

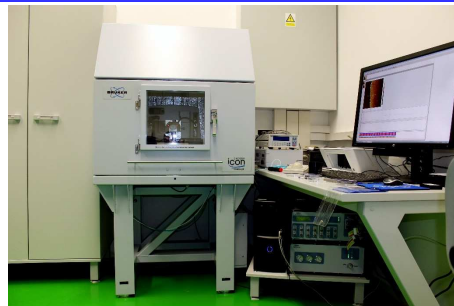
CENTAR ZA MIKRO- I NANOZNANOSTI I TEHNOLOGIJE

Laboratorij za precizno inženjerstvo i tehnologiju
mikro- i nanosustava

Bruker Dimension Icon SPM instaliran u Laboratoriju za precizno inženjerstvo i tehnologiju mikro- i nanosustava pri CMNZT u kampusu na Trsatu:



S. Zelenika



LPITMNS.ppt

Objedinjuje AFM i STM.

Radi u kontaktnom i polukontaktnom modalitetu (posebna zatvorena petlja održava dodirnu silu (progib gređice koja nosi vršak) konstantnom što ograničava tu silu na < 200 pN tj. nižom od *tapping* sile ostalih uređaja – *PeakForce tapping*).

Može mjeriti modul elastičnosti, adheziju, poprečnu silu (LFM), spektroskopiju i modulaciju sile, vršiti elektrokemijsku analizu, mjerenja električnog polja i magnetske sile, površinskog potencijala, piezoelektrične sile, moguća je nanolitografija, ... moguće je mjerenje u tekućem mediju za biotehno- loške primjene, mjerenje uz grijanje i hlađenje uzorka, ... uz prikaz izmjerenih podataka kao slika s 5.120×5.120 pixels. Uzorci držani vakuumski na osloncu mogu biti veliki više mm uz dvostranu ponovljivost pozicioniranja od $3 \mu\text{m}$, dok je područje pretraživanja $90 \times 90 \mu\text{m}$.

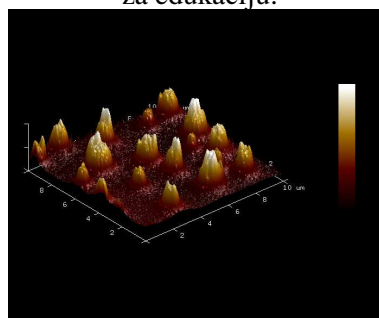
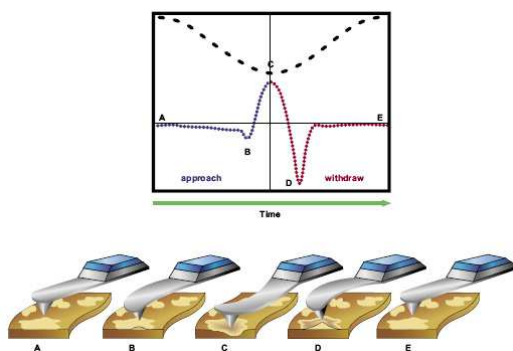
Obuhvaća toplinsku (puzanje < 200 pm/min) te izolaciju vibracija (1" Si prigušni „jastuk” + komprimirani zrak – < 30 pm RMS), mikroskop i CCD kameru, te kontrolni SW.

S. Zelenika

LPITMNS.ppt

PeakForce Tapping™ is an AC imaging technique, i.e., the cantilever is oscillated but well below resonance. This results in a continuous series of force-distance curves. In addition to direct force control by keeping the peak force constant, a multitude of material properties can be extracted and quantified from the force-distance curve at each pixel within an image, such as modulus, adhesion force, and deformation depth.

Rezultati na dvokomponentnom polimeru kojega Bruker koristi za edukaciju:



S. Zelenika

LPITMNS.ppt

Tehničke karakteristike:

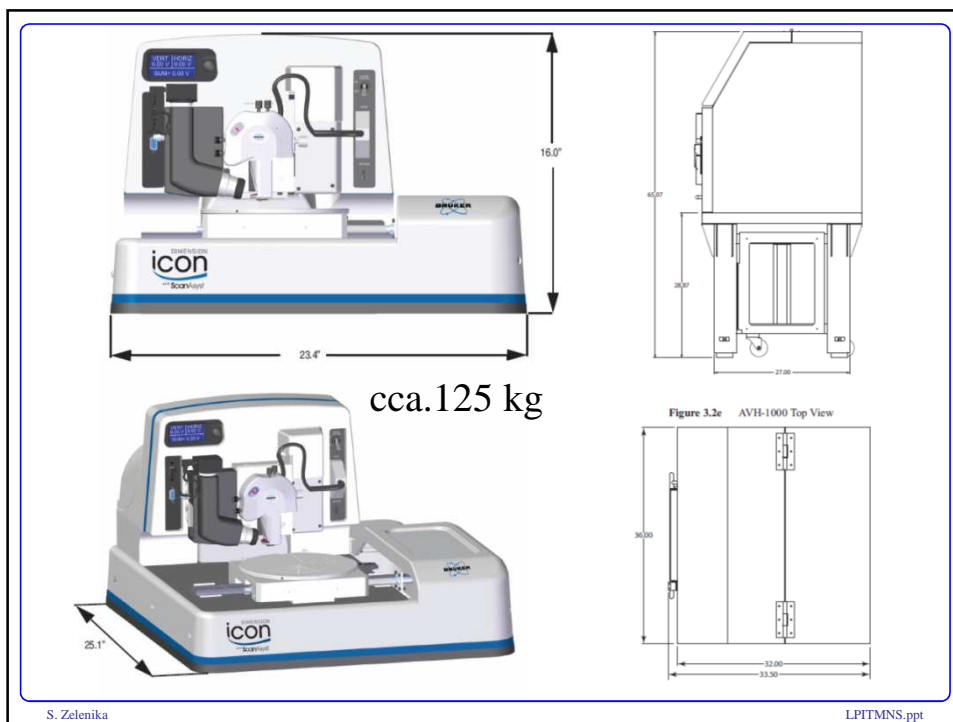
Specifications

X-Y scan range	90µm x 90µm typical, 85µm minimum
Z range	10µm typical in imaging and force curve modes, 9.5µm minimum
Vertical noise floor	<30pm RMS in appropriate environment typical imaging bandwidth (up to 625Hz)
X-Y position noise (closed-loop)	≤0.15nm RMS typical imaging bandwidth (up to 625Hz)
X-Y position noise (open-loop)	≤0.10nm RMS typical imaging bandwidth (up to 625Hz)
Z sensor noise level (closed-loop)	35pm RMS typical imaging bandwidth (up to 625Hz); 50pm RMS, force curve bandwidth (0.1Hz to 5kHz)
Integral nonlinearity (X-Y-Z)	<0.5% typical
Sample size/holder	210mm vacuum chuck for samples, ≤210mm diameter, ≤15mm thick
Motorized position stage (X-Y axis)	180mm x 150mm inspectable area; 2µm repeatability, unidirectional; 3µm repeatability, bidirectional
Microscope optics	5-megapixel digital camera; 180µm to 1465µm viewing area; Digital zoom and motorized focus
Controller	NanoScope V
Workstation	Integrates all controllers and provides ergonomic design with immediate physical and visual access
Vibration isolation	Integrated, pneumatic
Acoustic isolation	Operational in environments with up to 85dBC continuous acoustic noise
AFM modes	Standard: ScanAsyst, PeakForce Tapping, TappingMode (air), Contact Mode, Lateral Force Microscopy, PhaseImaging, Lift Mode, MFM, Force Spectroscopy, Force Volume, EFM, Surface Potential, Piezoresponse Microscopy, Force Spectroscopy; Optional: PeakForce QNM, HarmoniX, Nanoindentation, Nanomanipulation, Nanolithography, Force Modulation (air/fluid), TappingMode (fluid), Torsional Resonance Mode, Dark Lift, STM, SCM, C-AFM, SSRM, PeakForce TUNA, TUNA, TR-TUNA, VITA
Certification	CE

[www.bruker.com]

