

LASERSKA TEHNIKA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	LASERSKA TEHNIKA
Course title:	LASERS AND LASER APPLICATIONS
Članica nosilka/UL Member:	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Strojništvo, tretja stopnja, doktorski	Proizvodno inženirske znanosti, kibernetika in mehatronika (smer)	1. letnik, 2. letnik	Celoletni	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:

0033459

Koda učne enote na članici/UL Member course code:

7304

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
90					160	10

Nosilec predmeta/Lecturer:

Matija Jezeršek, Rok Petkovšek

Izvajalci predavanj:

Matija Jezeršek, Rok Petkovšek

Izvajalci seminarjev:

Izvajalci vaj:

Izvajalci kliničnih vaj:

Izvajalci drugih oblik:

Izvajalci praktičnega usposabljanja:

Vrsta predmeta/Course type:

Izbirni predmet /Elective course

Jeziki/Languages:

Predavanja/Lectures:

Angleščina, Slovenščina

Vaje/Tutorial:

Angleščina, Slovenščina

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:**Prerequisites:**

Veljajo splošni pogoji za doktorski študij.

General prerequisites for the third level studies.

Vsebina:**Content (Syllabus outline):**

Osnove laserske fizike:

Izbrane teme iz klasične optike. Nelinearna optika, generacija harmonskih frekvenc. Novi laserski viri: aktivne snovi, tehnike črpanja, resonatorji in kvaliteta žarka, oblikovanje žarka, metode za doseganje kratkih in ultrakratkih bliskov.

Teoretični opis vodenja svetlobe po optičnih vodnikih. Eno- in večrodovna optična vlakna. Vlakna za prenos velikih moči. Nelinearni pojavi v optičnih vlaknih.

Interakcija med lasersko svetlobo in snovjo:

Procesi interakcije. Snovne lastnosti (optične, termodinamske, mehanske). Osnovni mehanizmi termičnih laserskih obdelovalnih procesov. Atermalno procesiranje. Asistenca plinov. Optodinamika.

Laserski obdelovalni procesi:

Lasersko rezanje in varjenje. Laserska ablacija. Lasersko vrtanje. Lasersko čiščenje. Lasersko označevanje in graviranje. Lasersko dolbenje. Laserske mikroobdelave v elektroniki in pri izdelavi mikromehanskih komponent. Lasersko upogibanje. Laserska izdelava prototipov. Diagnostika laserskih obdelovalnih procesov. Modeliranje laserskih obdelovalnih procesov.

Fundamentals of laser physics:

Selected topics in classical optics. Non-linear optics, harmonic frequency generation. Novel laser sources: active media, pumping techniques, resonators and beam quality, beam shaping, methods for generation of short and ultra-short laser pulses.

Theoretical description of light propagation in optical waveguides. Single-mode and multi-mode optical fibers. High power optical fibers. Non-linear effects in optical fibers.

Laser light – matter interaction

Interaction processes:

Material properties (optical, thermodynamic, mechanical). Basic mechanisms of thermal laser processing. Athermal processing. Gas assistance. Optodynamics.

Laser processing:

Laser cutting and welding. Laser ablation. Laser drilling. Laser cleaning. Laser marking and engraving. Laser scribing. Laser micro-processing in electronics and in manufacturing of micromechanical components. Laser forming. Laser-based technologies for rapid prototyping. Laser processing diagnostics. Modeling of laser manufacturing processes.

Laser based measurements:

