OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Studies on Design of Multi-level Diffractive Optical Element without Statistical Approach based on Effective Index Method
Author(s)	大西, 岳仁
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48658
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏　　名	大西岳仁（おおにしたけひと）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学位記番号	第　２１９８１　号
学位授与年月日	平成 20 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 工学研究科生命先端工学専攻
学位論文名	Studies on Design of Multi-level Diffractive Optical Element without Statistical Approach based on Effective Index Method **（有効屈折率法に基づいた統計的な手法を用いないマルチレベル回折光学素子の設計に関する研究）**
論文審査委員	（主査） 教　授　伊東　一良 （副査） 教　授　金谷　茂則　　教　授　福住　俊一　　教　授　宮田　幹二 教　授　菊地　和也　　教　授　高井　義造　　教　授　渡部　平司 教　授　兼松　泰男　　准教授　小西　毅

論　文　内　容　の　要　旨

本研究では、サブ波長微小構造の形状とその位相変調量との関係に基づいて、サブ波長構造を用いた回折光学素子の形状を設計する、新しい手法を提案した。サブ波長構造を用いた位相変調素子の形状を設計するために、サブ波長構造のスケールが作製法の空間分解能と比べて一桁しか違わないことに着目し、サブ波長構造の形状の設計を実現するために二つのスケールの関係を利用した。提案する手法を用いることにより、広い面積を持つサブ波長回折光学素子の形状を、最適化手法を用いることなく実用的な時間内で得られることを示した。

１章では、サブ波長構造の有効屈折率と、サブ波長構造を回折光学素子に用いるための基本的な技術について示した。サブ波長構造の有効屈折率が基板上のサブ波長構造の面内形状に依存し、誘電体の厚みを変えることなく位相変調量を調節できることを示した。サブ波長構造のための電磁場解析技術および作製技術の現状から、従来のサブ波長構造の設計法の問題点を示し、その問題を解決するためにコンセプトを提案した。

２章では、回折光学素子の位相分布に対応したサブ波長構造の形状を、最適化手法を用いずに設計するための具体的なプロセスを示した。電磁場解析を用いて実現可能なサブ波長微小構造の位相変調量を計算し、計算結果に基づいて回折光学素子の位相分布に対応したサブ波長微小構造を配置することにより、サブ波長構造を用いた回折光学素子の形状を設計した。提案する手法を用いて、すべての位相変調素子の基本となるブレーズド格子に対応したサブ波長構造の形状を設計した。設計したサブ波長構造の形状から、位相変調量と回折効率を見積もった。提案した手法で設計したサブ波長構造が、一般的な光学素子として利用可能な回折効率を達成できることを示した。提案した手法で設計したサブ波長構造の性能が、統計的な手法に基づいた従来の設計法で設計したものと類似していることを示した。様々な位相勾配を持つ位相変調素子に対して、提案した手法を適用できることを確認した。

３章では、提案した手法で設計したサブ波長構造を、電子ビームリソグラフィを用いて作製した。サブ波長構造を作製するための具体的なリソグラフィプロセスを示した。作製したサブ波長構造の回折効率から、提案した手法で設計したサブ波長構造が回折光学素子として作用していることを確認した。

４章では、一般的な計算機ホログラムの位相分布に提案した手法を適用し、サブ波長構造を用いた計算機ホログラムの形状を設計した。計算機ホログラムの再生像の品質の観点から、提案する手法の汎用性を確認した。提案した手法を用いて設計したサブ波長構造の形状から再生像を計算し、空間分解能、変調伝達関数（MTF)、回折効率を調べた。提案した手法を用いて設計したサブ波長構造が、一般的な光学システムに利用可能であることを示した。

論文審査の結果の要旨

本論文では、サブ波長微小構造の形状とその位相変調量との関係に基づいて回折光学素子の形状を設計する、新しい手法を提案している。論文の要旨は以下のとおりである。

１章では、サブ波長構造の有効屈折率と、サブ波長構造を用いるための基本的な技術について示している。サブ波長構造の有効屈折率は基板上のサブ波長構造の面内形状に依存し、誘電体の厚みを変えることなく位相変調量を調節することができることを示した。サブ波長構造のための電磁場解析技術および作製技術の現状から、従来のサブ波長構造の設計法の問題点を示し、その問題を解決するためのコンセプトを提案している。

２章では、最適化手法を用いずにサブ波長構造を用いた位相変調素子の形状を設計する、新しい手法を提案している。実現可能な電磁場解析を用いてサブ波長微小構造の位相変調量を計算し、それに基づいてサブ波長構造の形状を設計している。提案する手法を用いてすべての回折光学素子の基本構造であるバイナリブレーズド格子の形状を設計することで、提案する手法の有効性を示している。

３章では、提案した手法で設計したサブ波長構造を持つバイナリブレーズド格子を、電子ビームリソグラフィを用いて作製している。サブ波長構造の作製のための具体的なリソグラフィプロセスを示している。作製したサブ波長構造がブレーズド格子として作用したことを確認し、提案した手法のサブ波長構造を用いた回折光学素子の設計への有効性を示している。

４章では、一般的な計算機ホログラムに対して提案した手法を適用し、再生像の品質の観点から提案する手法の汎用性を確認している。提案した手法を用いて設計した計算機ホログラムの再生像から、空間分解能、変調伝達関数（MTF)、回折効率を調べている。提案した手法を用いて設計した回折光学素子が一般的な光学システムに十分利用可能であることを示している。

本論文で提案する手法を用いることで、誘電体の厚みを調節する従来の手法では困難な高いレベル数の位相変調素子を実現できる。サブ波長構造を用いた位相変調素子を用いることにより高品質な再生像を実現できることから、提案する手法を用いることにより産業における生産性の向上することが期待できる。提案した手法は、サブ波長構造を持つ様々な位相変調素子の形状の設計に適用可能であり、従来の手法と比べてはるかに短い計算時間内でサブ波長構造を用いた位相変調素子の形状の設計を実現できる。提案する手法はサブ波長構造の利用を容易にし、光学素子の産業を発展させる可能性がある。以上のように、サブ波長構造を用いた回折光学素子の普及への本手法の大きな寄与が予測されることから、本論文は博士論文として価値あるものと認める。