



**Original Article: EMISSIONE ACUSTICA DI IMPULSI LASER A FEMTOSECONDI  
IN ARIA E AEROSOL**

**Citation**

Bochkarev N.N., Emissione acustica di impulsi laser a femtosecondi in aria e aerosol. *Italian Science Review*. 2014; 4(13). PP. 228-231.

Available at URL: <http://www.ias-journal.org/archive/2014/april/BochkarevN.pdf>

**Author**

Nikolaj N. Bochkarev, Dr.Sci., Professor, Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, V. E. Zuev Institute Of Atmospheric Optics Of Siberian Branch Of The Russian Academy Of Sciences, Russia.

Submitted: March 21, 2014; Accepted: April 05, 2014; Published: April 22, 2014

**Abstract:** L'attuale livello di optoacoustics permette suoi successi nel risolvere vari problemi fisici, tra cui, per la diffusione della ricerca globale di impulsi laser ultracorti in atmosfera. In questo articolo discuteremo i risultati di studi sperimentali di emissione acustica, che hanno rivelato una serie di nuovi fenomeni fisici durante subterawatt impulsi laser a femtosecondi con l'aria, l'acqua, aerosol sottili, singole gocce.

**Parole chiave:** emissione acustica, spruzzi d'acqua, il metodo optoacoustic aria, impulso laser a femtosecondi.

Efficienza metodo fotoacustico nella propagazione studio di impulsi laser a femtosecondi è considerato l'esempio della loro interazione con aerosol, aria e gocciola [1-5]. Negli esperimenti la sorgente-Ti: Salaser [6], che genera impulsi alla lunghezza d'onda di 0,8 micron, e una durata di 80 fs energia 9 ns impulsi fino E~17 mJ e la larghezza del fascio laser di 8 mm.

Come modello di supporto magnetico utilizzato puro dimensione 2,5 micron con l'aggiunta di nanoparticelle di argento. Aerosol mezzo ad una concentrazione di  $10^7$  particelle  $\text{cm}^{-3}$  è stato formato dal generatore di ultrasuoni. Emissione acustica è stata registrata con microfoni con una gamma di frequenza da 20 Hz÷100 kHz.

Tecnica eseguita esperimenti descritti in dettaglio in [1, 2].

Indagato filamenti di emissione acustica all'aria a equidistante spostare il microfono lungo l'asse del fascio laser. Con tagliante specchi messa a fuoco con lunghezza focale 86 e 120 cm a una distanza di 0,1÷4,2 m dal fuoco c'è stato un significativo "estinzione" del filamento, che ha perso la sua energia di ordini di grandezza. Sotto l'energia del filamento in questo caso si riferisce a quella parte di esso che forma un plasma debolmente ionizzato e quindi dissipa in energia termica dell'ambiente dovuto alla ricombinazione di elettroni e ioni. Riduzione osservata di tali perdite suggerisce che geometrico fuoco filamento nella sua educazione definizione di per sé supportato non esiste più. Divergenti fuoco del fascio laser per non alimentare filamento energia sufficiente a bilanciare i due effetti-Kerr linearità per la sua attenzione e il plasma di produzione concentrandosi.

A seconda della pressione di picco nel segnale relativo trasparenza ottica-acustica di un aerosol, che è correlata alla concentrazione di particelle di aerosol nel terreno indica che il passaggio da una femtosecondi per nanosecondo impulso laser, l'energia dell'impulso mantenendo,

una diminuzione dell'ampiezza della risposta ottica-acustica a due ordini di grandezza. Interpretazione di questo effetto è possibile grazie alla realizzazione di assorbimento multi-fotone di radiazione ottica in materia di particelle di aerosol. D'altra parte, il regime femtosecondi può trascurare il deflusso del calore dagli nanoparticelle d'argento incorporati in un aerosol di particelle. Poi nelle aree locali gocce regimi sono realizzati surriscaldamento e di ebollizione liquido esplosivo, risposta fibra acustica è superiore nel caso di evaporazione termica e meccanismi di eccitazione di emissione acustica. Tuttavia, queste due linee di interpretazione dei risultati sperimentali non si escludono a vicenda.