<p>Laserske merilne metode:</p> <p>Lasersko merjenje razdalj, pomikov, kotov, profilov in 3D oblike teles. Laserska triangulacija. Laserska interferometrija. Lasersko dopplersko merjenje hitrosti.</p> <p>Senzorji z optičnimi vlakni:</p> <p>Intenzitetni senzorji. Senzorji na osnovi fazne detekcije.</p> <p>Vlakenski laserji:</p> <p>Fizikalne lastnosti dopiranih optičnih vlaken. Vlakenski laserji velikih moči. Zgradba in delovanje. Metode za doseganje (ultra-) kratkih bliskov in velikih povprečnih moči. Nove valovne dolžine v IR, vidnem in UV področju. Prednosti in omejitve - primerjava s klasičnimi trdninskimi in plinskimi laserji. Oblikovanje in vodenje žarka.</p>	<p>Laser measurement of distance, displacement, angle, profile, and 3D shape of objects. Laser triangulation. Laser interferometry. Laser Doppler anemometry and velocimetry.</p> <p>Optical fiber sensors:</p> <p>Intensity sensors. Sensors based on phase detection.</p> <p>Fiber lasers:</p> <p>Physical properties of doped optical fibers. High power fiber lasers. Structure and operation. Methods for generation of (ultra-) short laser pulses and high average power beams. Novel wavelengths in IR, visible and UV spectral ranges. Advantages and limitations - comparison to classical solid-state and gas lasers. Beam shaping and delivery.</p>
--	---

Temeljna literatura in viri/Readings:

- [1] Das, P: Lasers and Optical Engineering, Springer-Verlag, Berlin, 1991. COBISS.SI-ID - 9827924 (dostopno na FE)
- [2] Smith, F.G., King, T.A., Wilkins, D.: Optics and photonics, Chichester, John Wiley&Sons, 2007. COBISS.SI-ID - 12690482
- [3] Allmen, M. von: Laser-beam interactions with materials.- Berlin [etc.]: Springer, 1987. COBISS.SI-ID - 264453
- [4] Schuoecker, D.: High power lasers in production engineering, London, Imperial College Press, 1999. COBISS.SI-ID - 3776539
- [5] Steen, W.M.: Laser material processing, London, Springer Verlag, 2003. COBISS.SI-ID - 6669851
- [6] Ion, J.C.: Laser processing of engineering materials, Oxford, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. COBISS.SI-ID - 8185883
- [7] Gasvik, K.J.: Optical metrology, Chichester, John Wiley & Sons, 2002. COBISS.SI-ID - 11175195
- [8] J.A. Buck, Fundamentals of Optical Fibers, 2nd edition, Wiley 2004. COBISS.SI-ID - 1830678
- [9] D.A. Krohn, Fiber optic sensors, Instrument society of America, 1992. COBISS.SI-ID - 499483
- [10] Čopič, Martin, Vilfan, Mojca, Fotonika, Fakulteta za matematiko in fiziko, 2020. COBISS.SI-ID - 34035203

Cilji in kompetence:

Glavni cilj tega predmeta je vpeljati študente v razumevanje fizikalnih osnov in značilnosti laserjev in interakcije med lasersko svetlobo in snovjo. Poudarek bo

Objectives and competences:

The main goal of this course is to introduce engineers to the physical fundamentals and characteristics of laser sources and laser light-matter

dan pomenu značilnosti laserjev za različne industrijske aplikacije. Ob zaključku predmeta naj bi študenti poznali napredne eksperimentalne prijeme in bili kompetentni za samostojno raziskovalno in razvojno delo na področju laserske tehnike. Usposobljeni naj bi bili tudi za razvoj laserskih obdelovalnih in merilnih sistemov v industriji in drugih dejavnostih.	interaction. The importance of different laser properties for various industrial applications will be emphasised. At the end of the course, students should be familiar with advanced experimental techniques and be competent for conducting individual research in the area of lasers and laser applications. They will also acquire the ability to perform the development and control of laser material processing and measurement systems in industry and medicine.
---	--

Predvideni študijski rezultati:

Glavni cilj tega predmeta je vpeljati študente v razumevanje fizikalnih osnov in značilnosti laserjev in interakcije med lasersko svetlobo in snovjo. Poudarek bo dan pomenu značilnosti laserjev za različne industrijske aplikacije. Ob zaključku predmeta naj bi študenti poznali napredne eksperimentalne prijeme in bili kompetentni za samostojno raziskovalno in razvojno delo na področju laserske tehnike. Usposobljeni naj bi bili tudi za razvoj laserskih obdelovalnih in merilnih sistemov v industriji in drugih dejavnostih.	Intended learning outcomes: The main goal of this course is to introduce engineers to the physical fundamentals and characteristics of laser sources and laser light-matter interaction. The importance of different laser properties for various industrial applications will be emphasised. At the end of the course, students should be familiar with advanced experimental techniques and be competent for conducting individual research in the area of lasers and laser applications. They will also acquire the ability to perform the development and control of laser material processing and measurement systems in industry and medicine.
---	--

