

< 2 > 新規産業開発研究

< 2 - a > 先導的探索 / 実証研究

サブテーマリーダー：光産業創成大学院大学教授 土屋 裕

(代理：光科学技術研究振興財団 コア研究室 研究リーダー 青島紳一郎)

小テーマ： レーザーによる高機能加工～時間空間制御されたレーザーパルスによる加工の研究

研究従事者：光産業創成大学院大学教授 土屋 裕、助手 沖原伸一郎

光科学技術研究振興財団 コア研究室 研究員 伊藤晴康、青島紳一郎、浦上恒幸

(1) 研究の概要、新規性及び目標

研究の概要

「時間空間制御されたレーザーパルスによる加工の研究を実施し、波形制御によって、加工の効率を向上できる可能性があることを明らかにした。また、超高密度フォトン利用実証レーザーシステム」の実例として、「光源を含むコンパクトフェムト秒レーザー加工機」を構築し、化合物半導体上のインジウム電極の加工を実施し、産業応用の可能性があることを明らかにした。以上、時間空間制御されたレーザーパルスによる加工の研究を実施し、新規産業創出のための基盤技術を開発することができた。

研究の独自性・新規性

他に先駆けて実現した小型・高効率・高耐光強度フェムト秒波形整形器を利用するとともに、オリジナルのアイデアである適応型光パルス反応制御 (RECAPS) をフェムト秒レーザー加工に適用する独自の研究を実施した。さらに、プラズマ発光に着目するという独自の発想で、フェムト秒パルス波形のフィードバック制御し、結果として、新規な方法で加工の効率を向上できる可能性を見出した。加えて、蓄積されてきた時間空間制御技術を適用して、「超高密度フォトン利用実証レーザーシステム」の実例として、「光源を含むコンパクトフェムト秒レーザー加工機」を実現し、その有効性を確認した。

研究の目標

本事業で開発してきたレーザーパルスの時間空間制御技術の産業展開を推進するため、時間空間制御されたレーザーパルスによる加工を研究し、新規産業創出のための基盤技術を開発する。

本テーマは、光産業創成大学院大学の土屋 裕教授、沖原伸一郎助手との共同研究で実施する。

(2) 研究の進め方及び進捗状況

本共同研究は、光産業創成大学院大学の新設に伴う人事異動を考慮して、平成17年度のみ実施した。時間空間制御されたレーザーパルスによる加工の研究を実施し、波形制御によって、加工の効率を向上できる可能性があることを明らかにした。

フェムト秒レーザー加工の実用化のため、蓄積されてきた時間空間制御技術を適用して、「超高密度フォトン利用実証レーザーシステム」の実例として、「光源を含むコンパクトフェムト秒レーザー加工機」を実現した。さらに、化合物半導体上のインジウム電極のパターン加工を行い、光源を含むコンパクトフェムト秒レーザー加工機の有用性を確認した。

以上より、本テーマの目標達成度は120%である。

本テーマは、光産業創成大学院大学の土屋 裕教授、沖原伸一郎助手との共同研究で実施した。

(3) 主な成果

フェムト秒パルス波形のフィードバック制御による加工効率向上の検討。

フェムト秒レーザー加工において、加工の効率を向上するには時空間制御されたレーザーパルスを用いることが有望と考えられる。そこで、フェムト秒レーザー加工時に発生するレーザープラズマ発光に着目した。この発光強度が強い時は、レーザーと物質との相互作用が強いことになり、加工効率が向上すると考えられる。高強度フェムト秒パルスを集光して水に照射した時に発生するプラズマ発光強度を増大させるようにフェムト秒パルス波形のフィードバック制御実験を実施した。

実験系を図1に示す。高密度フォトン発生・計測実験装置の再生増幅パルス光を波形整形器で制

御し、この光を水中に集光させ、発生するレーザープラズマ発光の強度信号を波形整形器へのフィードバック制御信号とした。その結果、僅かではあるが発光強度を高めることができた。よって、波形制御によって、加工の効率を向上できる可能性があることが明らかになった。

