

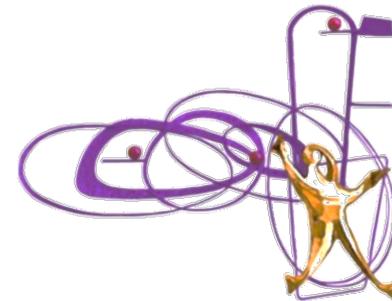
# Microlavolazioni con burst di impulsi laser ultrabrevi

Giuseppe GIANNUZZI

dottorando – XXXI ciclo

Università degli Studi Di Bari

Dipartimento Interateneo di Fisica

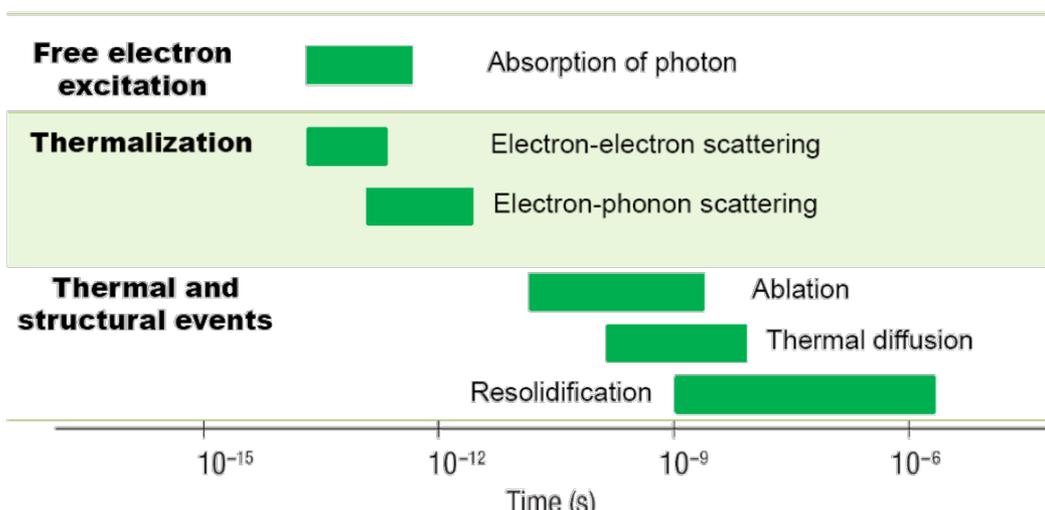
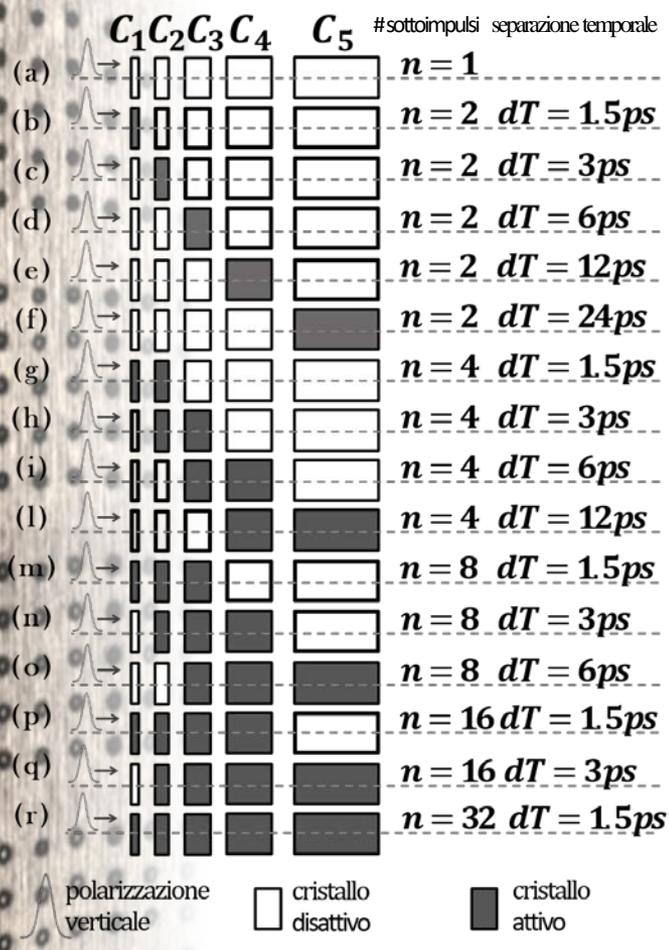


