研究課題別事後評価結果

1．　研究課題名：　真空紫外レーザー光発生用非線形光学結晶の開発

2．　研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）：

研究代表者

佐々木　孝友　大阪大学光科学センター　特任教授

主たる共同研究者

古川　保典　株式会社オキサイド　代表取締役社長

3．　研究実施概要

マスク欠陥検査技術の超高分解能化のトレンドの中で、特に、ハーフピッチ 45nm 以下のマスクの検査には、波長 190nm 台の真空紫外領域の短波長光が使われ、それ以下の寸法には波長 170nm 台のレーザーが望まれている。しかしながら、現状のレーザー光源では、非線形光学結晶の寿命や安定性などに課題が多く、次世代マスク検査装置開発のネックとなっていた。本研究では、次世代レーザー光源で要請される非線形光学結晶に関し、以下の 2 つのテーマの開発を行う。

1.　欠陥・組成制御によるホウ酸系完全結晶の創製とレーザー損傷耐性向上
2.　構造制御による真空紫外光発生用非線形光学結晶の開発

テーマ 1 では、CLBO（$CsLiB_6O_{10}$）結晶をモデル結晶として、ホウ酸系非線形光学結晶の欠陥・組成制御を行い、レーザー損傷耐性を有する完全結晶育成技術の創製と、高出力化・長寿命化を目指す。素子結晶中の吸着水の効果とレーザー損傷や素子劣化の関係を明らかにし、紫外光出力 200mW に対し、1 つの素子で 10,000 時間動作を目標とした。テーマ 2 では、CLBO、LBO（LiB_3O_5）、CBO（CsB_3O_5）結晶を中心に混晶化や元素置換などによる新たな非線形光学結晶を開発し、波長 170nm 台の短波長真空紫外光の発生実証を目指す。

4．　事後評価結果

4－1. 研究の達成状況及び得られた研究成果（論文・口頭発表等の外部発表、特許の取得状況等を含む）

次世代フォトマスク欠陥検査装置に用いる CLBO 結晶の高レーザー損傷耐性化・高均質化（波長 199nm、出力 200mW で寿命 10,000 時間以上）という目標を達成し、参画企業によって半導体製造ラインで利用される検査装置に搭載するに至った。また、新たに顕在化した BBO 結晶の高寿命化、劣化の抑制に対する Al 添加の効果などにより、さらにレーザー光源の長寿命化に貢献した。もう一つの目標である波長 170nm 台のレーザー光発振に関しては LBO 結晶による 179nm 光発生を確認したものの微弱な信号であった。それに代わる 170nm 台のレーザー光発振に期待が持てる新しい光学結晶の育成にも成功したことは注目に値する。特許出願に関しては、明確な実用化への道筋にしたがい、有効に行われている。

4－2. 研究成果の科学技術や社会へのインパクト、戦略目標への貢献

本研究チームが発見した CLBO 結晶の固有性能の高さを実証したことの科学的インパクトは大きい。さらに、その固有性能を引き出し、要請される寿命を著しく超えるレベルに引き上げ世界的普及に導いたことで、一世代・二世代先の微細化を可能にした半導体産業界へのインパクトは大きい。出口シナリオを意識した役割分担が明確な研究チーム体制とシームレスなグループ間連携が、狙い通り機能したことは評価できる。

4－3. 総合的評価

本チームの成果は世界的にもここだけの高い独自性を持つものであり、次世代半導体デバイスの発展

に寄与するため、国際的にも極めて高く評価される。ただし、採択時に期待された科学的深耕、特に含有水分及び結晶欠陥に基づく欠陥ダイナミクスの詳細解明は、今後さらに追求すべき課題である。