

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwei neuartige optische Oberflächenmikrofallen entwickelt und die damit verbundenen physikalischen Fragestellungen untersucht. Bei diesen Fallentypen werden die starken optischen Dipolkräfte evaneszenter Lichtfelder und eines stark fokussierten Laserstrahls benutzt, um neutrale Atome in einem kleinen Volumen nah einer materiellen Oberfläche einzuschließen. Die resultierenden Einschlussbedingungen ermöglichen effizientes evaporatives Kühlen oder die Erzeugung eines zweidimensionalen Atomgases.

Die erste Mikrofalle, die “focussed beam surface trap”, erzeugt einen starken Einschluss der Atome durch die Kombination einer repulsiven evaneszenten Lichtwelle, eines stark fokussierten Laserstrahls und der Gravitation. Der fokussierte Strahl ist senkrecht bezüglich der horizontalen dielektrischen Oberfläche orientiert und erzeugt durch seine anziehende Dipolkraft das horizontale Potenzial der Falle. Das Zusammenwirken der Erdanziehung und der abstoßenden evaneszenten Welle sorgt für den vertikalen Einschluss der Atome. Das konservative Mikropotenzial wird aus einem dichten Reservoir kalter Atome nah der Oberfläche über elastische Stöße geladen. Die Kombination aus großem Reservoir und kleinem Dimplepotenzial führt zu einer maximalen lokalen Überhöhung von Dichte und Phasenraumdicke um den Faktor 300 und erzeugt elastische Stoßraten von 2 kHz. Mit anschließender evaporativer Kühlung wird die Phasenraumdicke des unpolarisierten Ensembles weiter erhöht. Bei einer Temperatur von 400 nK beträgt die Phasenraumdicke schließlich 1.6×10^{-2} . Die hohe Effizienz der Evaporation deutet das Potenzial dieser Methode zum Erreichen der Bose-Einstein Kondensation an.

In einem zweiten Mikrofallenschema, der “double evanescent wave trap”, werden zwei evaneszente Lichtwellen, eine repulsiv und kurzreichweitig die andere attraktiv und langreichweitig, überlagert um ein dreidimensional einschließendes Mikropotenzial nah der Oberfläche ($\approx 1 \mu\text{m}$) zu erzeugen. Bis zu 1.5×10^5 Atome können aus der focussed beam surface trap transferiert und anschließend durch Absenken des Dipolpotenzials evaporativ auf etwa 100 nK gekühlt werden. Bei diesen Bedingungen ist externe Bewegung der Atome im vertikal stark einschließenden Potential der Falle inhärent quantenmechanisch. Die Bevölkerung des Grundzustands der vertikalen Bewegung beträgt 63 % während die Phasenraumdicke bei etwa 0.1 liegt. Der Übergangsbereich in das zweidimensionale Regime ist damit erreicht.