Tutor: Antonio Ancona

Bari, 17 novembre 2016

## Generazione di BURST per divisione di intensità (mediante cristalli birfrangenti)

Burst  
Generator  
configurazione (I)



R.R. Gattass et al. Nature Photonics 2, 219-225 (2008)

Modello  
a due  
temperature  
TTM

$$\begin{cases} c_e \frac{\partial T_e}{\partial t} = \nabla(\kappa_e \nabla T_e) - \Gamma (T_e - T_l) + Q \\ c_l \frac{\partial T_l}{\partial t} = \nabla(\kappa_l \nabla T_l) - \Gamma (T_e - T_l) \end{cases}$$

$T_e, T_l$  temperatura elettronica, reticolare  
 $c_e, c_l$  capacità termica elettronica, reticolare  
 $\kappa_e, \kappa_l$  conducibilità termica elettronica, reticolare  
 $Q$  energia sorgente laser  
 $\Gamma$  costante di accoppiamento elettrone-fonone

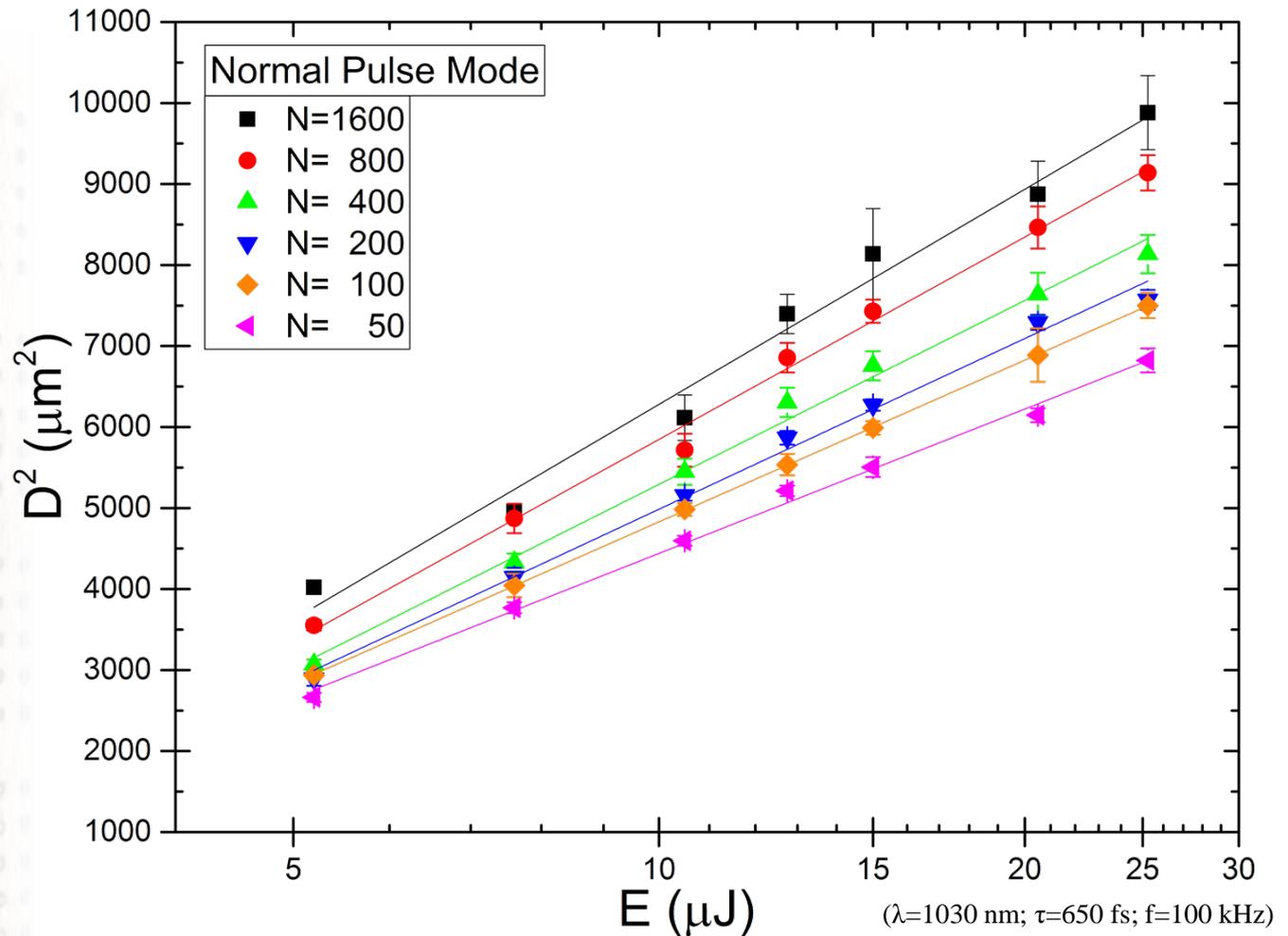
# Fluenza di soglia

$$F = \frac{2E_p}{\pi w^2}$$

$E_p$  energia dell'impulso  
 $w$  dimensione trasversale del fascio

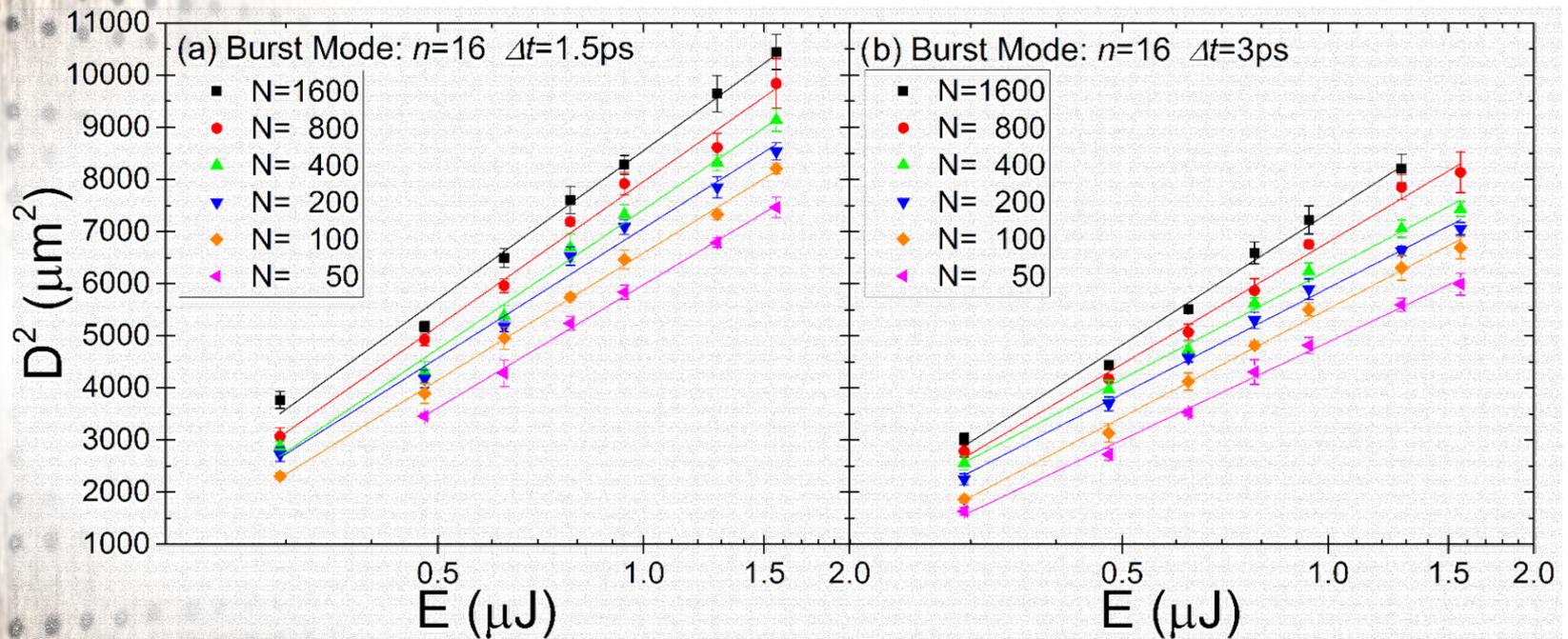
$$D(N)^2 = 2w^2 \ln \frac{F_{th}(N)}{F_0}$$

$D$  diametro del cratere  
 $N$  numero di impulsi  
 $F_0$  fluenza di picco dell'impulso  
 $F_{th}$  fluenza di soglia di ablazione



# Fluenza di soglia

Numero di sottoimpulsi nel burst, $n$	2	4	8	16	32
Separazione temporale, $\Delta t$	1.5 ps 3 ps	1.5 ps 3 ps	1.5 ps 3 ps	1.5 ps 3 ps	1.5 ps
Energia del burst, $E_b$	5 – 7.5 – 10 – 12.5 – 15 – 20 – 25 $\mu\text{J}$				
Numero di bursts, $N$	50 – 100 – 200 – 400 – 800 – 1600				



