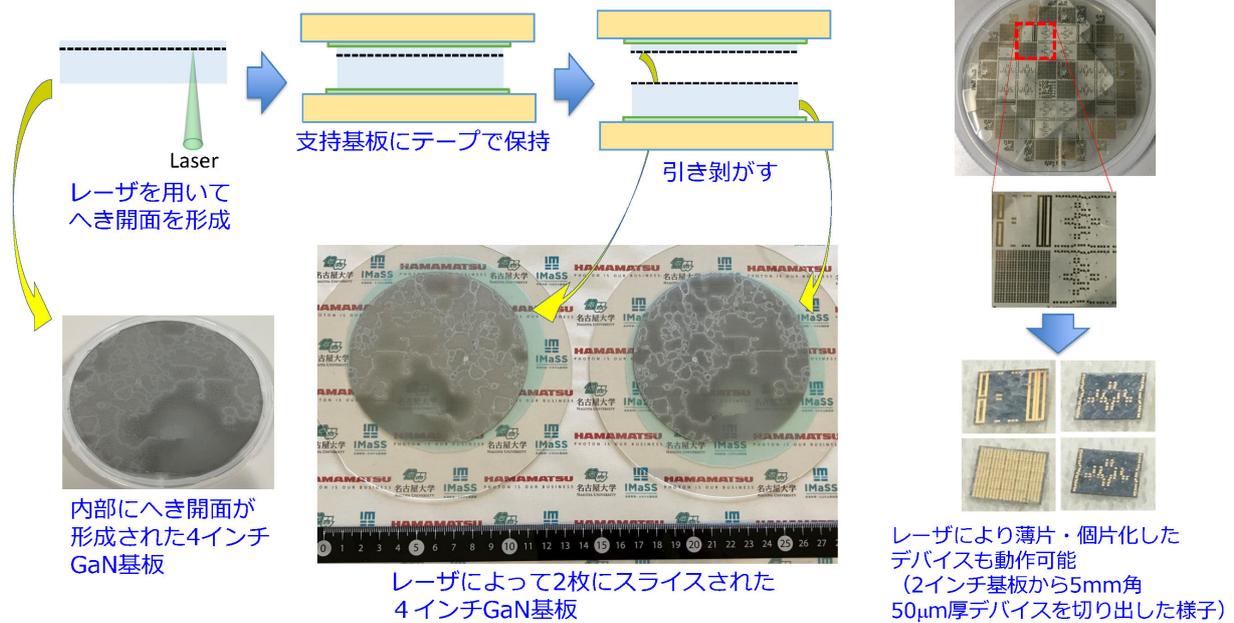


GaN基板のレーザスライス工程



ロスなく短時間での GaN 基板レーザスライス技術を発明 ～GaN 基板を用いたデバイスの大幅な低コスト化に期待～

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学未来材料・システム研究所の天野 浩教授、田中 敦之 特任准教授らの研究グループは、浜松ホトニクス株式会社との共同研究で、レーザを用いて GaN^{注1)} 基板をロスなく短時間でスライスする技術を新たに発明しました。

単結晶の GaN 基板は高性能な GaN デバイスには欠かせないものですが、価格が非常に高く、GaN 基板を用いたデバイスの普及の妨げとなっていました。本研究によって GaN 基板を用いたデバイスの大幅な低コスト化及びそれによる社会への普及が期待されます。

本研究成果は、2021 年 9 月 9 日付及び 2022 年 5 月 5 日付イギリス学術雑誌「Scientific Reports」に掲載されました。

本研究の一部は、平成 30 年度及び令和 3 年度から始まった総務省「電波資源拡大のための研究開発 (JPJ000254)」及び「戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE) (JP215006003)」の委託のもとで行われたものです。

