

TECNICHE DI MODELLIZZAZIONE DELL'ACCELERAZIONE DI PARTICELLE IN REGIME IMPULSATO

Andrea Locatelli

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università degli Studi di Brescia
Via Branze 38, 25123 Brescia

La miniaturizzazione delle sorgenti di particelle è un tema di ricerca sempre più popolare. In questo contesto, gli acceleratori di particelle dielettrici eccitati da sorgenti laser permettono di ottenere gradienti di accelerazione superiori, con costi e dimensioni ridotti, sfruttando le migliori proprietà dei materiali dielettrici rispetto ai metalli. Gli acceleratori dielettrici basati su guide d'onda strutturate sfruttano un modo guidato che si propaga in modo collineare con il fascio di particelle. In questo scenario, la velocità delle particelle e la velocità di fase devono essere sincronizzate, di conseguenza nel caso sub-relativistico la struttura deve essere rastremata. Inoltre, poiché la lunghezza di interazione può essere elevata, è necessario tenere conto degli effetti indotti dalla propagazione di impulsi laser corti nella guida d'onda.

In questo lavoro sono state implementate tecniche numeriche per l'analisi dell'accelerazione sub-relativistica in regime impulsato. La metodologia proposta è caratterizzata da ottima accuratezza e migliore efficienza computazionale rispetto alle simulazioni FDTD. L'approccio si basa su un'analisi modale della sezione della guida in funzione del parametro che viene variato per ottenere la rastrematura. Si ottengono quindi delle tabelle che contengono la costante di propagazione β_0 , la velocità di gruppo $v_g = 1/\beta_1$, e la dispersione del secondo e del terzo ordine β_2 e β_3 in funzione del parametro stesso. Il profilo ottimo della rastrematura è ricavato risolvendo le equazioni della dinamica della singola particella e imponendo il sincronismo. L'evoluzione dell'involuppo complesso $A(z, t)$, che è governata dall'equazione lineare di Schrödinger, viene quindi calcolata usando un algoritmo di tipo Beam Propagation Method (BPM) implementato usando la tecnica split-step. Si noti come ad ogni passo in propagazione i valori corrispondenti di $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ e β_3 vengano prelevati dalle tabelle sulla base della geometria della guida d'onda rastremata.

A titolo di esempio, si riporta in figura l'analisi numerica dell'accelerazione in una guida dielettrica rastremata che è stata progettata ipotizzando di avere eccitazione a onda continua (CW). In regime impulsato la velocità di gruppo, che in generale è diversa rispetto a quella di fase, limita la lunghezza effettiva di interazione. Si nota infatti una saturazione dell'accelerazione, piuttosto che la crescita lineare attesa nel caso ideale. L'effetto diventa inoltre sempre più limitante man mano che si riduce la durata dell'impulso.

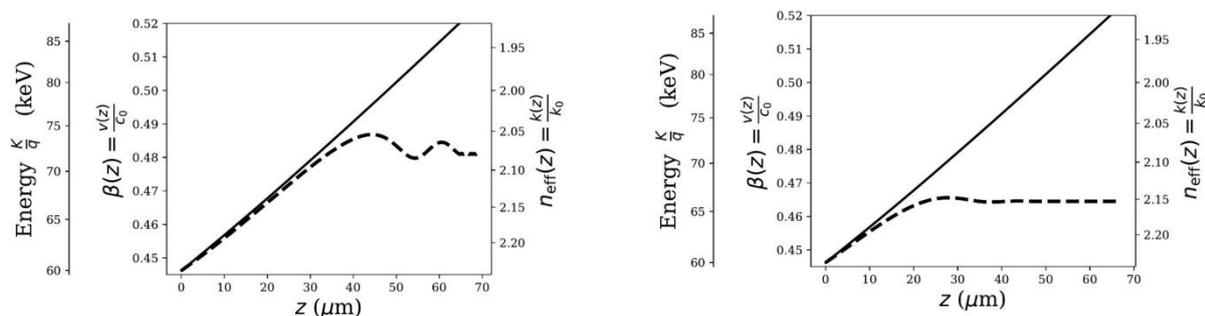


Fig. 1. Energia e velocità della particella (linea tratteggiata), indice efficace della guida (linea intera) durante la propagazione. Durata dell'impulso 2 ps (sinistra) e 0.25 ps (destra).