

Candidato: Elia Perego (5525340)

Relatore: Dr. Jacopo Catani (catani@lens.unifi.it)

Generazione di potenziali ottici arbitrari per esperimenti di fisica atomica mediante un dispositivo digitale a microspecchi

Gas quantistici ultrafreddi intrappolati in potenziali ottici periodici costituiscono un modello ideale per la computazione quantistica e per la simulazione di sistemi complessi di fisica della materia, i cui parametri possono essere controllati tramite campi ottici.

Al fine di ottenere una maggiore libertà nella manipolazione di tali sistemi e dunque accedere a nuove frontiere nel campo della fisica atomica sperimentale, in questo lavoro di tesi è stato caratterizzato un Dispositivo Digitale a Microspecchi (DMD), tramite il quale è possibile modulare in forme arbitrarie, sia statiche che dinamiche, il profilo di intensità di un fascio di luce incidente sul suo schermo.

La modulazione desiderata è impressa dall'immagine disposta sullo schermo del dispositivo, la quale può essere caricata solo se è un oggetto grafico di tipo raster ad un bit, ottenibile da immagini in scala di grigi grazie ad appositi algoritmi di digitalizzazione e diffusione degli errori (*dithering*).

Un programma provvisto di interfaccia grafica, chiamato "DMD Easy", è stato appositamente sviluppato per consentire il pieno controllo dello strumento e delle sue potenzialità. Con esso è possibile ridurre le immagini in scala di grigi in raster ad un solo bit, organizzarle in sequenze e caricarle nella memoria interna del DMD, oltreché gestirne la proiezione e le relative caratteristiche temporali. "DMD Easy" è inoltre in grado di eseguire un processo di *feedback* cosicché la forma spaziale dell'intensità del fascio laser assomigli il più possibile all'immagine ideale disposta sullo schermo, correggendo così il profilo originario ed eventuali modulazioni introdotte dal circuito ottico sperimentale.

Per le possibili applicazioni in esperimenti di fisica atomica, i pattern più interessanti che sono stati studiati, caratterizzati e proiettati sono il "Flat-top" ed il reticolo. Il primo può essere impiegato per la realizzazione di profili di intensità piatti e dunque potenziali ottici "a scatola", mentre il secondo può essere utilizzato per creare una disposizione spazialmente ordinata di buche di potenziale e, ad esempio, simulare potenziali ionici cristallini.

Il controllo temporale delle immagini proiettate costituisce una delle maggiori opportunità offerte dal DMD, specie nel caso di pattern dinamici: infatti, con opportune modulazioni del fascio laser, effetti Raman stimolati e fenomeni di diffusione Bragg possono essere ricreati. Il pieno controllo temporale delle immagini di reticolo consente invece il loro utilizzo nella creazione di registri di memoria quantistici e di porte logiche per *qubit*. Anche queste possibilità sono state indagate durante questo lavoro di tesi. Un'ulteriore applicazione di questo dispositivo tenuta in considerazione è l'intrappolamento nelle direzioni longitudinale e trasversale rispetto alla direzione di propagazione del fascio laser sfruttando l'effetto Talbot.