Chiarezza ottica per acquosa sonda aerosol lunghezza d'onda dell'onda continua durante la propagazione di impulsi laser a femtosecondi non viene modificata, indicando che la microstruttura non cambia aerosol. Di conseguenza, gli effetti termici non si realizzano evaporazione e sostanza esplosiva ebollizione particelle di aerosol. Quando è implementato nella ripartizione ottico dell'aerosol registrata in alcuni casi, metodo opto-acustico, lo spessore ottico della nebbia aerosol non cambia. Ciò indica che le tasche composizione formata all'interno di una piccola quantità di particelle di aerosol e questi ripartizione foci senza ricaricare il laser energia breve impulso non è sviluppato.

Registrare emissione acustica nella direzione longitudinale rispetto al fascio laser nell'aria permesso di recuperare con maggiore lunghezza del campo di ionizzazione (regione filamento), che è stato descritto in [1].

In [4] i risultati degli studi sugli effetti di impulsi laser a femtosecondi energia di assorbimento non lineari come si propagano in aria. Laser energia dell'impulso è stata variata da un attenuatore e polarizzazione è stata misurata con un fotodiode tarato. Radiazione dall'uscita laser è concentrata specchio con una lunghezza focale di 86 centimetri

Assorbimento della radiazione laser è stata determinata mediante metodo ottico-acustico. A tal fine, ad una distanza di 42 cm dal specchio focalizzazione e ad una distanza di 1,5 cm dal asse del fascio laser è alloggiato un microfono.

La conseguente dipendenza dell'ampiezza dell'onda compressione (primo picco) optoacoustic impulso di energia  $P(E) \sim E^{2,756}$ , totalmente diverso  $P(E) \sim E$  dal laser secondo la micro-e nanosecondo dice, per esempio, in [2,6,8].

La spiegazione di questo risultato segue. Come è noto, azoto e ossigeno molecole omonucleari, da cui l'aria è in gran parte non hanno un momento di dipolo elettrico. Tuttavia, in un campo magnetico di impulsi laser a femtosecondi in molecole appare indotta momento di dipolo, principalmente orientate lungo l'asse della molecola. Interazione del momento di dipolo indotto con il campo dell'impulso laser porta alla eccitazione del moto rotatorio delle molecole d'aria e l'assorbimento della radiazione laser. Energia del moto rotazionale causa rilassamento collisionale viene convertita in calore, e riscaldamento a gas porta ad emissione acustica.

Il modello proposto dell'assorbimento non lineare di impulsi laser a femtosecondi nell'aria associati con l'eccitazione del moto rotatorio delle molecole di azoto e ossigeno, si verifica solo nel caso di radiazione laser con polarizzazione lineare. Per la luce polarizzata circolarmente, a causa della media rispetto alla media angolo nel periodo del campo elettrico, la molecola non acquisisce l'energia di rotazione, e il meccanismo proposto non funziona.

I risultati dello studio delle caratteristiche spettrali e di energia di due fotoni di fluorescenza eccitata colorante rodamina 6G in forma liquida quando irradiato da impulsi laser a femtosecondi sono considerati in [3]. Immagine luminescenza gocce di tintura varia con  $E > 0,5$  mJ. Spectrum prende la struttura a doppia gobba. La variazione dell'ampiezza dei segnali ottici-acustici dalle goccioline di

etanolo puro e una soluzione di rodamina 6G in etanolo con una concentrazione di  $10^{-3}$  mol/l sembrano gli stessi, cioè, il processo di formazione della risposta ottica - acustica di tali goccioline dello stesso o molto simile. Tuttavia, quando concentrazioni crescenti di molecole a  $10^{-2}$  mol/l modello varia. Primo, il valore della pressione rilevato in questo caso è minore di circa un ordine, e secondo, nell'intervallo  $E=2\div 4$  mJ segnale fotoacustico non viene osservata. Poi aumenti acustiche emissione circa dalla stessa legge che nel caso del solvente puro e bassa concentrazione del colorante.

