

実施企業名:サイバーレーザー株式会社

研究課題名:ホーリーファイバーを用いた高効率連続波真空紫外光源の開発

1. 研究の概要

65nm ノード以降の次世代半導体 LSI 製造過程においては、LSI パターンの原案であるマスク・レチクルの欠陥検査装置、およびウエハ概観検査装置において、連続波(CW)の真空紫外レーザー光源(波長 200nm 未満)が必須となる。本研究においては、次世代半導体製造技術のキーコンポーネントの一つとして実用化が待望される真空紫外レーザー光源の実現を目的とする。

本研究では、大型・非効率なアルゴンレーザーを、新ファイバーレーザー技術ならびに新非線形光学技術を用いて全固体化し、最終波長 198.5nm を全固体装置として完成する。具体的には、ダイオード(LD)励起ホーリーファイバーレーザーによる 976nm 帯赤外光を、擬似位相整合素子(QPM)による可視(488nm)CW 波長変換、CLBO 結晶を用いた外部共振器による UV(244nm)波長変換、CLBO 結晶を用いた和周波混合(ファイバーレーザー1064nm 光混合)波長変換して 198.5nm 光を得る。開発要素は、ホーリーファイバーを用いた LD 励起 976nm 光源、QPM 素子による可視CW波長変換、CLBO 結晶を用いた外部共振器高性能 UV 波長変換である。

2. 研究目標の達成状況と実用化への展望

目標達成を目指した積極的な開発研究が行われたものの、実用化に向けて解決すべき点が多く見受けられる。

□ 研究目標の達成状況

研究目標	達成状況
本研究では、大型・非効率なアルゴンレーザーを、新ファイバーレーザー技術ならびに新非線形光学技術を用いて全固体化し、最終波長 198.5nm を全固体装置として完成する。具体的には、ダイオード(LD)励起ホーリーファイバーレーザーによる 976nm 帯赤外光の第4高調波 244nm ともうひとつのファイバーレーザー1064 nm を和集波混合して実証する。	実施企業が構造設計したホーリーファイバーを用いてファイバンプを製作し、連続発振単一周波数 976nm 出力パワー2.5W を得た。このビームで反転ドメインの均一性を改善した MgO:PPSLT 非線形光学結晶を 2 パス励起して入射パワー1.8W 時に第 2 高調波 488nm の出力パワー100mW を得た。さらに CLBO 非線形光学結晶を搭載した外部共振器によって第 4 高調波 244nm を発生し、出力パワー8.3mW を得た。最終段の 198.5nm の発生は単一周波数 1064nm ビームとの和周波混合が必要となるが 198.5nm の検知までにはいたっていない。1064nm 光源の故障を修理したのちに開発を継続する予定である。

□ 採択企業における実用化への展望

今後は、マスク検査装置をターゲットとして、顧客となる装置メーカーと十分なディスカッションを行い、残課題の解決等を進めていくとしている。なお、ホーリーファイバーの材料・ファイバ構造由来の諸問題を明らかにしており、3 段階の波長変換方式自体は他波長で高出力動作を検証している。

3. 総合所見

《総合》

目標達成を目指した積極的な開発研究が行われたものの、実用化に向けて解決すべき点が多く見受けられる。本課題は、ファイバーレーザーの開発により、波長 198.5nm レーザーの小型化・低消費電力化を目指すものであった。多くの要素技術において進展はあったものの、目標は達成されず、実現可能性を示唆する段階に留まっている。今後は、目標達成に向けて、様々な可能性を検討するとともに、残された問題点の解決を進めていただきたい。

《詳細》

波長 198.5nm レーザーをファイバーレーザー開発により達成する本研究の目標は実用上の意義が大きいものであった。多くの要素技術において進展はあったものの、初段のホーリーファイバーの出力不足のために、198.5nm のレーザー実現の目標は達成されず、実現可能性を示唆する段階に留まっている。実用化に向けた更なる開発研究が求められる。

知的財産に関しては、事業開始以前に基本特許が出願されているほか、期間中にも 1 件の特許が発生している。今後の開発研究に応じた積極的な特許取得を期待する。

現時点では事業化を検討する段階ではないと考えられるが、研究の成果からはホーリーファイバーの大幅な改造が無くても、ある程度のパワーの波長 198.5nm レーザーが実現できる可能性もあると考えられる。また、初段にホーリーファイバーを使わないという選択肢にも可能性が残されていると考えられる。さらに、国産オプティクスの使用によるパーツレベルの円滑な改良開発が期待できないか等、様々な可能性を検討し、目標達成を目指していただきたい。

波長 198.5nm のレーザーが実現できたとしても、新産業に発展させるためには多くの課題が残されている。1 社単独ではなく他の企業を巻き込んだ展開が望まれる。将来の半導体の微細化に伴って、半導体検査用のレーザーのニーズは今後膨らんでいくと考えられるが、当該分野の技術の進展の速さを考えると、課題への早急な対応が必要と考える。今後の実用化に向けた更なる開発研究とその進展に期待する。