

Title	フェムト秒レーザー微細加工による材料表面の透過率制御
Author(s)	田中, 健一郎
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.18910/26206
DOI	10.18910/26206
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

〔 題 名 〕 フェムト秒レーザー微細加工による材料表面の透過率制御

学位申請者 田中 健一郎

現在、世界的な環境問題や資源枯渇問題が大きくなり、特に、省エネルギー化は重要であり、解決すべくキーデバイスの開発が盛んにおこなわれている。近年、各社にて研究開発されているLED光源、有機EL光源、太陽電池などのキーデバイスは積層構造体であり、その表面および界面において、光の透過率が重要な機能指標である。その構成される材料の表面や界面に三次元構造を付与することで、デバイスとしての機能向上を創出している。

光学界面での反射は、全反射とフレネル反射が挙げられる。この二つの反射損失を低減させることが、透過率を向上させることに対して重要となる。全反射損失の低減には、界面での回折光を利用したマイクロサイズの周期構造が有効である。フレネル反射損失の低減には、光の波長以下の周期ピッチとなる微細構造形成で、無反射構造にすることができ。光学材料としては、諸特性の優れているガラスを用いることが多い。しかし、ガラスは脆性材料であり、難加工性であるので、その工法開発が望まれている。

本研究では、フェムト秒レーザーを用いて、無機材料の表面にマイクロからナノサイズの周期構造を形成することで、材料表面における光学特性を制御することを目的とした。

レーザー加工は非接触加工のため、加工品質を常に確認することが困難である。そこで、レーザー加工現象をモニタリングすることで品質を確保する技術確立した。

全反射を抑制するためのマイクロ周期構造を形成する方法として、以下の研究を行った。紫外線のフェムト秒レーザーとしてフェムト秒でパルス発振するエキシマレーザーを用いて、多光束干渉加工により一括で大面積にマイクロサイズの周期構造を形成することを検討した。その結果、レーザー加工部周囲への損傷も無く、LEDチップでの実証確認においては、光の取り出し効率を1.75～2.8倍まで改善できることを示した。

フレネル反射を抑制するためのナノ周期構造を形成する方法として、以下の研究を行った。赤外線フェムト秒レーザーを用いて、銅薄膜が形成されたガラス表面に集光ビームを照射する。レーザーにより銅をアブレーション加工することでガラスの加工閾値以下のエネルギーでガラス表面にナノ周期構造を容易形成することが可能であることを示した。ナノ周期構造の形成メカニズムとして、局在した銅により局在表面プラズモンポラリトンが形成され、ナノ周期構造を形成することを示した。ガラス表面に170nm程度の微細周期構造が形成することで、表面でのフレネル反射を低減でき、無反射構造を得ることが可能となった。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (田 中 健 一 郎)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	藤本 公三
	副 査	教授	廣瀬 明夫
	副 査	教授	片山 聖二
	副 査	准教授	福本 信次

論文審査の結果の要旨

世界的な環境問題や資源枯渇問題が大きくなり、特に、省エネルギー化は重要であり、解決すべくキーデバイスの開発が盛んにおこなわれている。近年、各社にて研究開発されているLED光源、有機EL光源、太陽電池などのキーデバイスは積層構造体であり、その表面および界面において、光の透過率が重要な機能指標である。その構成される材料の表面や界面に三次元構造を付与することで、デバイスとしての機能向上を創出している。

光学界面での反射は、全反射とフレネル反射が挙げられる。この二つの反射損失を低減させることが、透過率を向上させることに対して重要となる。全反射損失の低減には、界面での回折光を利用したマイクロサイズの周期構造が有効であり、フレネル反射損失の低減には、光の波長以下の周期ピッチとなる微細構造形成で、無反射構造にすることができることを示している。光学材料としては、諸特性の優れているガラスを用いることが多い。しかし、ガラスは脆性材料であり、難加工性であるので、その工法開発が望まれている。

本研究では、フェムト秒レーザーを用いて、無機材料の表面にマイクロからナノサイズの周期構造を形成することで、材料表面における光の透過率を向上させることを目的としている。

レーザー加工は非接触加工のため、加工品質を常に確認することが困難である。そこで、レーザー加工現象をモニタリングすることで品質を確保する技術を確立している。

全反射を抑制するためのマイクロ周期構造を形成する方法として、紫外線のフェムト秒レーザーとしてフェムト秒でパルス発振するエキシマレーザーを用いて、多光束干渉加工により一括で大面積にマイクロサイズの周期構造を形成することを検討している。その結果、レーザー加工部周囲への損傷も無く、LEDチップでの実証確認においては、光の取り出し効率を1.75～2.8倍まで改善できることを示している。

フレネル反射を抑制するためのナノ周期構造を形成する方法として、新たなナノ周期構造形成技術を確立している。赤外線フェムト秒レーザーを用いて、銅薄膜が形成されたガラス表面に集光ビームを照射する。ガラスの加工閾値以下のエネルギー出力のレーザーにより銅をアブレーション加工することでガラス表面にナノ周期構造を容易形成することが可能であることを示している。ナノ周期構造の形成メカニズムとして、局在した銅により局在表面プラズモンポラリトンが形成され、ナノ周期構造を形成することを示し、ガラス表面に170nm程度の微細周期構造が形成することで、表面でのフレネル反射を低減でき、無反射構造を得ることができることを示している。

以上のように、本論文は光学デバイスの表面・界面において生じる反射による光学損失を低減する構造を提案し、その構造形成のプロセスとして、フェムト秒レーザーを用いることで、周辺への損傷無く所定の構造を形成して、デバイスでの光の透過率の向上できることを示している。特に、レーザー波長以下のナノ周期構造を形成する方法は、新規なプロセスであり、また、生産性を向上させることも可能となる有効な方法である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。