Metode poučevanja in učenja:

Predavanja, laboratorijske vaje, seminarsko delo, e-izobraževanje, konzultacije. Seminarsko delo v čim večji meri navezuje se na področje doktorskega raziskovanja. Študij z uporabo priporočene literature.	Learning and teaching methods: Lectures, laboratory practice & seminar work, e-education, consulting. The seminar work is related, as much as possible, to the student's doctoral research field. Study on a recommended literature basis.
--	--

Načini ocenjevanja:

Delež/Weight

Assessment:

Način (seminar, naloge, ustni izpit) • Seminar (40%) • Naloge (30%) • Ustni izpit		Method (seminar, assignments, oral examination): • seminar (40%) •
---	--	--

(30%)		assignments (30%) • oral examination (30%)
--------	--	---

Ocenjevalna lestvica:

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10

Grading system:

5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

Reference nosilca/Lecturer's references:

prof. dr. Matija JEZERŠEK

Matija Jezeršek, Katja Molan, Saša Terlep, Špela Levičnik Hoefflerle, Boris Gašpir, Matjaž Lukač, David Stopar, "The evolution of cavitation in narrow soft-solid wedge geometry mimicking periodontal and peri-implant pockets", *Ultrasonics Sonochemistry*, Mar. 2023, vol. 94, [article no.] 106329, str. 1-12, ilustr., ISSN 1350-4177, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135041772300041X>, DOI: [10.1016/j.ultsonch.2023.106329](https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106329). [COBISS.SI-ID [141487619](#)], [JCR, SNIP, Scopus]

Gaia Kravanja, Inna A. Belyaeva, Luka Hribar, Irena Drevenšek Olenik, Mikhail Shamonin, Matija Jezeršek, "Laser micromachining of magnetoactive elastomers as enabling technology for magnetoresponsive surfaces", *Advanced materials technologies*, May 2022, vol. 7, art. no. 2101045, 8 str., ilustr., ISSN 2365-709X, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/admt.202101045>, DOI: [10.1002/admt.202101045](https://doi.org/10.1002/admt.202101045). [COBISS.SI-ID [81234691](#)], [JCR, SNIP, WoS do 20. 1. 2023: št. citatov (TC): 6, čistih citatov (CI): 5, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0,83]

Luka Hribar, Peter Gregorčič, Matej Senegačnik, Matija Jezeršek, "The influence of the processing parameters on the laser-ablation of stainless steel and brass during the engraving by nanosecond fiber laser", *Nanomaterials*, [Online ed.], Jan. 2022, vol. 12, iss. 2, str. 1-20, ilustr., ISSN 2079-4991, <https://www.mdpi.com/2079-4991/12/2/232>, DOI: [10.3390/nano12020232](https://doi.org/10.3390/nano12020232). [COBISS.SI-ID [93100547](#)], [JCR, SNIP, WoS do 18. 12. 2022: št. citatov (TC): 6, čistih citatov (CI): 6, čistih citatov na avtorja (CIAu): 1,50, Scopus do 2. 4. 2023: št. citatov (TC): 12, čistih citatov (CI): 11, čistih citatov na avtorja (CIAu): 2,75]