S. Zelenika

LPITMNS.ppt



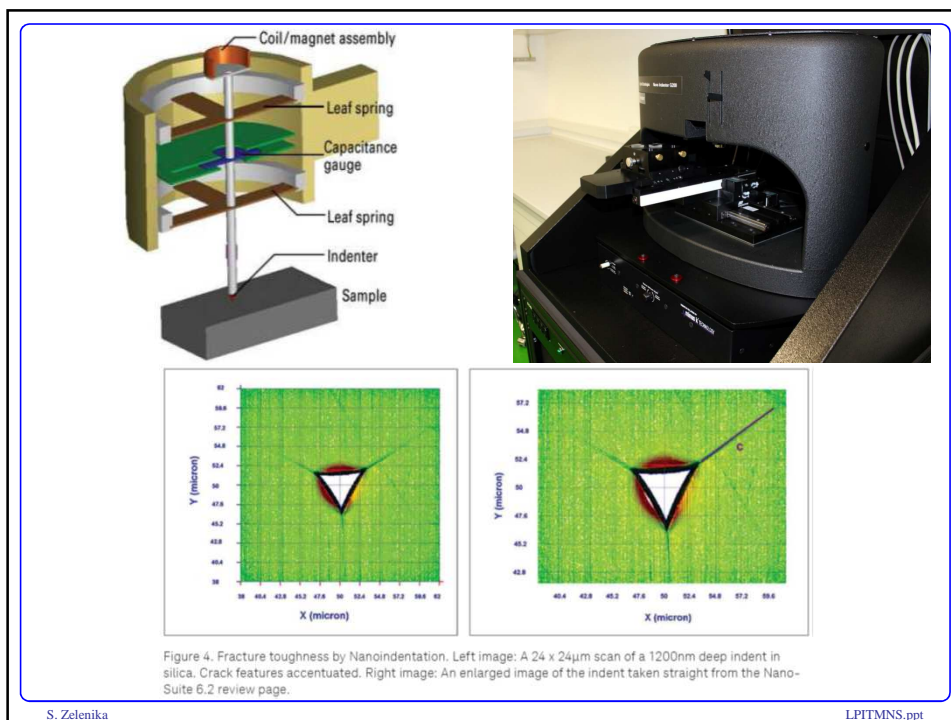
Uređaj je toplinski te dinamički (i akustički) izoliran ali i okoliš mora jamčiti odgovarajuće razine stabilnosti.

Elektromagnetsko pokretanje (u principu *voice coil*) tj. generiranje opterećenja (max 0,5 N s razlučivošću 50 nN uz *high-load* sustav za opterećenja od 0,1 mN ... 10 N, krutost sustava opterećivanja (koji se vodi sustavom lisnatih opruga): $5 \cdot 10^6$ N/m) i kapacitivno mjerenje pomaka (razlučivost $< 0,01$ nm na rasponu > 500 μm , jamčena ravnost pomaka na 100 μm je 10 nm) na 4 uzorka s veličinom pretraživanja do 100 x 100 mm (razl.: 0,1 μm , točnost: 1 μm), sve automatski upravljano (*feedback* temeljen na enkoderima).

Mjerenje modula elastičnosti i tvrdoće sukladno normi ISO 14577. Omogućava i LFM mjerenje s razlučivošću ≤ 2 μN i max poprečnom silom ≥ 250 mN. Mjerenja s malom silom omogućavaju dobivanje topologije površine nakon utiskivanja. Berkovich, *cube corner*, konusni, sferni i Vickers vrškovi. Ima optički sustav (10x i 40x uvećanje) za vizualizaciju uzorka, mikroskop s CCD kamerom te SW za analizu podataka.

S. Zelenika

LPITMNS.ppt



S. Zelenika

LPITMNS.ppt

Tehničke karakteristike:

Keysight Nano Indenter G200 specifications

Standard XP Indentation Head			
Displacement resolution	< 0.01 nm	Typical damping coefficient	0.02 Ns/m
Total indenter travel	1.5 mm	Typical resonant frequency	120 Hz
Maximum indentation depth	> 500 μ m	Lateral stiffness	80,000 N/m
Load application	Coil/magnet assembly	Loading capability	
Displacement measurement	Capacitance gauge	Maximum load	30 mN (13 gm)
Loading capability		Load resolution	3 nN (0.3 μ gm)
Maximum load (standard)	500 mN	Express Test Option	
Maximum load with DCM II option	30 mN	Time per indentation	Standard < 5.0 sec
Maximum load with High Load option	10 N	LFM Option	
Load resolution	50 nN	Maximum lateral force	> 250 mN
Contact force	< 1.0 μ N	Lateral resolution	< 2 μ m
Load frame stiffness	$\sim 5 \times 10^6$ N/m	Maximum scratch distance	> 100mm
Indentation placement		Scratch speed	100 nm/s up to 2 mm/s
Useable surface area	100 mm x 100 mm	High Load Option	
Position control	Automated remote with mouse	Maximum force	10 N
Positioning accuracy	1 μ m	Load resolution	≤ 1 mN
Microscope		Maximum indentation depth	≥ 500 μ m
Video screen	25x (x objective mag.)	Displacement resolution	0.01 nm
Objective	10x and 40x	Frame stiffness	$\geq 5 \times 10^6$ N/m
DCM II Indentation Head Option		NanoVision Option	
Displacement resolution	0.0002 nm (0.2 picometers)	X-Y scan range	100 μ m x 100 μ m
Range of indenter travel	70 μ m	Z scan range	Indentation head dependent
Loading column mass	< 150 mg	Positioning accuracy	≤ 20 nm
Load application	Coil/magnet assembly	Resonant frequency	> 120 Hz
Displacement measurement	Capacitance gauge		
Typical leaf spring stiffness	~ 100 N/m		

