

課題番号 : F-14-UT-0020
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : ボース・アインシュタイン凝縮体の高分解能非破壊イメージングのための位相板の開発
Program Title (English) : Development of a phase plate for high-resolution, non-destructive imaging of a Bose-Einstein Condensate
利用者名(日本語) : 岡田彪利, 井上慎
Username (English) : A. Okada, S. Inouye
所属名(日本語) : 東京大学大学院工学系研究科
Affiliation (English) : Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

1. 概要(Summary)

超流動体の相転移やダイナミクスの研究は、低温物性から宇宙創生にまで直接に関係する壮大なテーマである。その実験的手法による解明には従来、液体ヘリウムが主に使われてきたが、近年進展の著しいアルカリ原子気体のボース・アインシュタイン凝縮体(Bose-Einstein Condensate, "BEC")を用いた実験も重要な貢献をしている。特にフェッシュバハ共鳴を用いた原子間相互作用の制御と、位相コントラストイメージングを用いた非破壊測定を組み合わせると、制御・観測の両面で理想的な実験を行うことが可能である。位相コントラストイメージングではイメージングに用いる入射光の位相を散乱光に対して90度シフトさせる必要がある。そこで、散乱に寄与しなかった入射光がレンズで集光される位置に、ガラス基板の中央だけ円筒状に凹ませる(凸にする)加工を施した「位相板」を置いておくと、入射光の位相だけ90度進める(遅らせる)ことができ、干渉効果を用いた位相のイメージングが可能になる。本研究ではカリウムのボース凝縮体のダイナミクスを明らかにするための、位相板の作成を目標とした。

2. 実験(Experimental)

・利用した主な装置

高速大面積電子線描画装置、ドライエッチング装置、ダイシングソー、触針式プロファイラー

・実験方法

厚み 0.09 インチの石英基板(フォトマスク・ブランク)の加工を依頼した。具体的には、まず電子線描画装置を用いてフォトマスクに直径 140 μm の円形のパターンを描画、現像する。次にダイシングソーで 2.5 インチ四方に切り出した後、ICP-RIE でドライエッチを行う。不要になった

レジストを除去した後に、触針式プロファイラーで深さを確認する。深さはカリウム原子の共鳴波長における基板の屈折率から 423 nm と決定し、深さに要求される誤差は 5% 程度とした。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

8 枚のうち、4 枚を凹型、4 枚を凸型での作成を依頼した。触針式プロファイラーでの深さの測定結果は 396~433 nm であり、位相板として十分使用可能な範囲であった。

原子気体のイメージングには非常にコヒーレンスの高いレーザーを用いるため、わずかな基板のゆがみもイメージに大きな影響を及ぼす。作成した位相板が位相コントラストイメージングに実際に使えることを確かめるため、実際に光学系を組み位相コントラストの測定を行った。測定対象としては、原子気体を用いる代わりに、すでに位相シフト量がよく分かっている位相板自体を用いた。測定の結果、誤差約 5%以内で理論から期待されるコントラストを得ることに成功した。この位相板を用いれば、相互作用が変化する、カリウム原子のボース凝縮体の密度分布を非破壊に定量的に観測することが可能になると考えられる。

4. その他・特記事項(Others)

なし。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許(Patent)

なし。