

令和8年度 ■目的設定 □中間評価 □事後評価

機関名	産業技術センター	課題コード	R080901	事業年度	R8年度～R10年度					
課題名	フェムト秒レーザー加工を活用したダイヤモンドウエハの表面改質技術の構築									
担当(チーム)名	先進プロセス開発部 システム制御チーム									
政策	04_産業									
施策	02_成長分野への参入とイノベーションの促進により県内企業の挑戦を後押しする									
方向性	03_県内企業の経営戦略の高度化と技術開発力の強化									
種別	研究	○	開発	○	試験		調査		その他	
	県単	○	国補		共同		受託		その他	

評価対象課題の内容

1 課題設定の背景(問題の所在、市場・ニーズの状況等)

2050年カーボンニュートラルの実現に向け、エネルギーの効率的な利用と電力損失の低減は極めて重要な課題であり、電力の変換に多用されるパワー半導体の高効率化が求められている。一方、従来のシリコン半導体は物性に起因する性能の限界が指摘されており、より高耐電圧・高温・高周波動作を可能とするワイドバンドギャップ半導体材料を用いた次世代パワー半導体の研究開発が世界的に進展している。その中でもダイヤモンドは、最も優れた物性を有しているため、究極の半導体材料として注目されている。ダイヤモンド半導体は、2026年には市場が立ち上がると予測されており、製造技術の確立は急務で重要な検討課題である。

ダイヤモンド半導体の製造課題の一つとして、ウエハ製造における機械加工時間が長いことが挙げられる。高硬度かつ脆性の材料特性のため、半導体性能に必要な高精度な表面を創生するには多大な加工時間を要し、生産性が大幅に低下する要因となっている。県内企業がダイヤモンドウエハ市場へ優位性を持って参入するためには、機械加工時間短縮に向けた革新的技術の早期確立が必要である。

2 研究の目的・概要

ダイヤモンドは次世代パワー半導体デバイス材料として注目されているが、高硬度と脆性により機械加工工程に多大な時間を要する。これを解決するためにプラズマ援用研磨などが提案されており、研磨効率向上の報告があるものの、装置の複雑化や使用環境の制約といった課題がある。こうした背景のもと、本研究では、非熱的アブレーションが可能なフェムト秒レーザーに着目し、ダイヤモンドウエハに対する新たな表面改質技術の構築を目的とする。

具体的には、超微細加工や表層の結晶構造・官能基変化などで活用されているフェムト秒レーザー加工技術をダイヤモンドウエハに適用することで、表面粗さの低減や最表層の組成変化によって研磨効率向上を見込む。すなわち、本研究では、フェムト秒レーザー援用によるダイヤモンドウエハの表面改質メカニズムを明らかにし、高効率研磨プロセスに資する知見を獲得することを目指す。

3 最終到達目標

[研究の最終到達目標]

本研究は、ダイヤモンドウエハに対して、フェムト秒レーザーを援用した新たな表面改質技術の構築を目的とする。そのために、レーザー照射条件と表面粗さ、ならびに最表層の組成変化との相関を調査し、表面改質メカニズムを明らかにすることで、表面改質指針を設計し、高効率な研磨プロセス実現に向けた技術的基盤の確立を行う。これにより、現状Siの数100倍以下であるダイヤモンドウエハの研磨効率をSiCおよびGaNウエハと同水準に向上させる表面改質条件の獲得を最終到達目標とする。

[研究成果の受益対象(対象者数を含む)及び受益者への貢献度]

本研究によって得られる成果は、ダイヤモンドウエハの加工時間短縮のみならず、各種半導体ウエハや半導体製造装置にも適用できるため、半導体ウエハに関する研究開発を推進している県内企業6社に対して、直接的な技術貢献ができる。加えて、本研究で構築するフェムト秒レーザーを用いた表面改質技術は、難削材料、光学部品、医療機器など、多様な分野へ応用が期待できる技術でもあるため、高付加価値化を実現する新たな手段となり得る。したがって、本研究の成果は、ダイヤモンドウエハ製造への直接的な支援だけでなく、広く県内製造業に様々な差別化技術を提案するものであり、多くの県内企業の競争力強化に強く貢献するものである。

