

# Podpovršinsko lasersko graviranje

RAZISKOVALNA NALOGA PRI PREDMETU LASERSKE OBDELOVALNE TEHNOLOGIJE

LABORATORIJ ZA LASERSKO TEHNIKO

Mentorja: Doc. Dr. P. Gregorčič, M. Senegačnik

Jay Bojič Burgos, 23190438

Matej Rostohar, 23190572

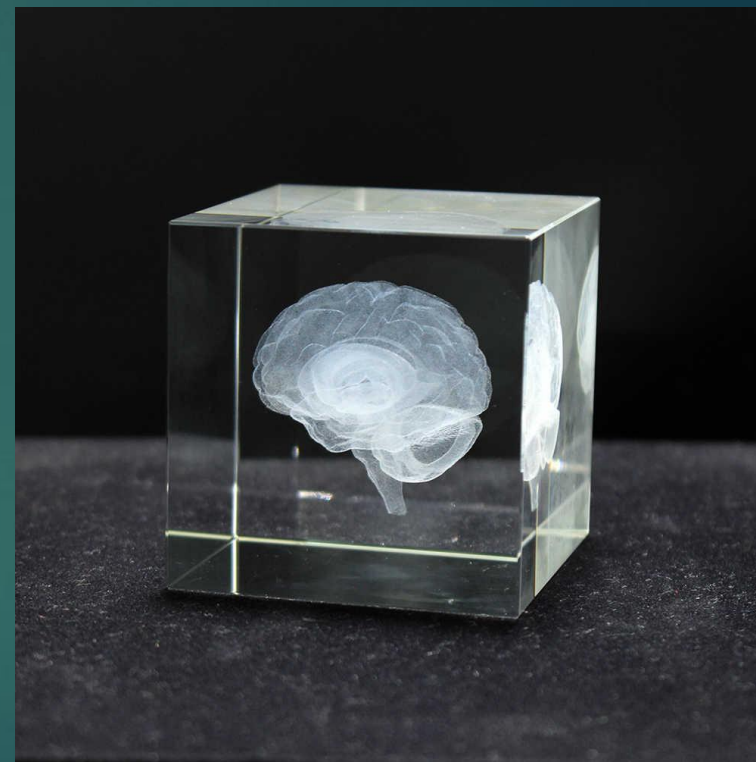
Matic Rus, 23190576

Tim Vrtač, 23190608

# Motivacija in cilji

2

- ▶ Cilj: Znotraj materiala ustvariti 3D motiv
- ▶ Oblak točk tvori obliko
- ▶ Točka predstavlja poškodbo materiala (pretaljevanje ali uparjanje)
- ▶ drugačen lom (sipanje) svetlobe zaradi poškodbe
  - ▶ vidno v materialu
- ▶ Primerni materiali: plastike, stekla (transparentni za izbrano lasersko svetlobo)



Primer končnega izdelka  
(vir: [www.aliexpress.com](http://www.aliexpress.com), 24. 3. 2020)

# Pregled obstoječega stanja

3

Laserski izvor	Nd: YVO4 , 532nm
Frekvenca:	3500Hz
Moč:	800W
Velikost poškodb:	6-15 $\mu$ m



Laserfox- ST-801AB2

-Stekla  
-Akrilni materiali

Laserski izvor	Nd: YAG , 532nm
Frekvenca:	4000Hz
Moč:	800W
Velikost poškodb:	20-40 $\mu$ m



STNDP-801AB1

Najboljši rezultati na  
materialu K9  
(Borosilikatno steklo)