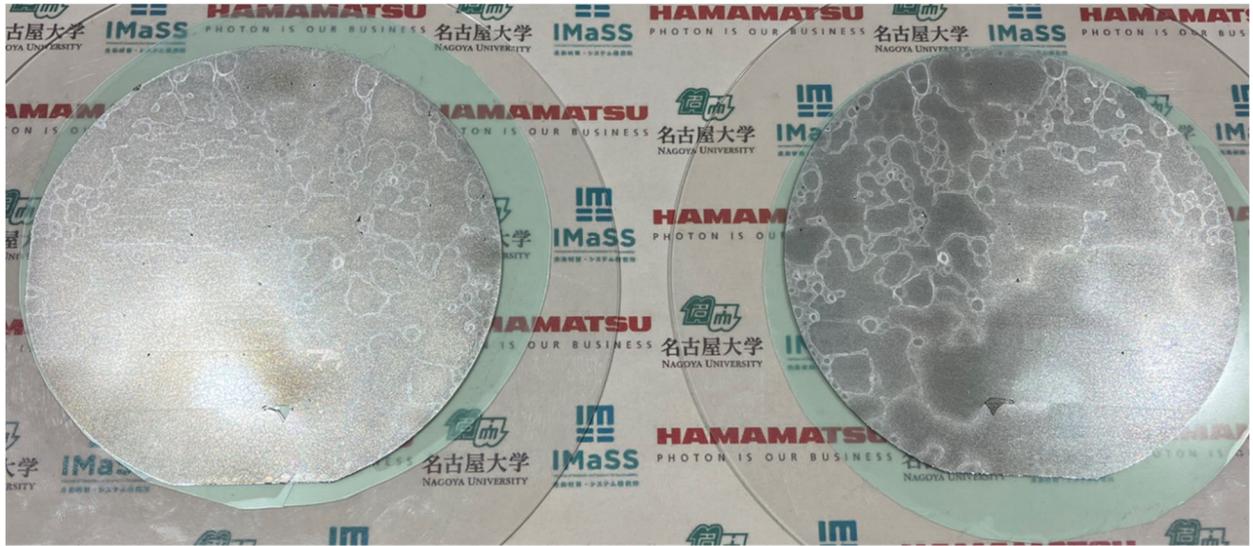
【ポイント】

- ・ レーザによってカーフロス（切りしろ）なく GaN 基板をスライス可能なため、高価な GaN 結晶のスライス時の無駄が非常に少ない。
- ・ ワイヤーを用いないため切断面のうねりが少なく、切断面も非常に平坦であるため、スライス後の研削研磨の量を抑えられる。
- ・ 非常に硬く脆い素材である GaN を高速で切断可能。
- ・ GaN 基板を透過するレーザ光を用いて加工を行うため、デバイス形成済みの GaN 基板の裏からスライスを行い、デバイス層のみを切り離すことも可能。また大きな振動やストレスが発生しないため切断後のデバイスも正常に動作可能。

【研究背景と内容】

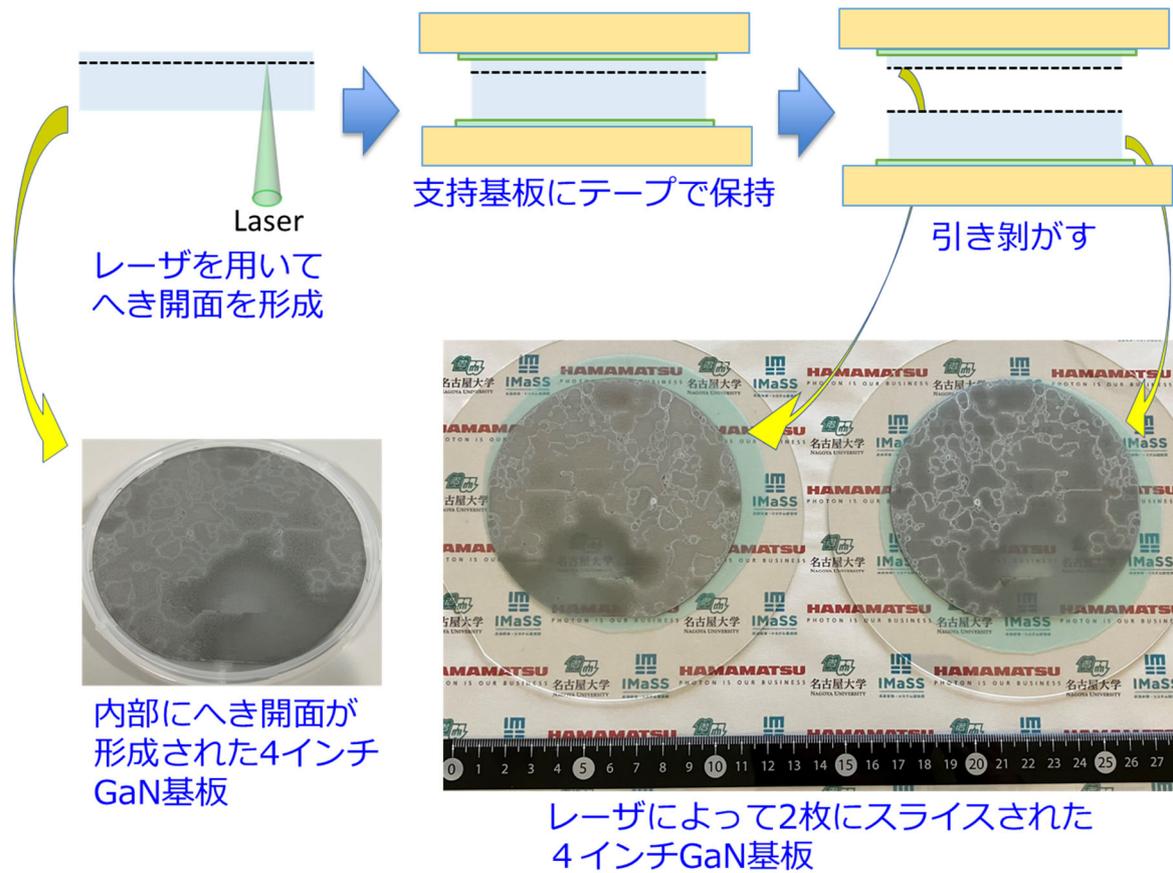
脱炭素社会、持続可能な社会のためには電力の効率的な利用は不可欠です。電力の効率的な利用のためのパワーエレクトロニクスにおいて、現在注目を集めているのがパワー半導体^{注2)} 及びパワー半導体を用いたパワーデバイス^{注3)} です。パワーデバイスは電気自動車や電車/新幹線等で動力に効率的に電力を引き渡す装置や、太陽光発電や風力発電等の自然エネルギーによって発電された電気を使える形に変えるもの、そしてパソコンやスマホの充電用の AC アダプターで交流の電力をバッテリーに充電できる形にするものとして、本当に様々な分野で利用されています。そのパワーデバイスを作るための材料であるパワー半導体において、より高性能なパワーデバイスを作製するための次世代の材料として注目されているのが GaN です。しかし、GaN は結晶成長が難しいこと、結晶がとて硬くて脆い物質であり加工が難しいことなどから、GaN 結晶から切り出した GaN 基板は価格が高くなり、パワーデバイスとしての利用の大きな障壁となっていました。

