

課題番号 : F-19-UT-0129
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 軟 X 線分光用不等間隔回折格子の作製と評価
Program Title (English) : Fabrication and evaluation of varied-line-spacing grating for soft X-ray optics.
利用者名(日本語) : 東駿吾、木村隆志、三村秀和
Username (English) : Shungo AZUMA, Takashi KIMURA, Hidekazu MIMURA
所属名(日本語) : 東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻
Affiliation (English) : Department of Precision Engineering, Graduate School of Engineering,
The University of Tokyo.
キーワード/Keyword : 膜加工・エッチング、形状・形態観察、電鍍法、X 線光学、回折格子

1. 概要(Summary)

真空紫外～軟 X 線領域の分光には、回折効率・エネルギー分解能の観点から、回折格子が広く利用されている。本研究では、精密電鍍法とフォトリソグラフィ法を組み合わせ、新たな軟 X 線用回折格子作製技術の開発に取り組んだ。



Fig. 1 Varied-line-spacing grating on the glass mandrel.

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

汎用平行平板 RIE 装置、電子顕微鏡、
高精細電子顕微鏡

【実験方法】

軟 X 線用回折格子の作製には、東京大学三村研究室で開発した、電鍍による精密形状転写法¹を応用した。鋳型として転写元となるロッドレンズ上に、波長 30 nm 前後の軟 X 線を分光可能なように設計された不等間隔回折格子パターンをマスクレス露光により描画し、反応性イオンエッチング装置(SAMCO RIE-10NR)を用いた CHF_3 プラズマドライエッチング(ガス流量:10 sccm、圧力:2 Pa、投入電力:175 W、エッチング時間:10 min.)による溝加工を行った。回折効率を見積もる上で重要な、溝間隔・深さおよび表面粗さを評価するために、ナノテクノロジープラットフォーム所有の走査型電子顕微鏡(Hitachi S-4700, Regulus 8230)および原子間力顕微鏡を利用し、ロッドレンズ上不等間隔回折格子パターンを観察した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

転写前の回折格子エッチング済みロッドレンズを Fig. 1 に示す。周囲の環境光が分光され、回折格子パターン部に虹色の回折色が観察されていることが確認できる。

本ロッドレンズを鋳型として、精密電鍍法により円筒形状軟 X 線ミラー内面への回折格子転写を行った。回折格子の転写プロセスには、樹脂材料使用したレプリカ法が一般に広く用いられているが、当該研究室で開発を行っている精密電鍍法による形状転写では、回折格子の微細パターンだけでなく、軟 X 線での分光特性に大きな影響を及ぼすミラーの長周期形状に関しても、平均自乗誤差で 30 nm 以下という高い形状転写精度を実現している。

本課題において作製した軟 X 線用回折格子を使用し、東京大学浅野キャンパス高次高調波施設での分光実験も実施しており、設計波長の軟 X 線をほぼ想定通り分光可能であることを確認した。今後、開発した回折格子作製プロセスの導入により、軟 X 線分光実験の大幅な精度向上が可能になるものと見込んでいる。

4. その他・特記事項(Others)

【参考文献】

1. Kume, T. *et al.* Development of electroforming process for soft x-ray ellipsoidal mirror. *Rev. Sci. Instrum.* **90**, (2019).

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

1. 東駿吾他、2020 年度精密工学会春季大会講演予定

6. 関連特許(Patent)

なし。