

Candidato: Francesco Savino Di Noia
Relatore: Dott. Giacomo Roati
Correlatore: Prof. Giovanni Modugno

Titolo della tesi: Creazione di immagini arbitrarie con un modulatore spaziale di luce.

Il lavoro di questa tesi si inserisce in un progetto a lungo termine che ha lo scopo di creare potenziali ottici arbitrari per atomi freddi, sfruttando la proporzionalità diretta tra il potenziale di interazione di un atomo in un campo elettrico e l'intensità del campo medesimo, tramite l'utilizzo di un Modulatore Spaziale di Luce (o "SLM", dall'inglese "Spatial Light Modulator"). Si tratta sostanzialmente un array di cristalli liquidi di 1920x1080 pixels che permette di controllare in maniera indipendente la fase o l'ampiezza di porzioni microscopiche del piano trasverso di un'onda luminosa.

Questo lavoro di tesi ha visto dunque come primo passo lo studio delle proprietà ottiche dei cristalli liquidi e un approfondimento della teoria dell'ottica di Fourier, che ci ha permesso di entrare nel dettaglio del processo di formazione delle immagini, e di verificare come il controllo della fase di un'onda incidente su una lente permetta di modificare l'intensità raccolta sul piano focale di quest'ultima.

Successivamente si è elaborato e perfezionato un algoritmo per ricostruire la fase da imprimere all'onda tramite lo SLM, in modo da ottenere l'intensità desiderata dopo la propagazione attraverso la lente; alla creazione dell'algoritmo è seguita la simulazione e infine la realizzazione di alcune semplici immagini. In entrambi questi processi si è resa evidente la presenza di alcuni errori di natura diversa, su cui si è effettuata una prima analisi concettuale e quantitativa.

Lo studio dell'algoritmo ha evidenziato un errore intrinseco stimato attorno al 2% dovuto alla digitalizzazione dello SLM; lo studio sull'immagine reale ha evidenziato poi la necessità di uno zero-padding per ottenere un'intensità più omogenea, agendo sulla larghezza di diffrazione che i pixel dello SLM presentano sul piano focale della lente utilizzata, e la presenza di una fonte di errore random che abbiamo ritenuto legata alla disomogeneità dei cristalli liquidi dei vari pixel.

Un risultato indiretto di questo studio è l'aver colto la necessità di un maggior approfondimento sulle sorgenti di errore negli Spatial Light Modulators, e di un ulteriore studio sperimentale volto alla loro cancellazione, prima di poterli realisticamente applicare ad esperimenti con atomi freddi. Gli esperimenti riportati mostrano infatti un rumore tipico in eccesso del 10% sulla scala di lunghezza di diffrazione, che è di qualche micron. Questo tipo di rumore è necessariamente da correggere, ad esempio implementando un feedback attivo, in quanto avrebbe un grosso impatto sulla dinamica di atomi freddi in potenziali creati dalla luce.