4 全体計画及び財源

別紙「研究の全体計画及び実績」参照

目的設定

5 外部有識者等の主な意見及び対応方針	
(1) 必要性	<p>【外部有識者等の主な意見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本研究は、非熱的アブレーションが可能なフェムト秒レーザーに着目し、ダイヤモンドウエハに対する新たな表面改質技術の構築を目的としている。特に、フェムト秒レーザー援用によるダイヤモンドウエハの表面改質メカニズムを明らかにし、高効率研磨プロセスに資する知見を獲得することを目指している。この取組は、「秋田県総合計画」や「あきた科学技術振興ビジョン2.0」の方向性とも合致している。また、秋田県産業技術センターが取り組むテーマとして重要であり、優先度が高いと認識している。 ・ダイヤモンド表面の新しい加工方式であるパルスレーザー加工の提案は、秋田県内企業にニーズがあると思われること、他の着目していない新方式であること、加工速度を上げるという製造上のメリットがあることから秋田県産業技術センターの研究開発テーマとしての必要性を満たすと考える。
(2) 有効性	<p>【外部有識者等の主な意見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2026年に市場が立ち上がると予測されているダイヤモンド半導体に関し、製造技術の確立は重要な検討課題である。その中で、ウエハ製造における機械加工時間短縮に向けた革新的技術の早期確立は不可欠であり、関連する県内企業への直接的な技術貢献に加えて、多様な分野への応用も期待できることから、本研究の有効性が高いと評価できる。 ・目標として掲げた表面加工スピードが達成されれば有効性は十分あると考えられる。ただし、従来方式でどこまで加工スピードが達成されているか、また、加工スピード以外の差異を定量的に比較して、今後の結果のアピールにも活用していただきたい。 <p>【対応方針】</p> <p>従来方式でどこまでダイヤモンドウエハの加工スピードが達成されているか、加工スピード以外にも、表面品位（粗さ）や、加工変質層の有無などの品質や研磨副資材の使用量などの差異を定量的に調査し、本研究で構築する表面改質技術の有効性について示していく。</p>
(3) 技術的達成可能性	<p>【外部有識者等の主な意見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本研究の実施内容・目標から、達成が見込めると期待できる。検討時には、多くの試行錯誤が必要と推察されるが、岩手県工業技術センター、秋田県立大学、秋田大学、名古屋大学等との計画的な連携を通じて実験、解析を確実に進めていただきたい。 ・これまでにない新方式であり、技術的な難易度は高いと推察される。初年度は新方式の有効性の検証からになるが、望ましい装置構成・条件のスクリーニングのため広い範囲での実験が必要と考えられるため、実験計画を抜け漏れなく実施するようお願いしたい。チェックポイントでの試験計画の見直しも重要と考える。 <p>【対応方針】</p> <p>本研究では様々な分野の技術が必要となると推測できるため、岩手県工業技術センター、秋田県立大学、秋田大学、名古屋大学等と連携を密にし、実験、解析を確実に進めていく。また、年度ごとに進捗を確認し、各チェックポイントでの試験計画や、目標値の見直しも必要に応じて検討していく。</p>
(4) その他	<p>【外部有識者等の主な意見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・専門知識のない県民の皆様にも本研究内容を広く理解いただけるように、情報発信を意識していただきたい。そのためには、“ゴール”から逆算し、イメージしやすいように表現していただきたい。この作業は、スケジュールや実験計画、予算の精査にもつながると理解している。また、表面改質技術等特許性のあるものについては、知財戦略も意識していただきたい。 ・パルスレーザーを用いたサファイア基板加工の経験はあるが、波長・パワー・パルス条件・雰囲気といった条件のみならず、最表面に適切にレーザーを当てる（光学系の最適化によるフォーカス・照射サイズ設定）ことも結果に大きな影響を与えた点も考慮に入れていただきたい。 <p>【対応方針】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・県民に理解してもらえるようイメージしやすい表現を意識して、機をみて情報発信に努めていく。また、表面改質技術等、新たな知見は知財戦略を意識して研究を推進していく。 ・指摘された最表面に適切にレーザーを当てる点に関しては、波長やパワーといった条件のみならず、光学系の最適化を含めたレーザー加工条件について検討をしていく。また、最表面にレーザーが適切に当たっているか把握するための分析手法も併せて確立していく。

研究課題評価調査 別紙 (研究の全体計画及び実績) ■目的設定 □中間評価 □事後評価

機 関 名	産業技術センター	課題コード	R080901	事業年度	R8年度～R10年度
課 題 名	フェムト秒レーザー加工を活用したダイヤモンドウエハの表面改質技術の構築				

全体計画及び財源 (全体計画において ==== 計画、 —— 実績)								
実施内容	最終到達目標	R8	R9	R10	年度	年度	各年度到達目標	進捗の到達状況
		年度	年度	年度				
ダイヤモンドウエハの結晶構造および表面状態分析に関する検討	ダイヤモンドウエハの結晶構造や表面状態分析技術を確立するとともに、研磨による最表層状態の変化を明確にする。	====	====				R8 結晶構造や表面状態分析技術を確立する。 R9 研磨により変化する最表層状態の変化を明確にする。	
ダイヤモンドウエハへのフェムト秒レーザー照射による表面改質に関する検討	レーザー条件と表面粗さ変化、変質層の相関性を明確にし、表面改質技術を構築する。		====	====			R9 レーザー条件と表面状態の相関性を明確にし、技術的基盤を確立する。 R10 最適な表面改質技術を構築する。	
ダイヤモンドウエハの高効率研磨プロセスに関する検討	フェムト秒レーザー援用による制御可能な表面改質を設計し、研磨実験を通して、高効率研磨プロセスを確立する。			====			R10 フェムト秒レーザー援用による制御可能な表面改質を設計し、研磨実験を通して、高効率研磨プロセスを確立する。	
							合計	
計画額 (千円)		2,980	3,600	3,500			10,080	
当初予算額 (千円)		2,980					2,980	
財源内訳	一般財源	2,980					2,980	
	国 費							
	そ の 他							