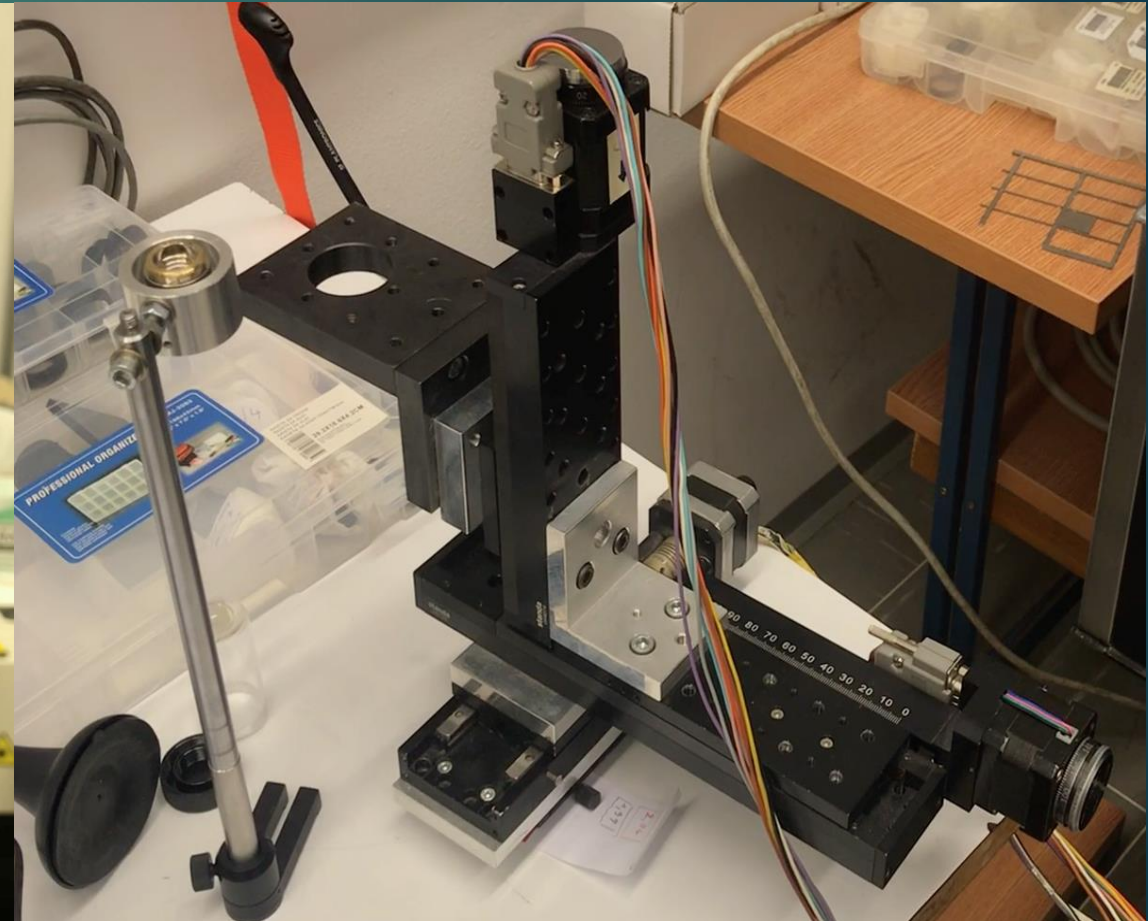
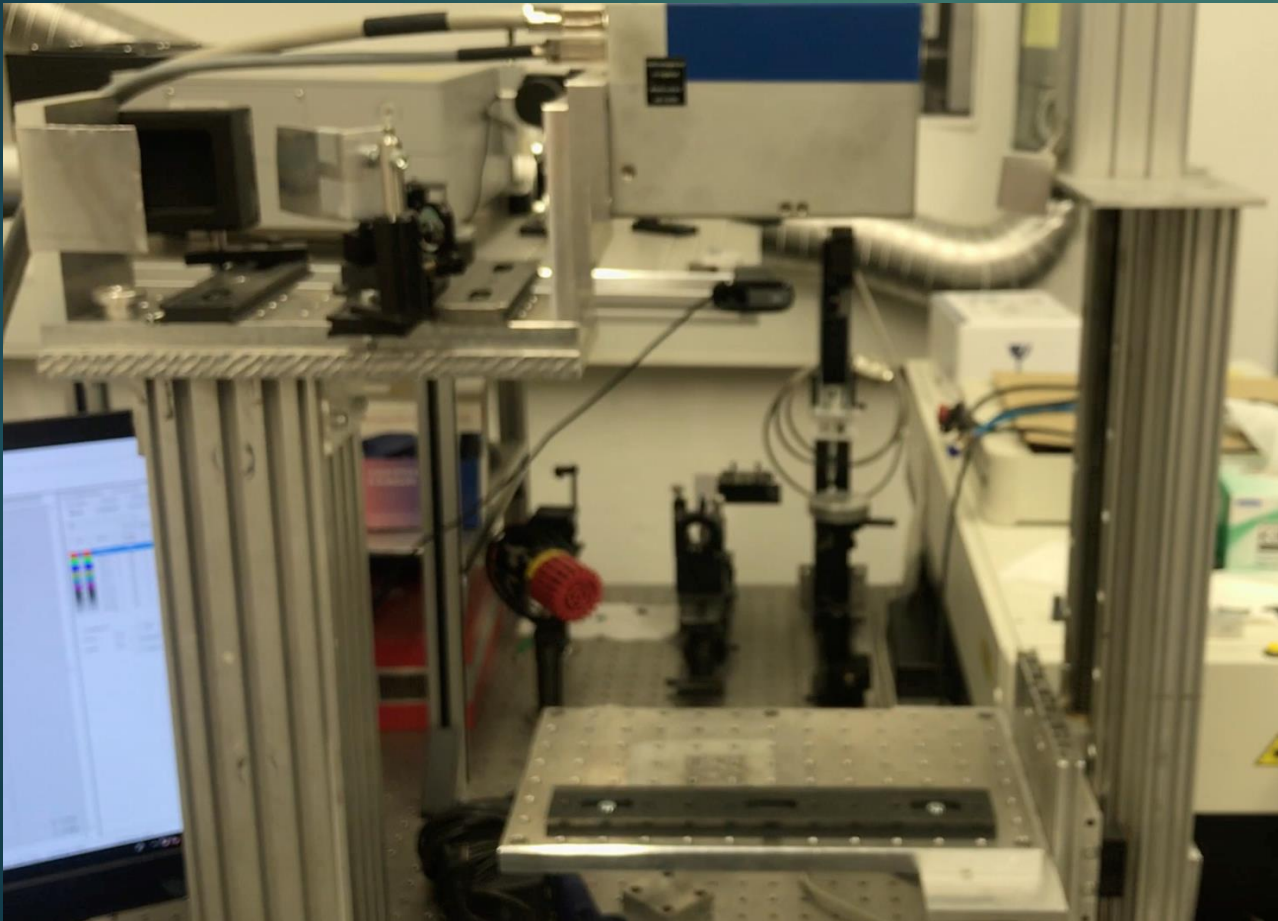
# Laserski sistem