# Effetto di incubazione

Effetto di incubazione – Modello di Jee

$$F_{th}(N) = F_{th}(1) N^{S-1}$$

$F_{th}(1)$  fluenza di soglia per il singolo impulso

$F_{th}(N)$  fluenza di soglia per  $N$  impulsi

$N$  numero di impulsi

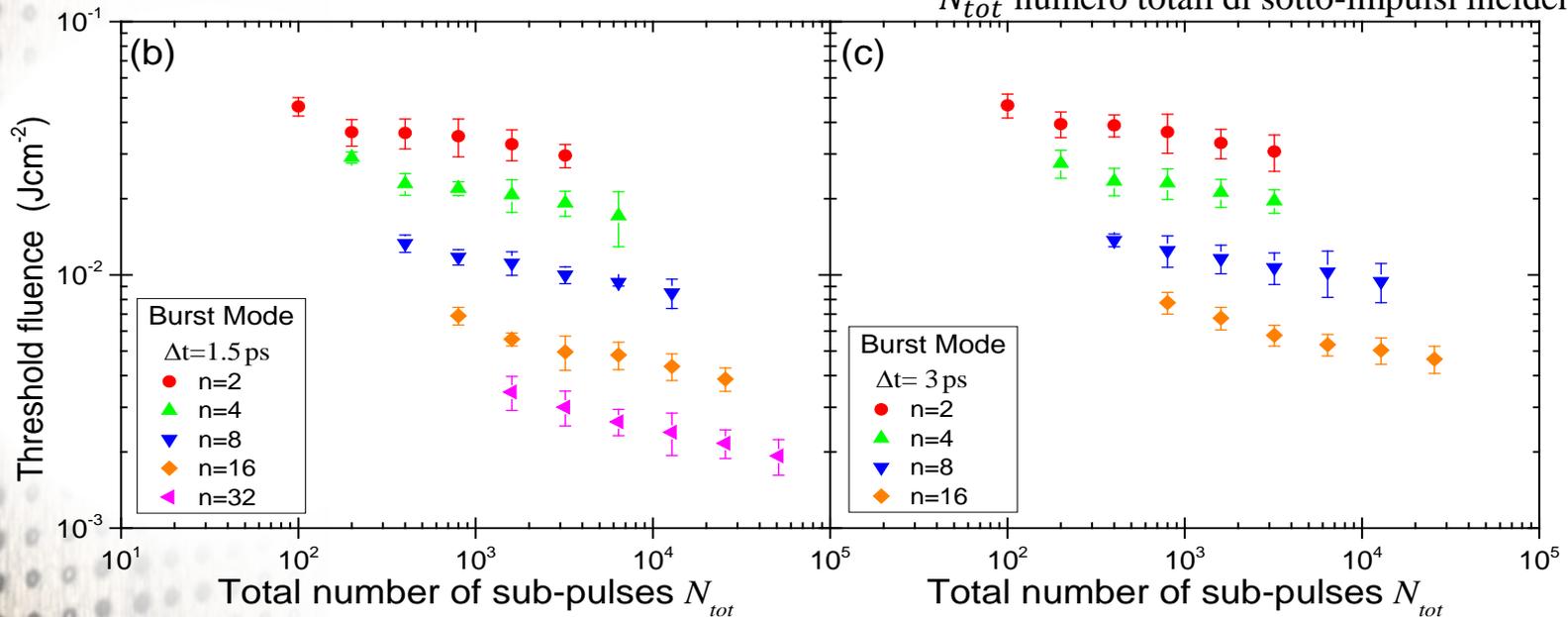
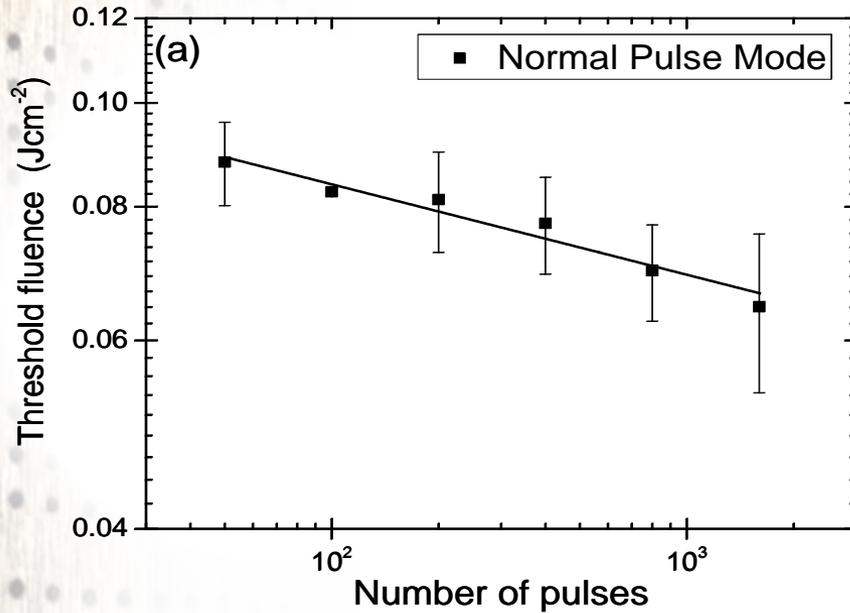
$S$  coefficiente di incubazione