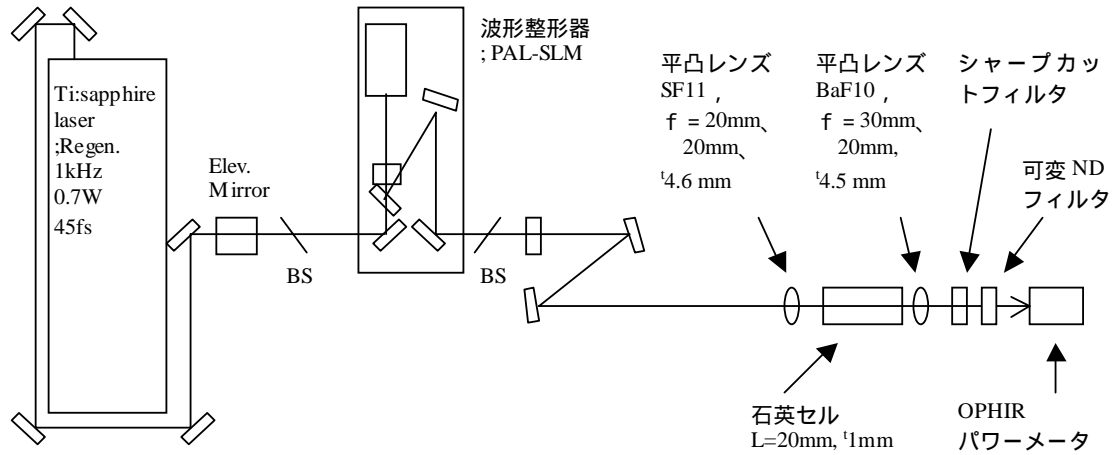


図1 実験系

光源を含むコンパクトフェムト秒レーザー加工機の構築。

フェムト秒レーザー加工の実用化のため、蓄積されてきた時間空間制御技術を適用して、コンパクトな加工機を構築した。図2に構築したコンパクトなフェムト秒レーザー加工機を示す。フェムト秒ファイバーレーザー、導光・集光系、モニター系、パソコン制御（ステージコントローラ）による加工ステージを組み込んだ。光源を含む加工部は、可搬サイズでコンパクト(L×W×H=40×100×60 cm)にできた。