- ▶ Vlakenski nanosekundni laser ( $\lambda$  1060nm)
- ▶ Kolimator:  
d = 7.5 mm
- ▶ Leča s kratko goriščno razdaljo  $f = 15$  mm
- ▶ Teoretičen premer snopa:  
 $w_0 = 1.8 \mu\text{m}$
  
- ▶ Iz literature za PMMA:  $F_{\text{th}} = 11.7 \text{ J/cm}^2$

# Priprava sistema

5

- ▶ 3D pozicionirni sistem postavimo na obdelovalno površino vlakenskega laserskega sistema



- ▶ Nato smo izbrano lečo vpeli v posebno stojalo. Sledilo je grobo pozicioniranje leče (z uporabo pointerja)
- ▶ Za tem smo izvedli fino pozicioniranje leče glede na delavno lasersko svetlobo. Cilj tega koraka je bil, da svetloba iz skenirne glave pade točno v center leče.
- ▶ Poiskali smo lokacijo gorišča, nato pa smo v gorišče postavili površino obdelovanca [PMMA vzorec]



# Izvedba eksperimentov

- ▶ Cilj: določiti  $F_{th}$  za material in ustvariti vidno poškodbo na površini in pod površino materiala
- ▶ Vzeli smo WF0 in WF4
- ▶ Začeli smo z max močjo, frekveca bliskov je bila PRF0 (35kHz in 270kHz)
- ▶ Naredili smo več poškodb na površini PMMA vzorca, pri tem je bil čas obstreljevanja za vsako točko enak, spreminjali smo moč
- ▶ Poskusili tudi delati poškodbe na steklu
  - ▶ Ni bilo poškodb (višja mejna fluenca)