$$N_{tot} = N * n$$

$N$  numero di burst

$n$  numero di sotto-impulsi nel burst

$N_{tot}$  numero totali di sotto-impulsi incidenti



# Effetto di incubazione

Modello di Jee modificato

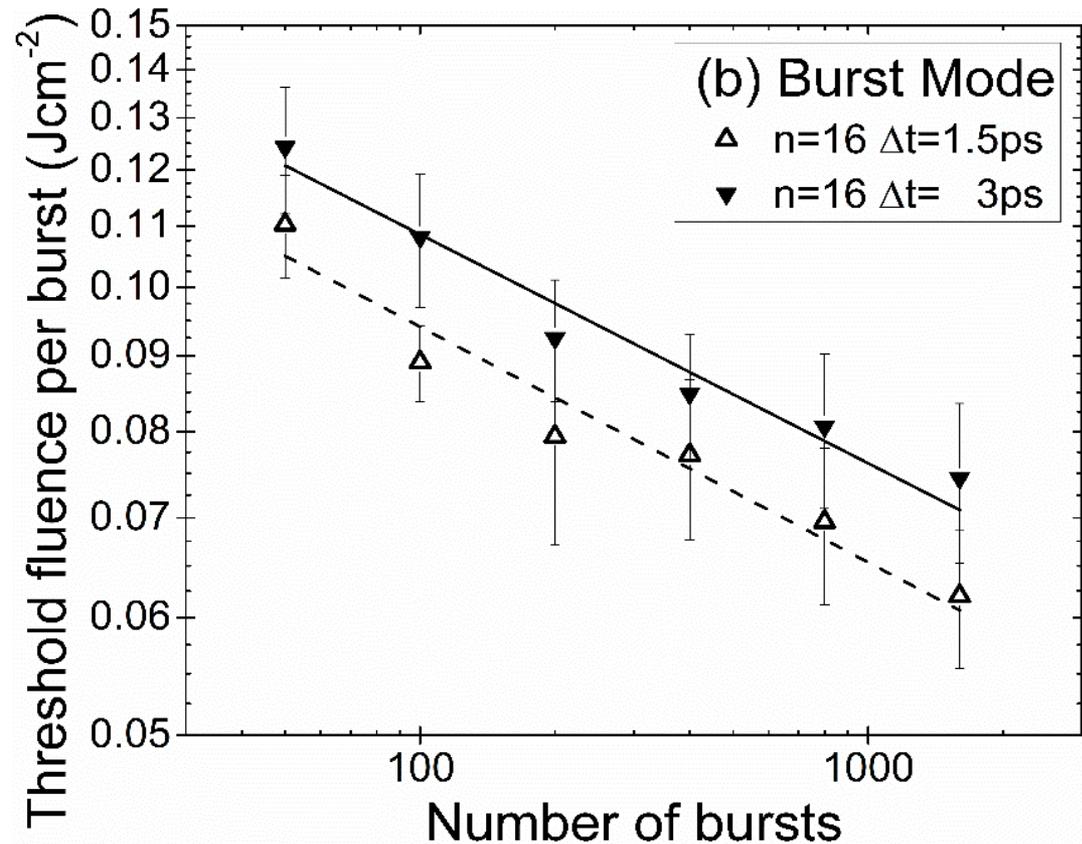
$$F_{th,b}(N) = F_{th,b}(1) N^{S_n - 1}$$

