卒業研究紹介：光情報機器研究室　小野研究室（電子光情報工学科）

１．研究分野と内容

当研究室では、レーザ光を光情報機器に応用するために必要な機能性の光学素子、およびそれらを応用した光学系に関する研究を行っている。例えば、スーパーマーケットのバーコード読み取り装置（POS システム）や、CD-ROM 装置の光ピックアップのキーコンポーネントである回折光学素子は、小職が本学着任以前に、企業の研究所で研究開発して実用化したものの一例である。

現在の研究の中心は、周期構造を持った光学素子の機能性および素子形成法の研究、周期構造を利用した光学系の研究であるが、光の波長よりも稠密な周期構造を持った光学素子や、その次元を拡張したフォトニック結晶の形成に注力している。しかし、その目指すところは光情報機器への応用にある。また、干渉・回折を基礎とするこれらと技術を同じくする、電子ホログラフィーを中心とする３次元ディスプレイの研究も行っている。

２．卒業研究テーマ

(1) 周期構造の光学

① **フォトニック結晶**：波長オーダーの周期を持つ屈折率の周期構造は、電子が結晶中でポテンシャルの周期性を感じるのと同じように、光波が屈折率の周期性を感じて、光の伝搬が遮断されるフォトニックバンドギャップや、極めて大きい異方性や負の分散性を示す。このような特性を光学素子として応用することを目指している。２光束干渉縞の３重露光により、任意の格子定数を持つ 14 種全ての結晶構造を形成できる方法を見いだし、理論解明した。

(a) 実験的形成のために多光束干渉計を３台立ち上げ（Ar レーザー（青、緑)、He-Cd レーザー（紫外)、He-Cd レーザ（青))、結晶が形成できている（図 1)。さらに 355nm の YVO4 パルスレーザーを導入し立ち上げ中である。

(b) Ｘ線の多重露光による形成方法を検討し、fCC（面心立方格子）だけでなく bcc（体心立方格子）も形成可能なことを見いだし、ＳＲセンターで実験中である。

(c) 従来不可能と言われて来た干渉露光法で形成したフォトニック結晶中への欠陥導波路の形成について新手法が見つかり、予備実験で導波路形成のフィジビリティを確認した。

(d) 全方向にバンドギャップが開くダイヤモンド構造を、干渉露光法で形成できることを理論解明した。位相制御に PZT 素子を導入し、現在実証を進めている。

これらの形成方法および、フォトニック結晶固有の現象（負の屈折、異常に大きい複屈折、ストップバンド等）を解析し光学素子として応用する研究が中心である。

② **SWS(subwavelength structure)**：回折光学素子やフォトニック結晶よりさらに稠密な周期構造である。構造複屈折等固有の現象があり、これを光学素子に応用する。最近は光ディスク用の広帯域（CD、DVD、DVD-ブルーの３波長）1/4 波長板への応用や、環境・エネルギーの観点から輻射の制御素子が注目されている。反射防止膜、偏光素子、表面微細周期構造による輻射の制御素子等としての素子設計、ホログラフィック干渉、リソグラフィー手法（SR 露光）での作製を行う。SWS の等価屈折率法の手法をフォトニック結晶に適用し、フォトニック結晶の光学特性を簡便に解析する方法を開発した。この手法をさらに展開中である。また、モルフォ蝶に代表される自然界の構造色についても同じ手法で解析している。

③ **回折光学素子**：屈折や反射の他に、回折現象を用いても光学素子を実現できる。回折光学素子はリソグラフィー手法で形成するので、複数の光学機能を一つの素子に複合することができる特長を持っている。特定の入射波面を特定の出射波面に変換する波面変換機能が基本で、これを光情報機器に応用する。計算機による設計、フォトマスクの作製、リソグラフィーによる素子製作、回折効率向上のための素子構造の研究が中心になる。回折光学素子は光ディスク装置で広く応用されている。

(2) ３次元ディスプレイ

ＤＭＤ（約 80 万個の稼働微小鏡からなる）を空間光変調器として用いた電子ホログラフィ

ー（装置は図２）のカラー化、CCD を干渉縞入力素子として用いたディジタルホログラフィー、フォトニック結晶の形成の研究で開発した感光材料を記録材料とした体積位相ホログラムの研究などを進めている。ホログラフィー、立体／３次元ディスプレイ、バックライト用回折型導光板、液晶用偏光素子等のディスプレイ用光学素子・光学系もテーマとしてある。図３は試作したパララックスバリア法による７視点立体表示装置の表示画像である。