# Izračun $F_{th}$ za izbrani material

Tabela izračun fluenc

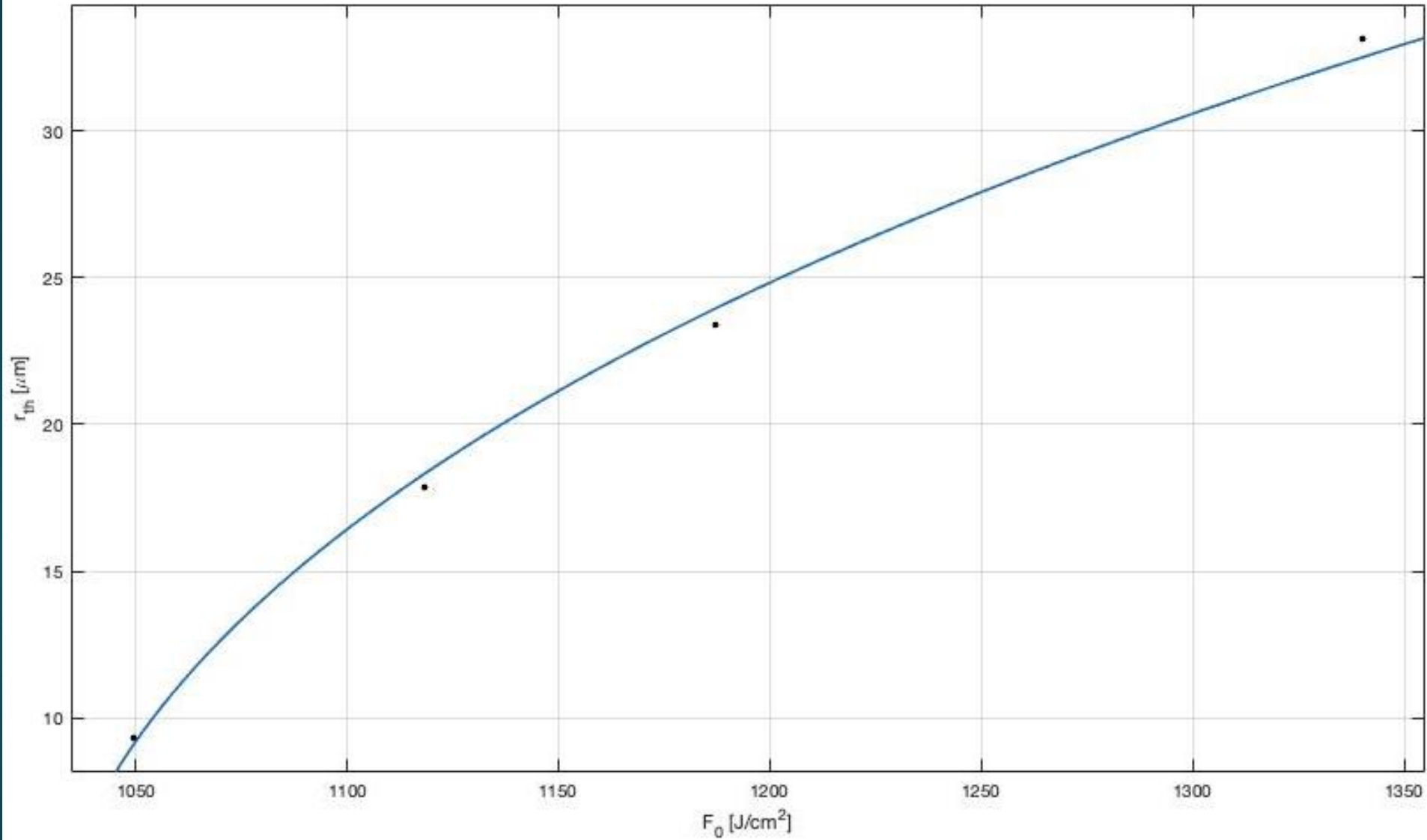
P [W]	$r_{th}$ [ $\mu m$ ]	$W_0 = 1.8 \mu m$	$W_0 = 80 \mu m$
		$F_0$ [J/cm <sup>2</sup> ]	$F_0$ [J/cm <sup>2</sup> ]
13.7 (80%)	9.3	1049	0.50
14.6 (85%)	17.8	1118	0.54
15.5 (90%)	23.3	1187	0.57
17.5 (100%)	33.1	1340	0.64