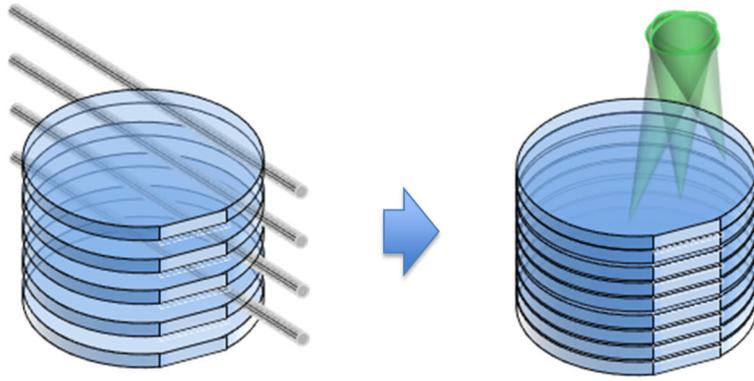
レーザスライスは、ワイヤーソー^{注4)} を用いた従来の半導体基板の切り出し方法に置き換わるものです。ワイヤーソーを用いるスライスでは、切断時にワイヤーが通る部分の結晶は切りくずとなって消えてしまいます。GaN は非常に加工がしづらい材料であるため、ワイヤーも太いものを用いる必要があり、切断部分の素材ロスも切り出したい基板の厚さと同程度となってしまいます。一方でレーザスライスは、GaN のへき開^{注5)} を利用するため原理的には GaN 結晶の無駄が生じません。また、大きな振動やストレスを与えず GaN 結晶をスライスできるため、パワーデバイスを形成した後の GaN 基板からデバイスを壊さずに薄く切り出すことも可能です。レーザを用いて GaN 結晶のへき開を高度に制御することによって、GaN 基板の成形のみだけではなく、様々な応用が可能な GaN 結晶の新たな加工方法を開発しました。



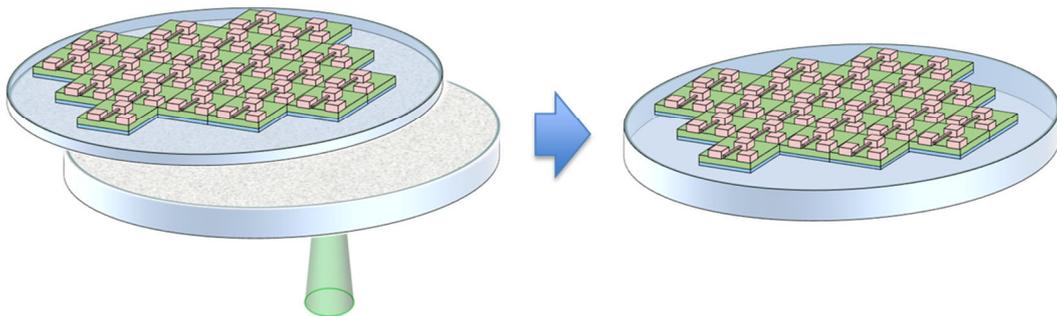
450µm厚の4インチGaN基板をレーザーライスによって
300µm厚と150µm厚にスライスした様子