$F_{th,b}(1)$  fluenza di soglia per singolo burst

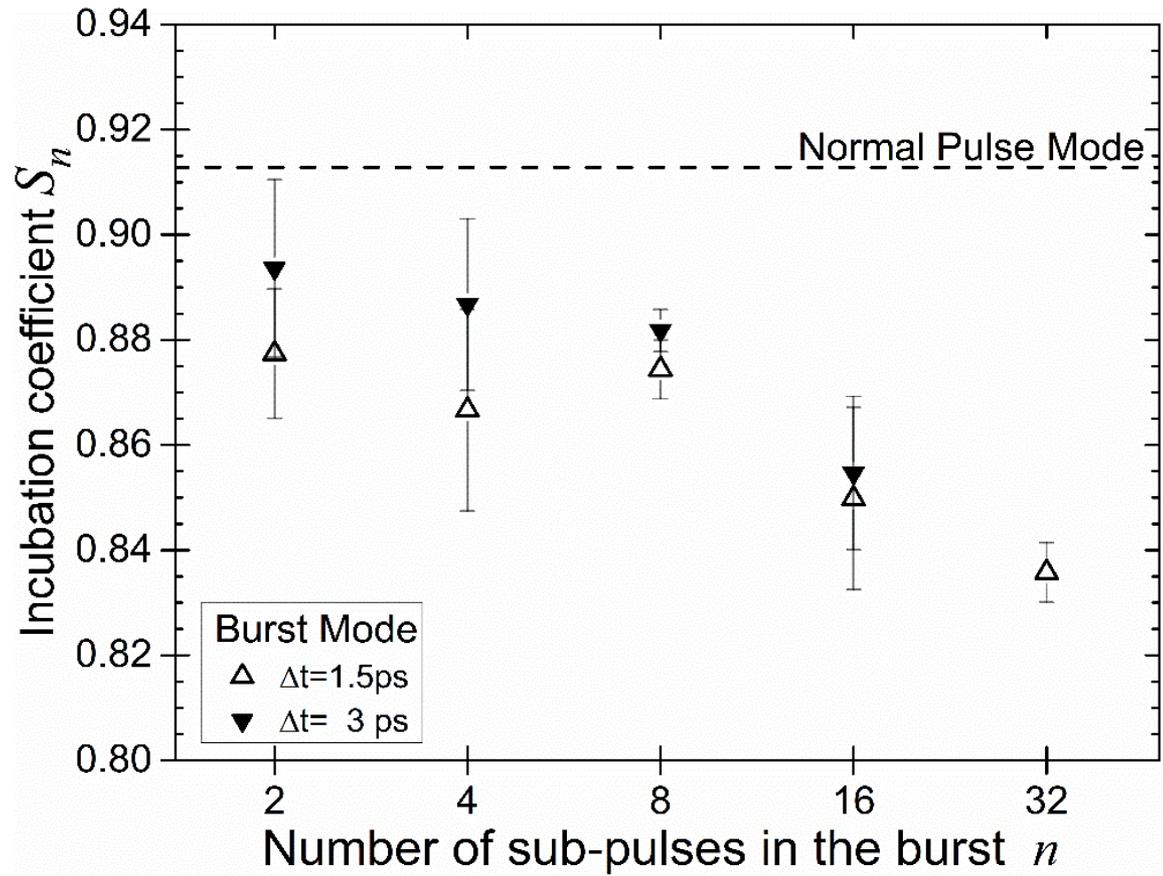
$F_{th,b}(N)$  fluenza di soglia per  $N$  burst

$N$  numero di burst

$S_n$  coefficiente di incubazione



# Incubazione in BM



$$S_n < S$$

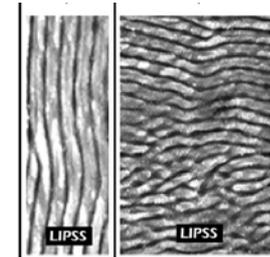
$S_n$  decresce con  $n$

# Obiettivi del II anno PhD

Rate di ablazione laser in BM

$$\frac{dV_{abl}}{dt}$$

LIPSS  
Laser-Induced Period Surface Structures



M. Martínez-Calderon et al. Sci. Rep. 6, 36296 (2016)



Laser Active Fiber Systems Ultrafast CPA  
(laboratorio Ultrafast Fiber Laser Micromachining)  
1030 nm / 50 W / 0.650-20 ps / 50-1000 kHz



Laser Pharos SP  
(laboratorio della Rete MICROTRONIC)  
1030 nm / 6 W / 0.200-10 ps / 50-1000 kHz