(3) レーザビーム光学系

① **超解像光学系**：ハイゼンベルグの不確定性原理をレンズに適用すると、レンズの開口数と波長で決まる光学系の解像限界が厳然と存在する。その限界を超えるいくつかの試みがある。本研究では、解像しようとする対象の空間周波数に近い空間周波数を持つ格子を系に入れることで、対象の空間周波数を、格子の空間周波数との差の空間周波数に変換して解像しようとするものである。一種のモワレ手法あるいは、ヘテロダイン検出と言える。シミュレーションでは超解像を確認したので、今後は実験的な確認を行う。また、レンズの瞳関数を操作するアポダイゼーション法も研究中である。光ディスク等への応用が考えられる。

② **光ディスク読み出しの計算機シミュレーション**
光ピックアップ対物レンズおよび光ディスクピットでの光の回折を計算することで、光ディスクおよび光ピックアップの種々の光学特性を評価できる。シミュレーターを構築し、最適なあるいは収差等の問題補正のための光学系を探る。

３．研究室の現状

小野研究室は、小職が 99 年 4 月にＮＥＣ研究開発グループ（中央研究所）から本学に着任して出来た研究室である。”Self help”（自助努力）を研究室運営の基本としている。研究室を自分たちで作り上げて研究して行こうという気概にあふれた卒研生を歓迎する。応用光学に関する、その他のテーマの持ち込み、発掘、提案も歓迎する。３次元ディスプレイは、卒研生が是非やりたいと言うことで着手したテーマである。

問い合わせ先：
個研室:WW２階２２３７号室(TEL:８１２２)、
http://www.ritsumei.ac.jp/se/re/onolab/
研究室：エクセル１、２階（コアステーション側)、光情報機器研究室（TEL:８５９１）

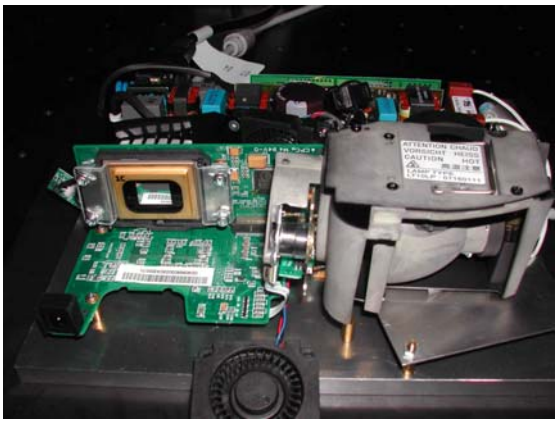

図２　ＤＭＤ素子を用いて試作した電子ホログラフィー装置

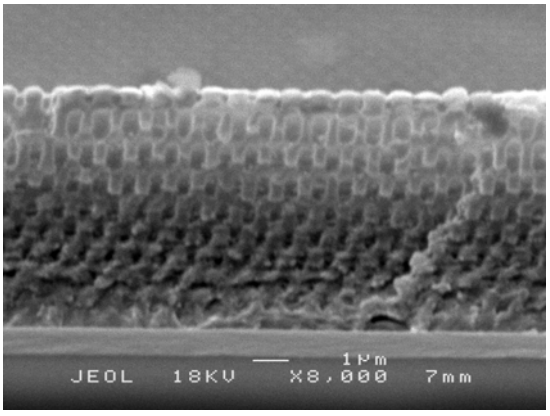

図１　２光束干渉の３回露光でフォトレジストに形成した菱面体格子の断面電子顕微鏡写真

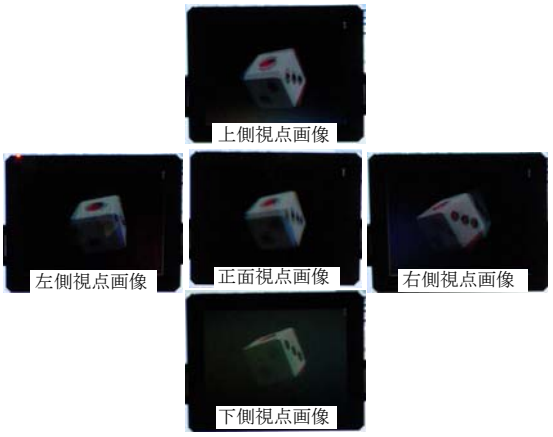

図３　パララックスバリア法による立体表示