

Title	Deep-UV generation by CLBO crystal and its utilization for CN and c-BN thin film deposition
Author(s)	Yap, Yoke Khin
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41394
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	YAP YOKE KHIN
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 14650 号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電気工学専攻
学位論文名	Deep-UV generation by CLBO crystal and its utilization for CN and c-BN thin film deposition (CLBO 結晶による深紫外光発生と CN および c-BN 薄膜生成への応用)
論文審査委員	(主査) 教授 佐々木孝友
	(副査) 教授 松浦 虔士 教授 熊谷 貞俊 教授 辻 毅一郎 教授 平尾 孝 教授 山中 龍彦 教授 中塚 正大

論文内容の要旨

本論文は、新しい非線形光学結晶 $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ (CLBO) による高出力深紫外光の高調波発生特性を調べた結果、ならびにこの結晶により得られた紫外光を用いたパルスレーザー堆積 (Pulsed-Laser Deposition: PLD) 法による新機性能材料窒化炭素 (CN)、立方窒化ホウ素 (c-BN) の2つ薄膜作製の研究を行った結果をまとめており、以下の6章より構成されている。

第1章は、非線形光学結晶を用いた深紫外高調波発生の原理及びその背景を述べている。

第2章は、高出力深紫外光発生に対する CLBO 結晶の特性を評価している。タイプ-1 の CLBO 結晶を用いて、Nd:YAG レーザーの高効率第4高調波 (波長: 266nm) と第5高調波 (波長: 213nm) を発生させている。得られた出力は従来の結晶による値と比べて数倍の高い値である。CLBO は室温では波長変換特性が不安定であるが、結晶を130°C以上に加熱することにより安定に使用できることを示している。また、高出力紫外光発生時に、結晶の自己加熱から生じる熱位相不整合を「温度分布補正法」により改善することに成功している。

第3章は、PLD 法の特徴をまとめたものである。

第4章は、PLD 法による CN 薄膜生成の研究結果をまとめたものである。CN 薄膜への窒素混入量を2つの方法で増加させることができることを示している。1つは、深紫外光によって発生した高エネルギーの炭素プルーム、もう1つは高周波プラズマから発生した基板へのイオン衝撃を利用したものである。また、基板温度600°Cにおいて、イオン衝撃によって四面体構造の CN 結合が生成できることに初めて成功している。さらに、室温で作製した CN 薄膜は、アニーリングにより膜中構造が変化することを明らかにしている。

第5章では、c-BN 薄膜の研究結果をまとめている。レーザー波長による BN プルームのイオン密度を調整し、BN プルームのイオン密度およびイオンエネルギーの関係を明らかにしている。窒素プラズマ雰囲気中で成長を行うと、剥離しない c-BN 薄膜が得られることを示している。最後に、c-BN 薄膜の生成を説明するモデルを提案している。

第6章では、研究全体の総括を行い結論としている。

論文審査の結果の要旨

固体レーザーと非線形光学結晶の組み合わせにより得られる全固体紫外光源は、紫外光を発振する従来の気体レーザーに比べて装置の長寿命化、小型化が可能で、取り扱いが容易、維持費が安いといった利点を有している。従来の非線形光学結晶では紫外光発生の際の変換効率が低いという問題点を有しているため、新しい非線形光学結晶 CsLiB₆O₁₀ (CLBO) による深紫外光の高調波発生特性について評価し、従来の結晶より数倍大きい出力を得ている。また、高出力発生時における変換効率低下の問題点およびその改善策についても研究を行っている。さらにこの新結晶によって得られる高出力深紫外光を光源とするパルスレーザー堆積 (Pulsed-Laser Deposition: PLD) 法を用いた窒化炭素 (CN)、立方窒化ホウ素 (c-BN) という2つの高機能薄膜材料作製の研究について得られた知見についてまとめている。

本論文は、上記で述べたCLBO結晶の高調波特性、出力安定改善策、そして次世代新機能性薄膜材料 (CN, c-BN) について述べている。得られた新しい知見を以下に要約する。

- (1) タイプ-1のCLBO結晶を用いて、Nd:YAGレーザーの高効率第4高調波(波長:266nm)と第5高調波(波長:213nm)を高効率に発生させている。得られた出力は従来の結晶による値と比べて数倍の高い値である。
- (2) CLBOは室温では波長変換特性が不安定であるが、結晶を130℃以上に加熱することにより安定させることに成功している。またその理由を考察している。
- (3) 高出力紫外光発生時に、結晶の自己加熱から生じる空間的な熱の不均一性に起因する熱位相不整合は波長変換効率の低下をもたらす。ガス噴きつけ冷却による「温度分布補正法」を用いることにより改善できることを示している。
- (4) CN薄膜は一般に窒素含有率を増加することが困難であり、また四面体構造のCN結合の生成も報告されていない。本研究では深紫外光レーザーおよび高周波プラズマを併用し、基板温度600℃において、四面体構造のCN結合が生成できることに初めて成功している。この結果は現在理論的にのみ存在する新材料C₃N₄を実現する上での重要な指針を与えるものである。
- (5) CN薄膜中のCN結合の熱的安定性を明らかにし、熱的に安定なCN薄膜の生成に成功している。これは工具の保護や電子放出素子への応用に重要である。
- (6) BNプルームのイオン密度およびイオンエネルギーの関係を明らかにしている。また深紫外レーザーを用いて作製したc-BN薄膜の場合、長い波長のレーザーを用いた場合よりイオン加速バイアスの低減および膜質の向上を実現できる。これらは高品質なc-BN薄膜を作製するのに重要な結果である。
- (7) 窒素プラズマ雰囲気中で成長を行うことにより、従来の方法でつくられた薄膜より剥離しないc-BN薄膜が得られている。この結果もc-BN薄膜の実用化のために重要な結果である。
- (8) c-BN薄膜の新しい生成モデルについて提案し、このモデルにより実験結果を説明することに成功している。

以上のように、本論文は新しい深紫外光発生用結晶CLBOの高調波発生特性を調べ、それに対する出力安定化と高出力化を実現するための方法を開発している。また、そのCLBO結晶を用いた深紫外パルスレーザー堆積法によるCNおよびc-BNという新機能性材料創製を行っている。CN薄膜では分子の結合制御、熱的安定性、またc-BN薄膜では高品質化、剥離防止などこれらの材料の実現性を高めるのに必要な知見を得ている。以上の結果は、高出力固体深紫外レーザー、および新材料開発の発展に貢献するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。