Spiegazione delle differenze osservate, data in [3], il seguente. Quando esposti al valore medio di impulsi laser a femtosecondi di emissione acustica associata all'energia assorbita nell'ambiente, e maggiore è la quantità di energia assorbita, l'emissione più acustico. Il decremento dell'emissione acustica di gocce con una concentrazione di rodamina 6G  $10^{-2}$  mol/L rispetto al colorante bassa concentrazione e il solvente puro è associato ad una diminuzione dell'assorbimento della radiazione laser in un calo all'aumentare della concentrazione del colorante. Assorbimento di radiazione ottica in una goccia causata da assorbimento di molecole di solvente e molecole di colorante assorbimento multiphoton. Processo competizione con il processo di assorbimento multifotonico nella tintura, fluorescenza è molecole di colorante eccitati.

Precedentemente stato previsto teoricamente per un impulso laser a femtosecondi di moltiplicazione in termini di focalizzazione dell'effetto Kerr che la distanza  $d$  dal fuoco al sistema di messa a fuoco non lineare obbedisce:  $d(E) \sim E^{0.5}$ . Nonlinear concentrarsi meno geometrico ed è un elemento essenziale nella descrizione della propagazione di impulsi laser ultracorti in mezzi non lineari.

Per determinare la posizione del fuoco non lineare in [5], l'emissione acustica. Sono stati usati due tecniche. Nel primo

metodo optoacoustic segnale è stato rilevato in direzione longitudinale rispetto alla zona di filamentazione. Filamenti filiformi durante la registrazione longitudinalmente emette impulsi bipolari di emissione acustica, corrispondente alla base vicino e lontano "mandrino" in relazione al microfono. In un'altra tecnica, i microfoni posti ad una distanza di 1,5 cm del fascio laser nelle aree corrispondenti all'inizio della formazione del filamento e disintegrazione. Microfoni scansione equidistante asse laser. Inizio e la fine del filamento sono stati determinati da un forte diminuzione della risposta ottica-acustica.

I risultati mostrano che la posizione più lontana rispetto ai confini dello specchio filamento focalizzazione non cambia, tuttavia, il limite prossimale del filamento nell'intervallo  $E=1\div 14$  mJ approcci concentrandosi specchio proporzionale all'energia dell'impulso laser a femtosecondi, cioè  $d(E) \sim E$ .

#### References:

1. Bochkarev N.N., Zemlyanov A.A., Zemlyanov A.A., Kabanov A.M., Kartashov D.V., A.V. Kirsanov, Matvienko G.G., Stepanov A.N., 2004. Experimental study of the interaction of femtosecond laser pulses with an aerosol. Atmospheric and Ocean Optics. Volume 17. #12. pp. 971-975.
2. Bochkarev N.N., 2008. Applied atmospheric optoacoustics powerful laser beams. Tomsk: Publishing Trace, p.318.
3. Bochkarev N.N., Donchenko V.A., Zemlyanov A.A., Zemlyanov A.A., Kabanov A.M., Kartashov D.V., Kibitkin P.P., Matvienko G.G., Stepanov A.N., 2005. fluorescence dye in the liquid-form excited by femtosecond laser pulses. Proceedings of the universities. Physics. #4. pp. 15-20.
4. Bochkarev N.N., Kartashov D.V., Kiselev A.M., Kirsanov A.V., Ponomarev Yu.N., Stepanov A.N., Tikhomirov B.A., 2006. Nonlinear absorption of intense femtosecond laser radiation in air. Optics Express. Volume 14. #17. pp. 7552-7558.

5. Bochkarev N.N., Kabanov A.M., A.N. Stepanov, 2007. Filamentation Spatial localization region along the propagation path of the focused femtosecond laser radiation in air. *Atmospheric and Ocean Optics*. Volume 20. #10. pp. 863-867.

6. A.A. Babin, A.M. Kiselev, A.M. Sergeev, A.N. Stepanov, 2001. Terawatt femtosecond Ti: sapphire laser system. *Quantum Electronics*. Volume 31. #7. pp. 623-626.

7. Bochkarev N.N., Kabanov A.M., Pogodaev V.A., 2003. Optoacoustics channel of high-power laser radiation in the atmosphere. *Atmospheric and Ocean Optics*. Volume 16. #9. pp. 816-821.

8. Bochkarev N.N., Kabanov A.M., Pogodaev V.A., 2008. Spatial self-correction patchy structure of high-power pulsed lasers in optical breakdown on atmospheric paths. *Atmospheric and Ocean Optics*. Volume 21. #9. pp. 809-815.