フェムト秒レーザー加工を活用した ダイヤモンドウエハの表面改質技術の構築

背景

- 2050年カーボンニュートラル達成に向けて
→ **高効率な次世代パワー半導体が必須**

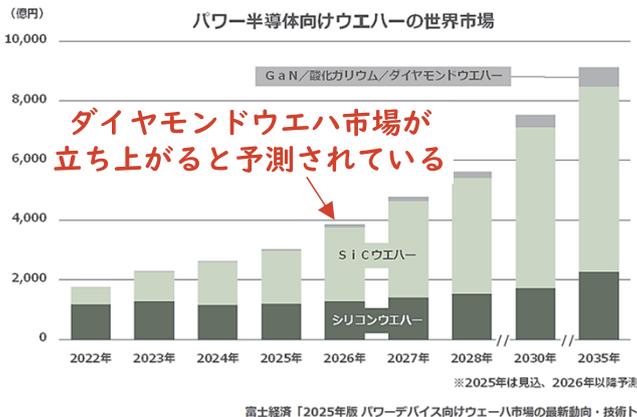
次世代パワー半導体候補

- ・ SiC(炭化ケイ素)
- ・ GaN(窒化ガリウム)

・ **ダイヤモンド** → **究極の半導体材料**

- 課題: **加工に多大な時間が必要**

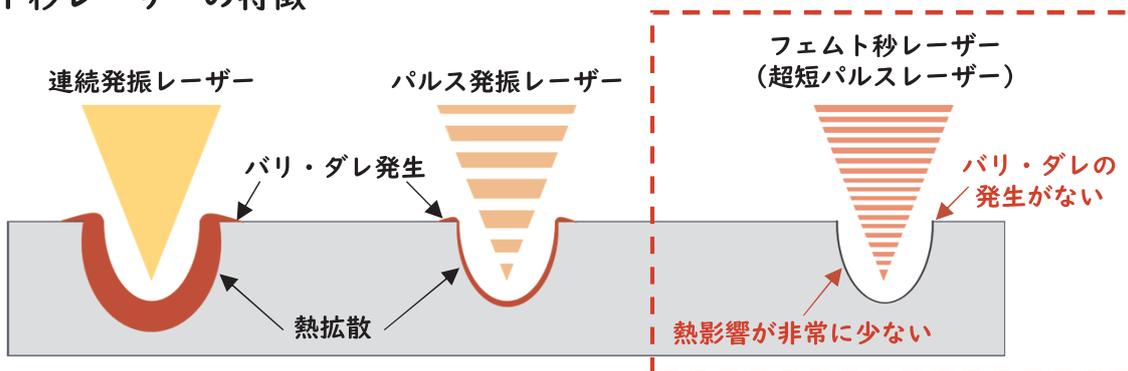
パワー半導体材料向けウエハの世界市場



研究内容

- フェムト秒レーザーを援用した新たな表面改質技術の構築
→ **研磨効率向上による加工時間短縮**

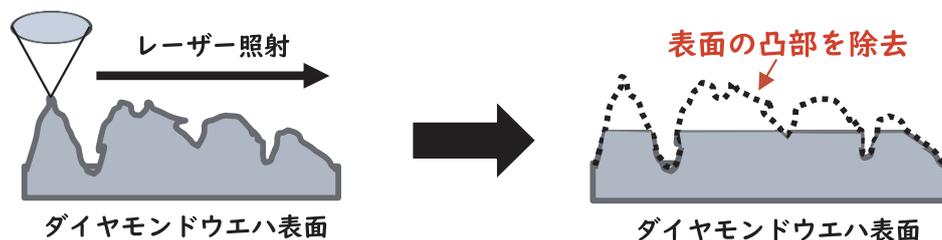
◆ フェムト秒レーザーの特徴



◆ 各研磨工程でのレーザー援用加工による表面改質の狙い

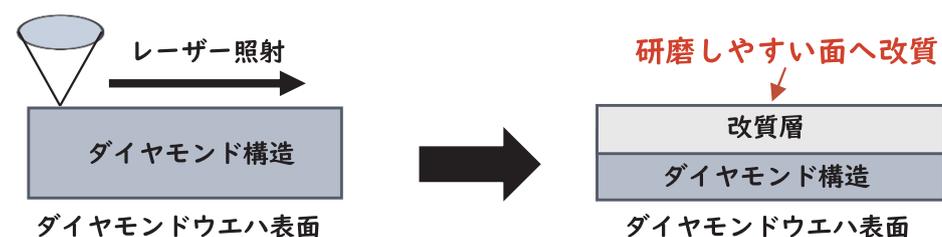
・ 粗研磨工程

→ **表面粗さの低減**



・ 仕上げ研磨工程

→ **最表層の改質**



研究の成果

- ・ ダイヤモンドウエハの研究開発を進める県内企業への、機械加工時間短縮技術の提案
- ・ 難削材料、光学部品、医療機器など、多様な分野における付加価値化、差別化技術の提案