



回折光学素子の数値解析とその応用

小館香椎子・神谷 武志 監修
丸善出版, 2011年 (ISBN 978-4-621-08471-7)

本書は回折光学素子 (diffractive optical elements, DOE) の基本原理の解説, その設計に必要な各種の理論手法と具体例の紹介, その製作のための微細加工技術, そして数値計算により設計製作されたデバイスの例とそれらの評価結果をまとめている。

回折光学素子は光波長程度以下の微細構造を, ホログラム露光, 電子ビームやレーザービームの直接描画, 光リソグラフィ, 超精密旋盤, レプリカなどの方法によって製作し, それによる回折作用を利用するものである。用途としては, もっとも早くから知られている分光素子をはじめとして, 結像素子, 光通信用の分波・合波素子, 反射防止素子, 全光スイッチ, そしてそれらを複合した光計測, 画像認識, 光情報処理システムなどを挙げることができる。回折光学素子の特徴は, 高機能, 高効率, 量産性, 設計の柔軟性, 小型, などにある。

本書は回折光学素子に関連する話題を広く包含しており, その構成は次のようである。

序章では, 光の伝搬, 干渉, 回折の基本事項と回折光学素子の種類と数値計算法が展望される。

第2章では, 近似理論に基づいた DOE の数値解析として, 回折格子の式を利用する光線追跡法, フレネル・キルヒホッフの回折積分または平面波展開を使う波動光学的なスカラー法を, それぞれの応用具体例を挙げながら説明している。

第3章では, 電磁波光学に基づいた DOE の数値解析として周期構造における微分方程式から出発するモード法を述べる。そこでは薄い格子に適用されるラマン・ナス法, 厚い格子に対するコゲルニック法, 各薄層で発生する回折成分がその後の層でさらに回折される多重回折をすべて

考慮する厳密結合波解析法 (RCWA), 時間領域差分法 (FDTD), ビーム伝搬法 (BPM) を紹介している。FDTD 法の応用としてフォトニック結晶の示す負の屈折率を利用する平面集光素子の解析例が示される。BPM は光波回路 (方向性結合器, Y 分岐合波器, 曲がり導波路およびテーパなど) の解析設計に有用である。実例としてアレイ導波路格子 (AWG) の特性解析が述べられている。

第4章では, DOE の作製と応用が述べられる。代表的な作製法であるホログラム露光法, 電子ビーム直接描画法, レーザービーム直接描画法, 光リソグラフィ法, 精密旋盤法, レプリカ複製法について, それぞれの方法の工程手順と実際的な特徴が説明される。DOE の応用の項では, 光計測に対する天体観測用高分散体積位相型ホログラフィックグリズムと AWG 格子小型分光センサーの設計と製作が紹介され, 情報通信分野においては高速大容量光ネットワークを目指した AWG を用いた光波シンセサイザー, 波長帯域分離デバイス, 全光スイッチングモジュールの設計と性能が述べられる。そして画像処理分野に対しては多チャネル光相関演算システム, ダンマン格子色分離システム, 反射防止バイナリ格子, MEMS (micro-electro-mechanical system) 駆動の可変回折格子, 液晶アクティブ回折光学素子を取り上げられている。

本書はそれぞれの分野で活躍する 13 名の著者によって分担執筆されている。記述には最新の具体的成果がふんだんに盛り込まれており, 参考文献も豊富である。このような理由から, 本書は回折光学素子に関する設計解析法, 応用分野, そして製造技術に関する最先端の知識を得るのに最適である。

(理化学研究所名誉研究員 山口一郎)