Daniele Vella, Aleš Mrzel, Aljaž Drnovšek, Vasyl Shvalya, Matija Jezeršek, "Ultrasonic photoacoustic emitter of graphene-nanocomposites film on a flexible substrate", *Photoacoustics*, Dec. 2022, vol. 28, str. 1-10, ilustr., ISSN 2213-5979, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213597922000787>, DOI: [10.1016/j.pacs.2022.100413](https://doi.org/10.1016/j.pacs.2022.100413). [COBISS.SI-ID [126257667](#)], [JCR, SNIP, WoS, Scopus]

prof. dr. Rok PETKOVŠEK

LOKAR, Žiga, HORVAT, Darja, PETELIN, Jaka, PETKOVŠEK, Rok. Ultrafast measurement of laser-induced shock waves. *Photoacoustics*. Apr. 2023, vol. 30, str. 1-6, ilustr. ISSN 2213-5979. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213597923000186>, DOI: [10.1016/j.pacs.2023.100465](https://doi.org/10.1016/j.pacs.2023.100465). [COBISS.SI-ID [142848515](#)], [JCR, SNIP, WoS, Scopus]

kategorija: 1A1 (Z, A'', A', A1/2); uvrstitev: SCIE, Scopus, MBP (COMPENDEX, DOAJ, INSPEC, PUBMED); tip dela je verificiral OSICN

MARŠ, Matevž, AGREŽ, Vid, PETKOVŠEK, Rok. Ultrashort pulsed seed source based on DFB diode and Mamyshev filtering. *Optics and laser technology*. [Print ed.]. Aug. 2023, vol. 163, str. 1-8, ilustr. ISSN 0030-3992.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0030399223003146>,

<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=145154>. [COBISS.SI-ID

148346883], [JCR, SNIP] kategorija: 1A1 (Z, A'', A', A1/2); uvrstitev: SCIE, Scopus, MBP (COMPENDEX, INSPEC); tip dela je verificiral OSICN

AGREŽ, Vid, MUR, Jaka, PETELIN, Jaka, PETKOVŠEK, Rok. Near threshold nucleation and growth of cavitation bubbles generated with a picosecond laser. *Ultrasonics Sonochemistry*. Jan. 2023, vol. 92, str. 1-8, ilustr. ISSN 1350-4177.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135041772200339X>,

<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=142960>, DOI:

[10.1016/j.ultsonch.2022.106243](https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106243). [COBISS.SI-ID [132471299](https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106243)], [JCR, SNIP, WoS do 22. 3. 2023: št. citatov (TC): 1, čistih citatov (CI): 1, čistih citatov na avtorja (CIAu):

0,25, [Scopus](https://www.scopus.com/citations?authorId=101091111000) do 11. 2. 2023: št. citatov (TC): 2, čistih citatov (CI): 2, čistih citatov

na avtorja (CIAu): 0,50] kategorija: 1A1 (Z, A'', A', A1/2); uvrstitev: SCIE, Scopus,

MBP (COMPENDEX, DOAJ, GEOREF, INSPEC, MEDLINE, PUBMED); tip dela je verificiral OSICN

ČERNE, Luka, ŠUŠNJAR, Peter, PETKOVŠEK, Rok. Compensation of optical nonlinearities in a femtosecond laser system in a broad operation regime. *Optics and laser technology*. [Print ed.]. Mar. 2021, vol. 135, str. 1-9, ilustr. ISSN 0030-3992.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0030399220313396>,

<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=138252>, DOI:

[10.1016/j.optlastec.2020.106706](https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2020.106706). [COBISS.SI-ID [36354563](https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2020.106706)], [JCR, SNIP, WoS do 1. 5. 2023: št. citatov (TC): 5, čistih citatov (CI): 3, čistih citatov na avtorja (CIAu):

1,00, [Scopus](https://www.scopus.com/citations?authorId=101091111000) do 10. 4. 2023: št. citatov (TC): 5, čistih citatov (CI): 3, čistih citatov

na avtorja (CIAu): 1,00] kategorija: 1A1 (Z, A'', A', A1/2); uvrstitev: SCIE, Scopus, MBP

(COMPENDEX, INSPEC, PUBMED); tip dela je verificiral OSICNOVČIČ, Urban,

DIACI, Janez, MOŽINA, Janez, JEZERŠEK, Matija. Wound perimeter, area, and

volume measurement based on laser 3D and color acquisition. *BioMedical engineering online*, ISSN 1475-925X, Apr. 2015, vol. 14, f. 1-15, ilustr., doi:

[10.1186/s12938-015-0031-7](https://doi.org/10.1186/s12938-015-0031-7).