$$w_0 = \frac{2 \lambda f_l}{\pi d} M^2$$

$$F_0 = \frac{2 P}{f \pi w_0^2}$$

$$r_{th} = w_0 \sqrt{\frac{1}{2} \ln \frac{F_0}{F_{th}}}$$

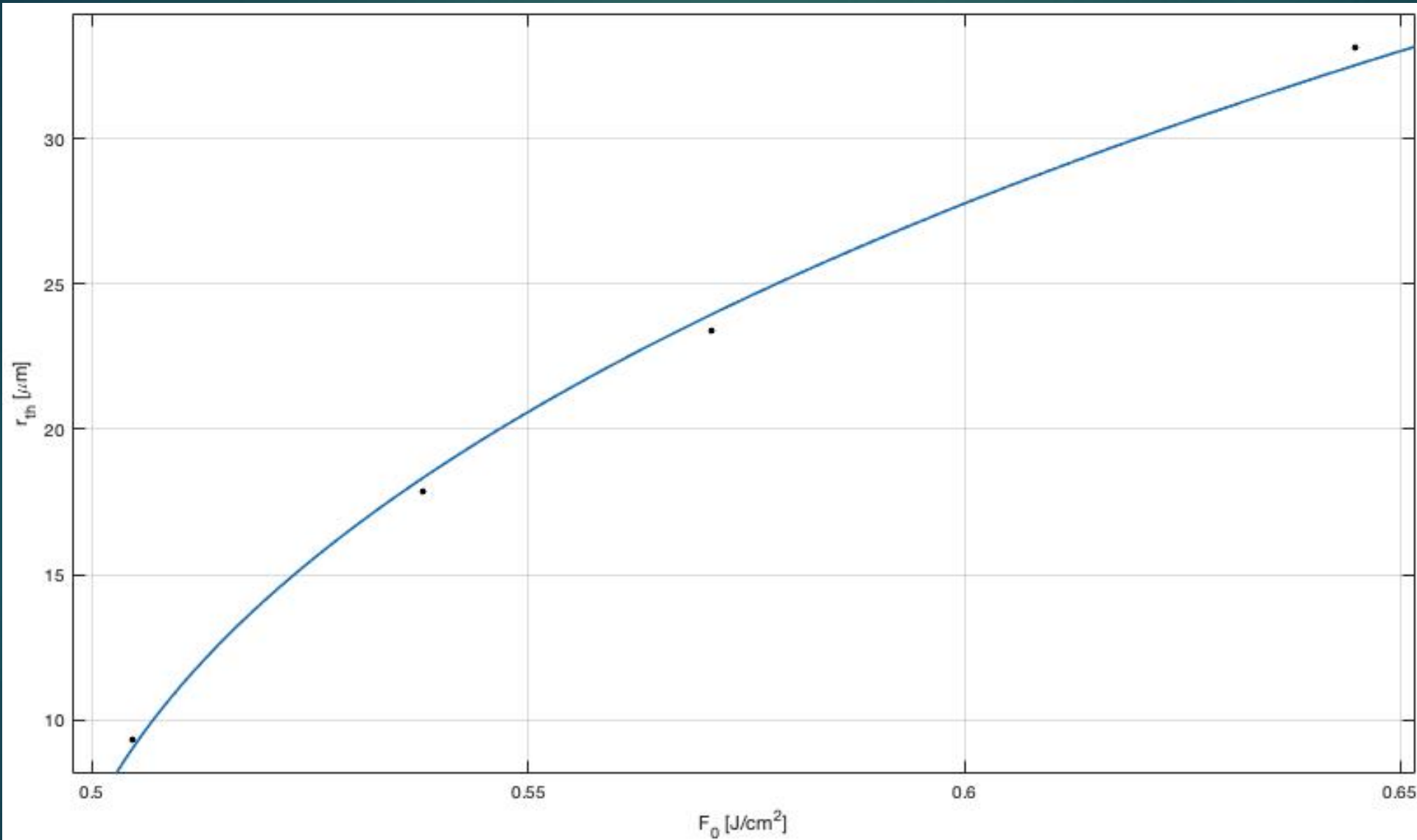




$$W_0 = 1.8 \mu\text{m}$$

$$r_{th} = w_0 \sqrt{\frac{1}{2} \ln \frac{F_0}{F_{th}}}$$

$$F_{th} = 1028 \text{ J}/\text{cm}^2$$



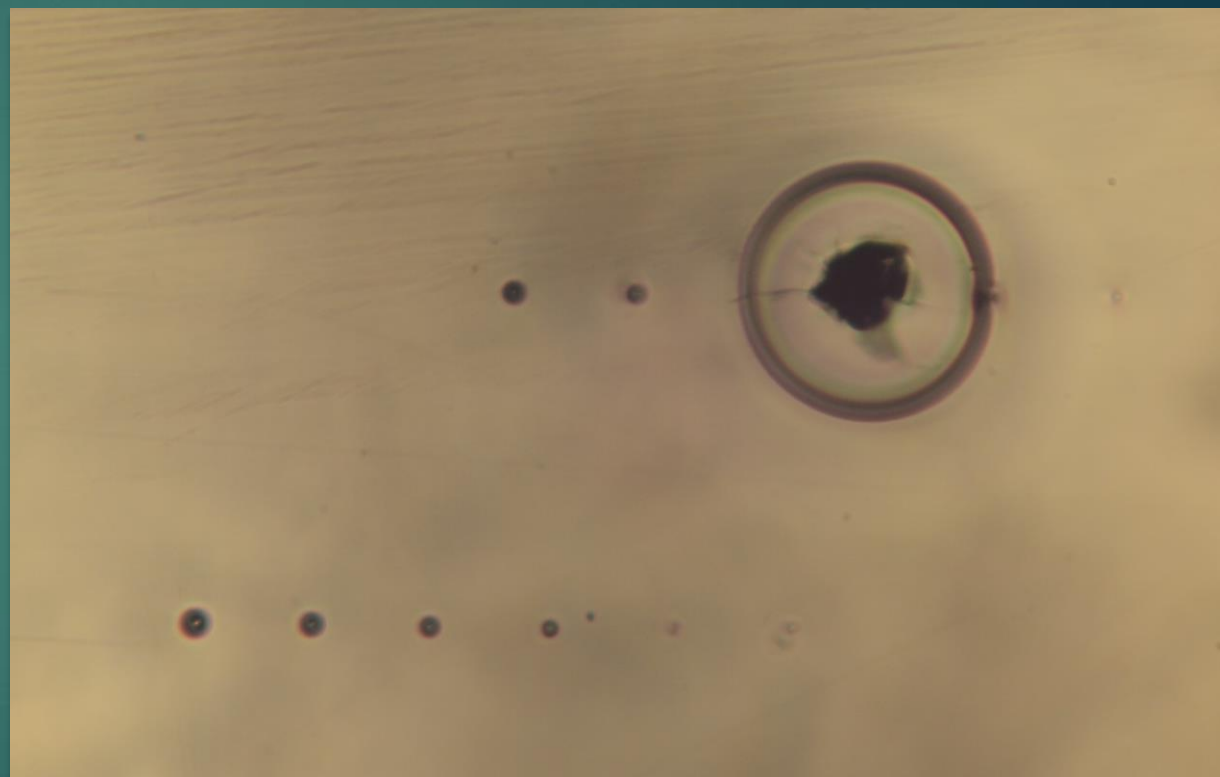
$$w_0 = 80 \mu m$$

$$r_{th} = w_0 \sqrt{\frac{1}{2} \ln \frac{F_0}{F_{th}}}$$

$$F_{th} = 0.49 \text{ J/cm}^2$$

# Rezultati in ugotovitve

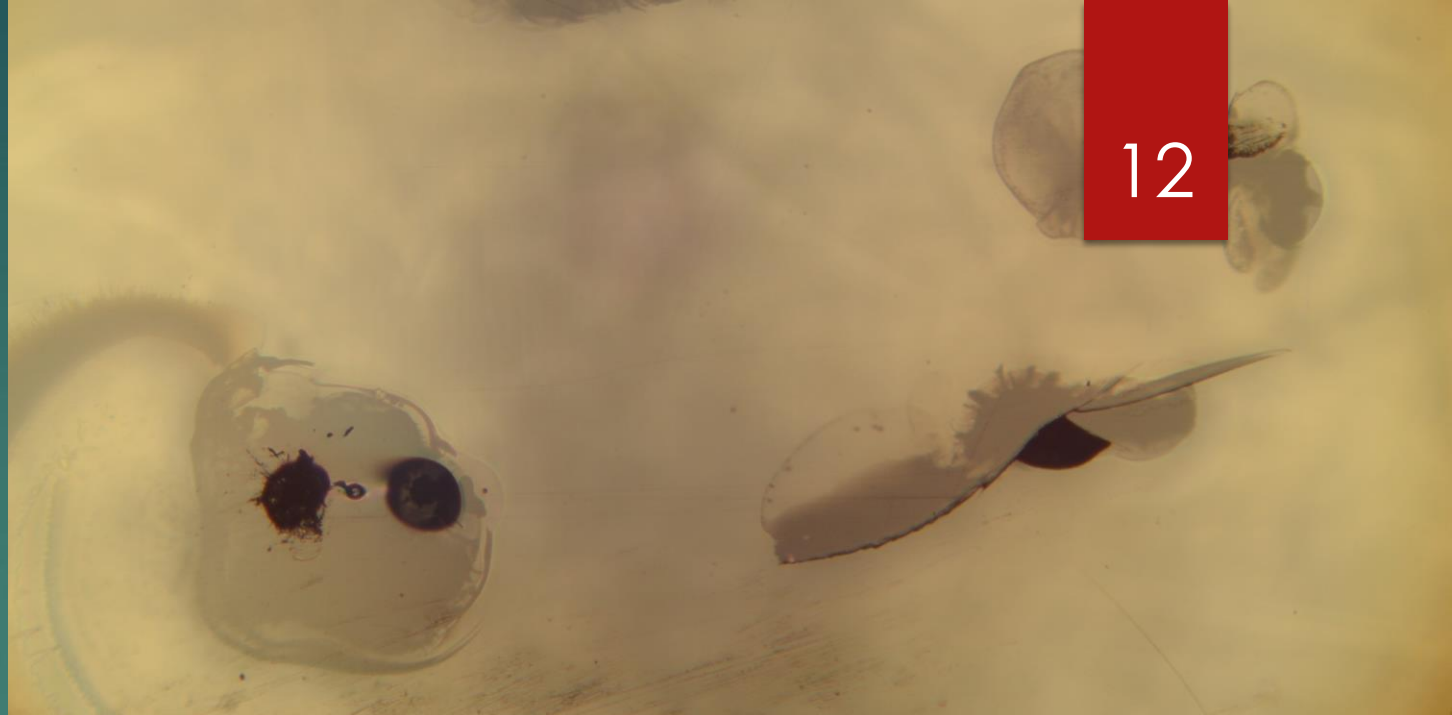
- ▶  $F_{th}$  iz literature se ne sklada z ugotovljenim
- ▶ Na teoretično funkcijo se dobro prilega  $w_0 = 80\mu m$ , razlog v slabi kvaliteti žarka ali drugačnem mehanizmu ablacije pri PMMA
