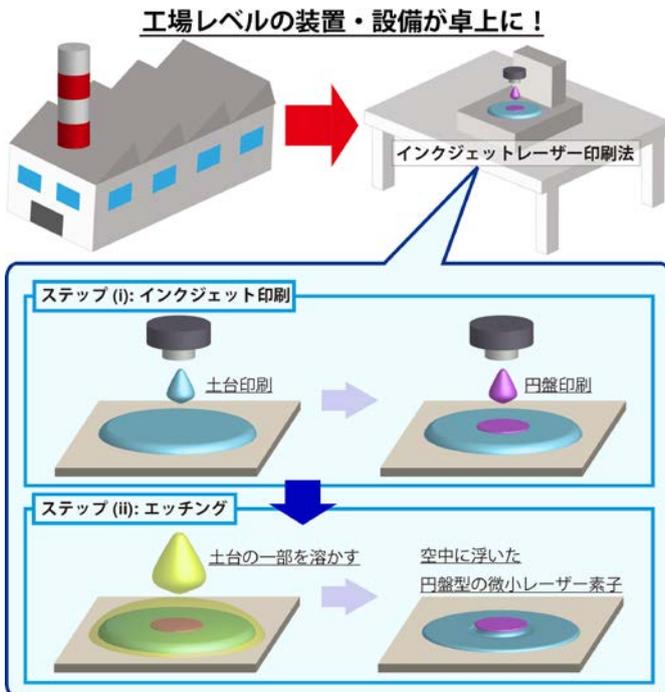


図 1 インクジェットレーザー印刷法（掲載論文より）

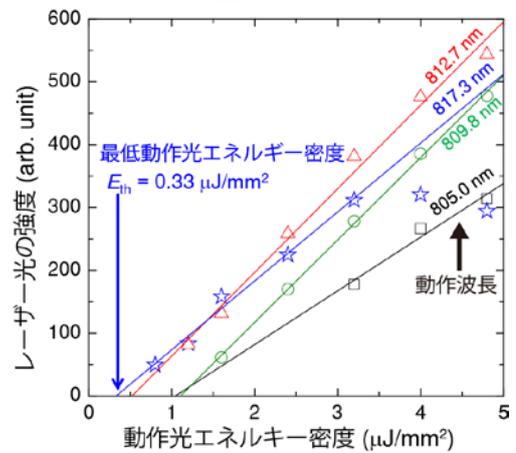
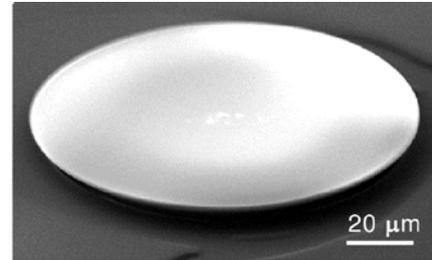


図 2 試作した円盤型のレーザー素子とレーザーの動作特性（掲載論文より）

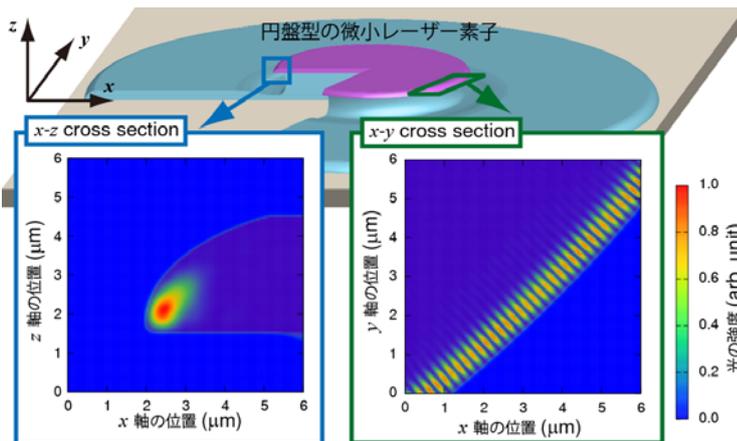


図 3 円盤型素子内のレーザー光の様子（掲載論文より）

### ■効果・今後の展開

更なる作製工程の最適化により、専門家以外でも利用が可能になり、これまで応用分野に参入したくてもできなかったグループへの追い風になることが期待できます。特に、センサー分野においては、通常環境（常温・大気圧下）で作製できる特徴を活かして、“どこでもセンサー”というコンセプトのもとビッグデータの分野に大いに貢献できることが期待できます。また、現在の微小レーザー素子は強い

光でないと動作しませんが、本研究成果のインクジェットレーザー印刷法で作製された素子は大きな省エネ効果が見込めることから、将来的に太陽光などの自然の光で動作する素子の誕生が期待できます。

### ■発表論文情報

タイトル：Extreme ultra-low lasing threshold of full-polymeric fundamental microdisk printed with room-temperature atmospheric ink-jet technique

著者：Hiroaki Yoshioka, Tomoya Ota, Cong Chen, Soichiro Ryu, Kei Yasui & Yuji Oki

引用情報：Scientific Reports **5**, 10623; doi: 10.1038/srep10623 (2015).

### ■用語解説

(※1) 微小レーザー素子：光センサー等で使用されるレーザー光を出す極小部品。出てくるレーザー光よりも波長の短い光を浴びて動作する。本研究も含め、現在の素子はレーザー光など人工的な比較的強い光をエネルギー源として動作する。

(※2) リソグラフィ法：特殊な光を照射すると薬剤に溶ける材料（その逆もあり）と作りたい形のパターンを組み合わせて、光の波長ほどの細かい構造を作る技術。写真の現像の原理と似ています。

#### 【お問い合わせ】

大学院システム情報科学研究所

助教 吉岡 宏晃（よしおか ひろあき）

TEL/FAX：092-802-3731

Mail：h.yoshioka@ed.kyushu-u.ac.jp

教授 興 雄司（おき ゆうじ）

TEL/FAX：092-802-3742

Mail：oki@ed.kyushu-u.ac.jp