

PROGETTAZIONE E SIMULAZIONE DI UN OBIETTIVO OTTICO PER L'OSSERVAZIONE DI ATOMI DI LITIO E IONI DI BARIO

Amelia Detti

Relatore: Carlo Sias

E-mail: sias@lens.unifi.it

Correlatore: Leonardo Fallani

E-mail: fallani@lens.unifi.it

Un oggetto di ricerca attuale è costituito dai sistemi ibridi atomi-ioni. Un sistema ibrido quantistico si realizza componendo due diversi sistemi quantistici e permettendo la loro interazione reciproca. Nel caso di un sistema ibrido atomi-ioni, uno dei due sistemi che compongono quello globale è un gas quantistico degenere, mentre l'altro è costituito da ioni intrappolati. Sfruttando la carica elettrica degli ioni, essi possono essere intrappolati usando potenziali elettrici. Tuttavia il *teorema di Earnshaw* impedisce che si possano creare potenziali elettrostatici intrappolanti in tutte e tra le direzioni spaziali. Attualmente gli ioni sono generalmente intrappolati usando *trappole di Paul*, che si basano sul principio di creare un potenziale efficace armonico invertendo, tramite una radiofrequenza (RF), una direzione intrappolante con una direzione anti-intrappolante di un potenziale di quadrupolo elettrico. Nella trappola di Paul il moto degli ioni può essere descritto scomponendolo in due componenti. La prima è quella del moto secolare che è dovuta all'interazione dello ione con il potenziale efficace. La seconda è quella del micromoto, dovuta alla variazione locale del campo elettrico avvertita dallo ione. L'accoppiamento del micromoto con il moto secolare dello ione, dovuta alle collisioni atomo-ione, inibisce il cooling simpatico degli ioni per mezzo del gas degenere. A causa di questo gli ioni non raggiungono il regime ultrafreddo, lo scattering fra atomi e ioni non può essere trattato in approssimazione di onda s, e non si possono osservare le Risonanze di Feshbach che sono previste dalla teoria a temperature ultrafredde. La possibilità di raggiungere il regime ultrafreddo è fondamentale per poter beneficiare delle proprietà di coerenza del sistema ibrido e per poterlo utilizzare, ad esempio, per implementare un hardware quantistico. Per risolvere questo problema il progetto di ricerca in cui si inserisce il mio lavoro di tesi prevede la costruzione di un nuovo tipo di trappola elettro-ottica. Un potenziale elettrostatico di quadrupolo viene usato per confinare gli ioni in due direzioni spaziali indipendenti, così come permesso dal teorema di Earnshaw, ed un reticolo ottico a frequenza blue-detuned è usato per intrappolarli nella terza direzione. Il reticolo è costruito ad una frequenza tale da permettere di confinare non solo gli ioni ma anche gli atomi neutri.

Questo lavoro di tesi consiste nel progettare un obiettivo ottico ad alta apertura numerica che sia in grado di focalizzare su una fotocamera digitale la luce, emessa per fluorescenza, da ioni di Bario e atomi di Litio, usati in questo esperimento per realizzare il sistema ibrido atomo-ione. L'obiettivo deve essere inserito all'interno della camera da vuoto in cui sarà posizionata la trappola e pertanto dovrà essere compatibile per l'ultra-alto vuoto (UHV). Esso dovrà lavorare ad una distanza dell'ordine di una decina di mm dal centro della trappola, raccogliere la luce emessa per fluorescenza dal sistema ibrido e collimarla. La luce collimata passerà attraverso la finestra da vuoto, e verrà infine rifocalizzata sul CCD della fotocamera digitale facendo uso di un sistema ottico esterno. Il processo di design è stato svolto usando un software di ray tracing dotato di interfaccia grafica, chiamato OSLO, che permette la simulazione dei sistemi ottici. Il software OSLO permette di implementare le librerie di comandi con i quali è possibile modificare ed interagire con il sistema ottico simulato, ad esempio calcolandone le proprietà ottiche. Durante il mio lavoro di tesi ho pertanto sviluppato una libreria che permettesse l'ottimizzazione di un sistema ottico modificando i parametri del sistema stesso (raggi di curvatura, distanza fra le lenti e spessore delle lenti). Il risultato dell'ottimizzazione dipende sia dalle condizioni iniziali per i parametri da ottimizzare, sia dalle boundary condition che vengono mantenute costanti (apertura numerica, indici di rifrazione dei vari materiali, numero di lenti, etc.). Varie configurazioni iniziali sono state provate ed usate come base per l'ottimizzazione numerica, eseguita attraverso quattro diversi algoritmi che sono stati implementati e testati. Come risultato finale è stato ottenuto un obiettivo formato da 6 lenti in vari materiali, in grado di focalizzare sia gli atomi neutri che gli ioni con una risoluzione che permette di realizzare *single-site imaging* degli atomi di Litio caricati in un reticolo ottico, e di risolvere gli ioni in modo tale da poter sfruttare la misura della loro delocalizzazione per fare termometria. Il sistema risulta inoltre pressoché diffracted-limited per entrambe le lunghezze d'onda di lavoro, mentre il piano focale del Litio dista da quello degli ioni $\sim 200 \mu\text{m}$, una distanza sufficientemente piccola da permettere di risolvere adeguatamente gli ioni anche quando l'obiettivo è posizionato per acquisire l'immagine degli atomi neutri. Usando il software OSLO sono state simulate immagini di atomi nel reticolo ottico e di ioni in una loro tipica configurazione geometrica all'interno della trappola per verificare che la qualità dell'immagine fosse accettabile ai fini dell'esperimento. Ho infine sviluppato un comando per OSLO per simulare l'errore statistico sui parametri del sistema ottico reale rispetto alle condizioni ideali, per eseguire un test sulle tolleranze ed accertarmi che anche l'obiettivo reale abbia buone performance ottiche e permetta un appropriato imaging del sistema ibrido.

Questionario di valutazione del percorso formativo per laureandi

**Leggi con attenzione tutte le seguenti istruzioni.
Rispondi alle domande con molta attenzione premendo il tasto "Prova adesso a rispondere al quiz".**

Quando hai finito di rispondere a tutte le domande

1. **premi il pulsante in fondo alla pagina "Invia tutto e termina"**
2. **stampa la schermata successiva come attestato di compilazione del questionario e trasmettila al Presidente del tuo Corso di Studi via posta elettronica.**

Quiz disponibile: mercoledì, 27 maggio 2015, 12:00

Chiusura: lunedì, 27 maggio 2019, 12:00

Riepilogo dei tuoi tentativi

Tentativo	Completato
1	giovedì, 6 ottobre 2016, 11:56

Non sono permessi ulteriori tentativi

Continua



Sei collegato come **AMELIA DETTI**. (Esci)

© Progettazione e realizzazione piattaforma MOODLE in Unifi: **SIAF - Servizio E-Learning e Formazione**