

第10回光学シンポジウム

深紫外光を用いた高効率回折格子型

微小光学素子の作成

小館香椎子*・岡田佳子*・神谷武志**

*日本女子大学物理学教室

〒112 東京都文京区目白台 2-8-1

**東京大学工学部電子工学科

〒113 東京都文京区本郷 7-3-1

光エレクトロニクスのめざましい発展とともに半導体レーザーに見合った大きさ、重さをもつコンパクトな光学素子への要求が高まり高性能、高機能性と量産性、高信頼性の両立が強く求められている。回折格子型光学素子は波動性に基づく回折現象を利用しているため高い選択性を有しデバイスとして各種のものが検討されている。われわれはこれら回折格子型微小光学素子の作成法として、波長 200~300 nm の短波長光源と高解像力レジスト材を使用した深紫外光転写が有望と考え基礎的検討を加えてきた¹⁻³⁾。本報告では実用化に必要な回折効率の向上に関する理論的検討と試作フレネルゾーンプレートの結像特性について述べる。

さきに深紫外光転写を用いて薄いガラス基板上に作成したフォトリソグラフィ格子はラマンナス回折とブラッグ回折の中間領域に相当する深い溝をもち垂直入射条件で1次回折効率 40% が達成された。±1 次回折光のみが現われる条件下では顕著な入射角依存性とブラック角近傍で 70% ときわめて高い効率を得⁴⁾、この実験結果は Floquet-Bloch 展開理論を拡張した数値解析により定量的に説明された⁵⁾。この手法を用い平面構造をもつ結合素子のフレネルゾーンプレートの試作実験を行なった。その結果いままでに NA 値 0.45~0.5 のリニアと楕円形状の素子を作成し良好な結像特性(スポット径 1.0 μm)と非点収差特性を得ている⁵⁾。図1に描画面積の拡大をはかり(直径 0.4~2.8 mm) フォトリソグラフィ法で作成したマスクを用いて転写した試作円形ゾーンプレートの SEM による断面形状写真を示す。中心から端まで深さ 1.1 μm の均一な溝が形成されている。CSP 型半導体レーザー(λ=838 nm)の出射光を光源からの距離 25 mm でゾーンプレートに垂直入射したときの結像スポット径はファイバへの結合に十分な 1.7~4.8 mm の微小な値を得た。また光源から焦点距離の位置にゾーンプレートを置き光軸上 20, 30, 40 cm に置いた赤外ビジコンカメラで直接観測した光強度分布、スポット径、および形状は広い範囲でほぼ一定で良好な平行光といえる(図2)。フレネルゾーンプレートの効率向上により従来

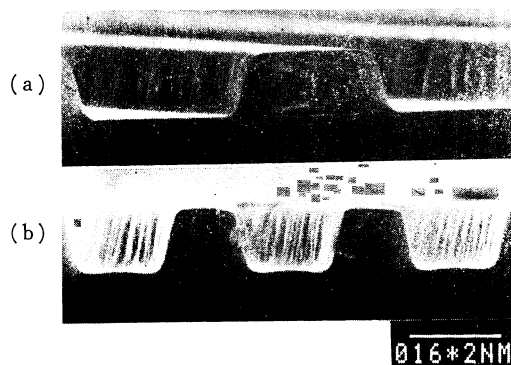


図1 試作円形フレネルゾーンプレートの SEM 観察による断面形状 (a) 中央部分, (b) 端の部分

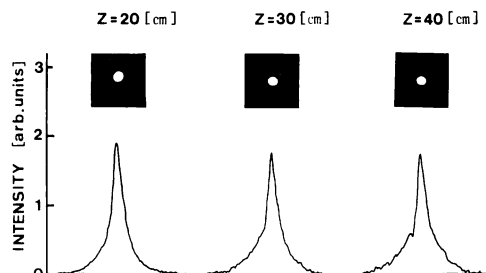


図2 試作フレネルゾーンプレートによる半導体レーザー光の光強度分布とビーム形状 z: 光源からの距離

のレンズにかわる有効なコリメート素子になると考えられる。

試作フレネルゾーンプレートの結像点に 50 μm のピンホールを置き He-Ne レーザー(λ=0.633 nm)の垂直入射に対する効率測定を行なった。その結果は 32~44% で、理論限界に近い素子を再現性よく作成することができた。入射ビーム径を 100 μm に絞り試作素子の面内効率分布を測定したところ垂直入射で中心から 1 mm のところで ±1 次効率 84% を得、-25° 入射に対して広い範囲に渡り 50% を越え 60% まで高効率化できることが確かめられた。今後広い範囲に渡り高効率化できる最適な溝の深さの検討を進めゾーンプレートの部分的使用を行なえば周期格子と同様に高効率化の可能性がある。

深紫外光転写は深い溝のレリーフ格子の作成に適し、回折格子型微小光学素子の高効率化実現に有効な方法であることを実験と数値解析により示した。

文 献

- 1) M. G. Moharam, *et al.*: Appl. Opt., 23 (1984) 3214.
- 2) K. Kodate, *et al.*: ICO-13' Sapporo, C6-7 (1984).
- 3) R. C. Enger *et al.*: J. Opt. Soc. Am., 73 (1983) 1113.
- 4) K. Kodate, *et al.*: Opt. Quant. Electron., 14 (1982) 85.
- 5) K. Kodate, *et al.*: Appl. Opt., 23 (1984) 504.