4インチGaN基板のレーザーライス工程例



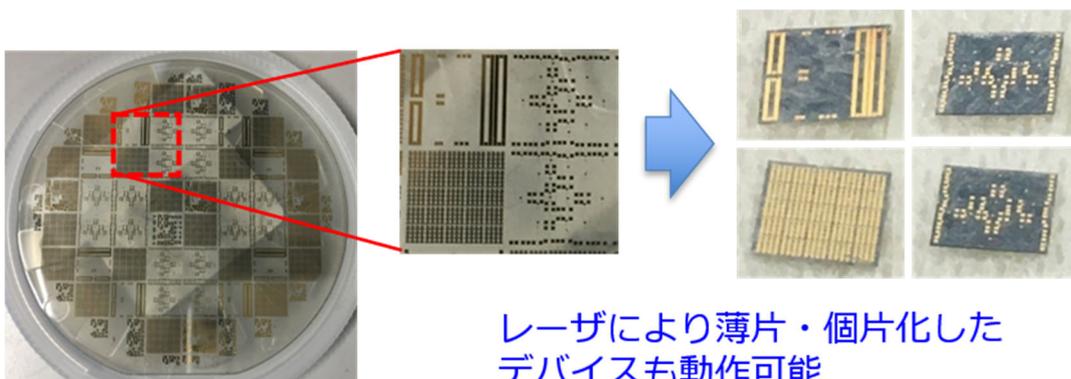


従来のワイヤーソーを用いたスライスに比べ
カーフロス（切りしろ）を抑えてスライスが可能



デバイス形成後に
デバイス層のみをスライス可能

研磨すれば母材基板上に
再度デバイス作製可能



レーザーにより薄片・個片化した
デバイスも動作可能
(2インチ基板から5mm角
50 μ m厚デバイスを切り出した様子)

【成果の意義】

GaN 結晶は高価かつ非常に硬く脆い素材ですが、その材料となる GaN 単結晶のロスを極小に抑えつつ高速で切断可能です。材料的な面でも、時間的な面でも効率的な基板成形は GaN 基板価格の低廉化に大いに役立ちます。

また、基板の成形のみならずデバイス形成後の基板の薄化プロセスとしても使用可能なため、GaN デバイスの高性能化、低価格化にも大いに役立ちます。

【用語説明】

注 1) GaN :

窒化ガリウムのこと。GaN はパワー半導体として高い性能を持つだけでなく、LED 等の発光素子の材料としても有名である。

注 2) パワー半導体 :

電気をよく流す金属的な状態と、電気を流さない絶縁体的な状態を、任意に制御可能な材料である半導体のうち、特に電力制御を行うパワーエレクトロニクスに用いられる半導体のこと。バンドギャップの大きな半導体が適しており、次世代パワー半導体といった時には SiC、GaN、Ga₂O₃、ダイヤモンド等のことを指す。

注 3) パワーデバイス :

パワーエレクトロニクスにおいて、スイッチングデバイスとして用いられるトランジスタやダイオード等の電子デバイスのこと。交流⇔直流の変換や交流の周波数変換、直流の電圧変換を行う装置に用いられる。

注 4) ワイヤソー :

ダイヤモンド等をまぶした硬鋼線を、張力をかけた状態で高速に動かしながら結晶に押し当てて切断する方法。イメージとしては糸鋸に近い。

注 5) へき開 :

原子が規則的に整然と並んだ結晶では、その配置によって割れやすい面が存在する。そのようなある一定方向に割れやすい性質のことをへき開という。

【論文情報】

雑誌名 : Scientific Reports

論文タイトル : Smart-cut-like laser slicing of GaN substrate using its own nitrogen

著者 : Atsushi Tanaka, Ryuji Sugiura, Daisuke Kawaguchi, Toshiki Yui, Yotaro Wani, Tomomi Aratani, Hiroataka Watanabe, Hadi Sena, Yoshio Honda, Yasunori Igasaki, Hiroshi Amano

※本学関係教員は下線

DOI : 10.1038/s41598-021-97159-w

URL : <https://www.nature.com/articles/s41598-021-97159-w>

雑誌名 : Scientific Reports

論文タイトル : Laser slice thinning of GaN-on-GaN high electron mobility transistors

著者 : Atsushi Tanaka, Ryuji Sugiura, Daisuke Kawaguchi, Yotaro Wani, Hiroataka Watanabe, Hadi Sena, Yuto Ando, Yoshio Honda, Yasunori Igasaki, Akio Wakejima,

Yuji Ando, Hiroshi Amano

※本学関係教員は下線

DOI : 10.1038/s41598-022-10610-4

URL : <https://www.nature.com/articles/s41598-022-10610-4>