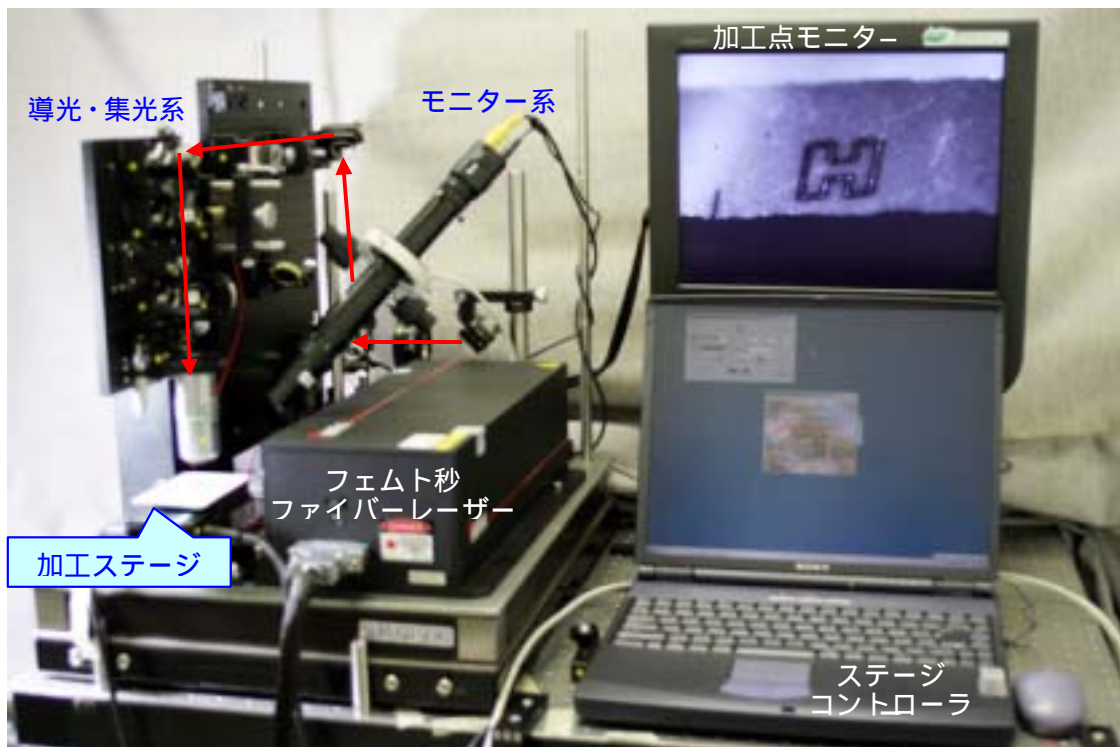


図2 構築したコンパクトなフェムト秒レーザー加工機

フェムト秒ファイバーレーザーからの出力は、繰返し周波数 48 MHz、パルス幅 70 fs、平均強度 60 mW、中心波長 755 nm である。1 パルス当りのエネルギーは数 nJ と小さいが、これまでの基礎実験から薄膜加工等に適用できる、集光強度(約 10^{11} W/cm²)が加工点で得られた。以上より、「超高密度フォトン利用実証レーザーシステム」の実例として、「光源を含むコンパクトフェムト秒レーザー加工機」を実現することができた。

光源を含むコンパクトフェムト秒レーザー加工機の有用性の検証。

構築したフェムト秒レーザー加工機を用いて、化合物半導体上のインジウム電極のパターン加工を行った。この化合物半導体は、本事業で研究を行っている高密度フォトン反応において発生する放射線の検出器素子に適用できる可能性がある。図3に、加工例を示す。図2の加工ステージに試料を設置し、走査速度0.1 mm/secで集光照射した。加工痕の茶色着色部の幅はおよそ30 μmである。



図3 インジウム電極のパターン加工

この加工痕は、拭き取ることができるため、飛散物の堆積によるものであり、実際の加工幅は約3 μmであった。加工後、照射ラインによって囲まれた内と外との間は高抵抗になっており、十分な線引き加工が行えていることが明らかになった。これによって、フェムト秒レーザー光源を含むコンパクトな加工機として、産業適用の可能性を見出した。

本テーマは、光産業創成大学院大学の土屋 裕教授、沖原伸一朗助手との共同研究で実施した。

特許件数：1

(4) 研究成果に関する評価

国内外における水準との対比

他に先駆けて実現した高い技術レベルの小型・高効率・高耐光強度フェムト秒波形整形器を利用して、フェムト秒パルス波形のフィードバック制御し、プラズマ発光強度を増強できた。さらに、蓄積されてきた時間空間制御技術を適用して、「超高密度フォトン利用実証レーザーシステム」の実例として、「光源を含むコンパクトフェムト秒レーザー加工機」を実現し、その有効性を確認した。このように、高い技術レベルの研究を実施し、有用な研究成果が得られた。

実用化に向けた波及効果

「光源を含むコンパクトフェムト秒レーザー加工機」を構築し、加工機としての有用性を示した。薄膜の精密加工等で有効に利用できる可能性がある。また、フェムト秒パルス波形のフィードバック制御によってレーザープラズマ発光強度を増強できるという新規な知見は、実用化に向けて有用な研究成果である。

(5) 残された課題と対応方針について

今後は、光産業創成大学院大学等で研究を継続し、ベンチャー企業の起業も含めた産業展開を図る。