



Abb. Foto eines 25,4 mm Durchmesser messenden Fresnel-Reflektors in einer Edelstahlhalterung.

Vorteile

- Freier radialer optischer Zugang
- Günstige Fertigung im Vergleich zu Alternativen
- Komplett achromatischer Strahlengang

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: Technologietransfer@ptb.de

Dr. Christian Lisdat et al.
4.32 Optische Gitteruhren



Physikalisch-Technische
Bundesanstalt
Bundesallee 100
D-38116 Braunschweig

www.technologietransfer.ptb.de

Magneto-optische Fresnel-Atomfalle

Das Ziel der magneto-optischen Falle (MOT) ist das zuverlässige Einfangen und Kühlen von Atomen mit Laserlicht, wobei ein einfallender Fallenstrahl zur achromatischen Erzeugung aller Fallenstrahlen führt. Jede atomare Spezies benötigt eine spezielle Laserwellenlänge, manche sogar mehrere. Kompakte Geometrien erzeugen alle benötigten Laserstrahlen aus einem einzigen einfallenden Strahl mittels diffraktiver oder reflektiver Elemente. Das neue Konzept der PTB kombiniert die Vorteile dieser Ansätze zu einer achromatischen, quasi-planaren Atomfalle.

Die magneto-optische Falle ist eine sehr wichtige Komponente für Experimente mit kalten Atomen und somit ein quantentechnologisches Standardwerkzeug. Dabei werden Einfangen und Kühlen der Atome mittels Lichtstrahlen aus verschiedenen Richtungen, die im Zentrum eines Quadrupol-Magnetfeldes überlagert werden, realisiert. Die herkömmlichste Methode ist die Freistrahl-MOT mit drei in sich selbst zurück reflektierten Strahlen. Bisherige Ansätze zur Miniaturisierung basieren auf diffraktiven, d.h. wellenlängenabhängigen Elementen wie optischen Gittern, die alle benötigten Strahlen aus einem einfallenden Laserstrahl erzeugen. Anstelle der quasi-planaren Gitter mit gutem optischem Zugang in radialer Richtung können auch geneigte Spiegel verwendet werden, die zwar achromatisch sind, aber den optischen Zugang verschlechtern.

Das neue PTB-Design basiert auf einer Anpassung des letzten Ansatzes. Durch eine periodische Rückfaltung der Spiegel auf eine Ebene, analog zu dem Prinzip der Fresnel-Linse, wird eine nahezu planare Struktur erzeugt. Dadurch wird eine Beobachtung des Fallenvolumens von allen Seiten ermöglicht. Die Oberfläche besitzt eine sägezahnartige Struktur im mm-Bereich. Die Falle kann über die Anzahl der Segmente für zwei- und dreidimensionales Fangen ausgelegt werden. Die Falle kann sogar für eine einfache Justage außerhalb einer Vakuumkammer positioniert werden.

Der Strahlengang ist durch den reflektiven Charakter der Oberfläche komplett achromatisch, wodurch das Kühlen und Fangen von Atomspezies mit mehreren Kühlübergängen, sowie von unterschiedlichen Spezies am selben Ort ermöglicht wird.

Wirtschaftliche Bedeutung

Das Design ist für die Entwicklung von Fallenkonzepten geeignet und ist ein Ansatz, der in der Quantensensorik mit kalten Atomen, Quantenmetrologie und -bildgebung Einsatz finden kann. Diese neuartige Atomfalle bietet eine Grundlage für kompakte, transportable und benutzerfreundliche Quantensensoren mit kalten Atomen.

Entwicklungsstand

Ein deutsches Patent ist unter der Nr. DE 10 2020 102 222 B4 vorhanden. Lizenzen für die Nutzung sind verfügbar. Der Betrieb einer magneto-optischen Falle wurde an einem Prototyp demonstriert.