

Ultrafast imaging di luce diffusa attraverso mezzi fortemente eterogenei

candidato

L. Pattelli

lorenzo.pattelli@stud.unifi.it

relatore

Prof. D. S. Wiersma

wiersma@lens.unifi.it

correlatore

Prof. M. Inguscio

inguscio@lens.unifi.it

Il regime di *scattering* multiplo di luce concorre a determinare l'aspetto e le proprietà ottiche di gran parte dei mezzi che ci circondano. Questo è il motivo per cui lo studio del trasporto di luce in mezzi disordinati è un campo estremamente vasto e multidisciplinare che ha visto negli ultimi decenni ingenti sforzi teorici e sperimentali volti alla determinazione accurata delle proprietà ottiche, strutturali e di composizione chimica di tali sistemi. Nonostante questa lunga storia, finora la maggior parte dei risultati sia teorici che sperimentali è rimasta limitata allo studio di mezzi con disordine omogeneo e isotropo. Se consideriamo che in realtà la maggior parte dei mezzi disordinati (con l'esempio preminente dei tessuti di origine biologica) presenta anche marcate caratteristiche di eterogeneità e anisotropia, è facile comprendere quanto ancora l'interesse della ricerca sia concentrato su questo tema e sui potenziali aspetti non ancora esplorati di tale complessità.

Scopo del presente lavoro di tesi è stato quello di sfruttare le potenzialità di risoluzione temporale inferiore al picosecondo offerte da un apparato di *optical gating* al fine di indagare, in molti casi per la prima volta, la dinamica del trasporto di luce in mezzi fortemente eterogenei, anisotropi e otticamente sottili. La complessità della sfida che tali mezzi pongono dal punto di vista sperimentale richiede una calibrazione ed uno studio approfondito delle prestazioni di precisione e accuratezza dell'apparato sperimentale. Una parte fondamentale di questo lavoro di tesi è dunque dedicata a tale caratterizzazione, che è avvenuta non solo tramite il confronto con simulazioni Monte Carlo, ma anche attraverso uno studio delle proprietà temporali delle sorgenti laser impiegate e la messa a punto di una nuova tecnica di realizzazione di campioni diffusivi omogenei e isotropi le cui caratteristiche consentono per la prima volta di superare una serie di rilevanti limitazioni sperimentali. Tale caratterizzazione ha permesso di apprezzare non solo l'elevata precisione dell'apparato di misura, ma anche come l'accuratezza dei parametri ricavati dall'analisi dipenda in modo critico dalla disponibilità di un ampio *range* dinamico, specialmente in campioni che presentano un assorbimento non nullo.

Le notevoli potenzialità dell'apparato sperimentale sono state impiegate per studiare il trasporto di luce in campioni di carta. Questo è un mezzo otticamente sottile che presenta contemporaneamente fluttuazioni rilevanti sia nel tipo che nella distribuzione delle eterogeneità; a causa del processo fabbricativo inoltre le sue proprietà di trasporto sono diverse lungo le tre direzioni spaziali. Questa complessità di fattori spiega come mai, nonostante l'estrema rilevanza della carta dal punto di vista applicativo, in letteratura sia presente un numero estremamente esiguo di studi rilevanti riguardanti le sue proprietà di trasporto radiativo. La nostra indagine in questo senso si è avvalsa del confronto tra tre diverse tipologie di misure locali di intensità trasmessa risolta in tempo, acquisite in altrettante diverse configurazioni sperimentali. Ognuna di queste misure, equivalente per un campione omogeneo, può invece risentire in modo diverso della presenza e entità di eventuali eterogeneità, fornendo uno strumento di indagine particolarmente indicato allo studio di sistemi complessi. Una rielaborazione dell'apparato sperimentale, presentata in questo lavoro di tesi, ha permesso non solo di semplificare notevolmente il passaggio tra le diverse configurazioni, ma anche di trarre un vantaggio significativo in termini di rapporto segnale-rumore dei dati acquisiti.

L'ultima parte dell'elaborato copre un primo studio relativo alla possibilità di acquisire e recuperare l'informazione spaziale dell'intero profilo di intensità trasmesso da un campione attraverso una misura di *imaging* risolto in tempo, e costituisce il primo tentativo in questo senso effettuato tramite un apparato di *optical gating*. L'acquisizione *simultanea* dell'intera informazione spaziale istantanea rappresenta l'unico modo possibile per risalire all'evoluzione temporale dell'allargamento quadratico medio del profilo di trasmissione, un'informazione estremamente importante per lo studio del trasporto di luce nel piano in quanto indipendente dal valore in termini assoluti dell'intensità trasmessa, e alla quale finora è stato particolarmente difficile accedere sperimentalmente. Le misure preliminari effettuate in questo lavoro di tesi mostrano le enormi potenzialità dell'apparato di *ultrafast imaging* ed aprono alla possibilità di studiare il trasporto di luce in mezzi complessi su scale spaziali e temporali ancora poco esplorate.