- ▶ Proces je težko obvladovati (težko je dosežati konstantno velikost poškodbe)



Poškodbe pri WF4 (povečava 32x)

- ▶ Boljše rezultate daje WF4, WF0 so poškodbe velike in nepravilnih oblik

- ▶ Hitro presežemo mejo kjer material počni



# Smernice za nadaljnje delo

13

- ▶ Poskusiti drugo lečo (57mm)
- ▶ Morda probati z pikosekundnim laserjem
- ▶ Pregled literature (kako so drugi reševali podobne težave)
- ▶ Izdelava krmilnega algoritma
- ▶ Optimizacija in obvladovanje procesa
- ▶ Končni izdelek



Primer končnega izdelka  
(vir: [my.carousell.com](https://my.carousell.com), 24.3.2020)

# Zaključek

- ▶ Izračunani  $F_{th}$  se ne ujema z literaturo
- ▶ WF4 bolj ustrezen (lepše poškodbe)
- ▶ Proces težko obvladljiv (material hitro počni, nastanejo veliko poškodbe)

- ▶ Shin, Y., Park, S., Kim, Y. *Analysis of Laser Engraving Image inside Crystal an PMMA.* Photon Processing in Microelectronics and Photonics IV, 2005
- ▶ Shin, Yongjin & Park in drugi. (2005). Analysis of laser engraving image inside crystal and PMMA. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2015
- ▶ Li, Y.Z., Chou, Y.T. *Controlled generation of internal cracks in polymethyl methacrylate.* Materials Science and Engineering, 1995
- ▶ B.N. Chichkov, C. Momma: *Femtosecond, picosecond and nanosecond laser ablation of solids.* Applied Physics 1996
- ▶ M.R. Wood: *Laser-Induced Damage of Optical Materials.* Institute of Physics Bristol and Philadelphia, 2003.
- ▶ Gregorčič, P. *Podpovršinsko lasersko graviranje.* LASTEH, 2020