S. Zelenika

LPITMNS.ppt

Certifikat karakteristika vrška (u ovom slučaju *cube-cornera*):

NANO INDENTER SPECIFICATIONS				
Serial Number	TC23462			
Description	Cube Corner			
Holder Type	Stainless Steel, Tabbed			
<input checked="" type="checkbox"/> Diamond	<input type="checkbox"/> Conductive Diamond			
<input type="checkbox"/> Sapphire	<input type="checkbox"/> Other			
MEASUREMENTS				
Dimension	Nominal	Measured	Uncertainty	Units
Angle a_1	35.26	35.54	± 0.025	°
Angle a_2	35.26	35.50	± 0.025	°
Angle a_3	35.26	35.41	± 0.025	°
Angle a_4				
Angle b_{12}	120.00	119.83	± 0.025	°
Angle b_{13}	240.00	239.96	± 0.025	°
Angle b_{14}				
Angle c				
Angle e				
Line L				
Radius R	520	520		nm
Diameter D				
Area A				
Indentation Depth h	2	2		μ m
Surface Roughness r				

FLAT ENDS: A ∇ B \square C \circ

INSPECTED BY: *me* DATE: 10/13/2014

MICROSTAR TECHNOLOGIES

S. Zelenika

LPITMNS.ppt

Stratasys Fortus 250mc 3D printer pri Laboratoriju za precizno inženjerstvo i tehnologiju mikro- i nanosustava – CMNZT u kampusu na Trsatu: za izratke volumena 254 x 254 x 305 mm uz debljinu sloja od 178 μm i točnost pozicioniranja od 240 μm , 2 glave (za materijal izratka i za potporu visećim strukturama), FDM (*Fused Deposition Modelling*) tehnologija (grijanje i ekstruzija termoplastike), materijal: ABSplus (acrylonitrile butadiene styrene); unos STL (*Standard Tessellation Language*) 3D modela iz CAD-a + softver za optimiranje procesa (s potpornom strukturom); povrativo inženjerstvo omogućeno uz primjenu već spomenutog 3D DAVID SLS-a skenera). Na GF-u istovremeno dostupan 3D pisač (Stratasys Connex 500) za nanošenje više (do 14) materijala različitih krutosti (sve u jednoj konstrukciji) PolyJet tehnologijom (slično desktop printerima, ali su kapljice iz fotopolimernog materijala koji otvrdnjava pod UV svjetlošću) uz razlučivost nanošenja slojeva do 16 μm .

[www.stratasys.com]

S. Zelenika

LPITMNS.ppt

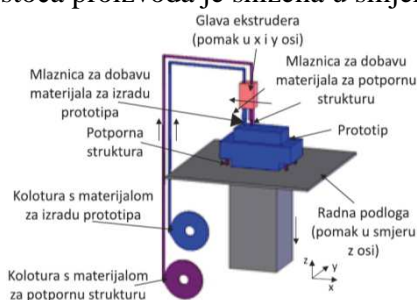


S. Zelenika

LPITMNS.ppt

FDM proces:

- prednosti: nije potreban laser, brz i siguran postupak, manja je potrošnja energije, nema zahtjeva za hlađenjem i ventilacijom, jednostavna uporaba, relativno mala investicija, niski troškovi održavanja, male izmjere uređaja (nema zahtjeva za odvojenim radnim prostorom), nema vitoperenja proizvoda;
- nedostaci: površina je relativno gruba a tvorevine mogu biti porozne, funkcionalnost proizvoda je ograničena izborom materijala, vrlo je često nužna izrada podupora, nužna je naknadna obrada proizvoda, vidljive su linije između slojeva, čvrstoća proizvoda je snižena u smjeru okomitom na smjer izrade slojeva, oscilacije temperature tijekom postupka mogu dovesti do delaminacije (raslojavanja) proizvoda; radi zagrijavanja, taljenja i očvršćivanja hlađenjem ABS se steže i do par %.

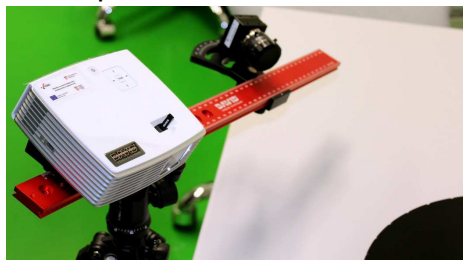


[Godec et al., TehnZnan HATZ, 2015]

S. Zelenika

LPITMNS.ppt

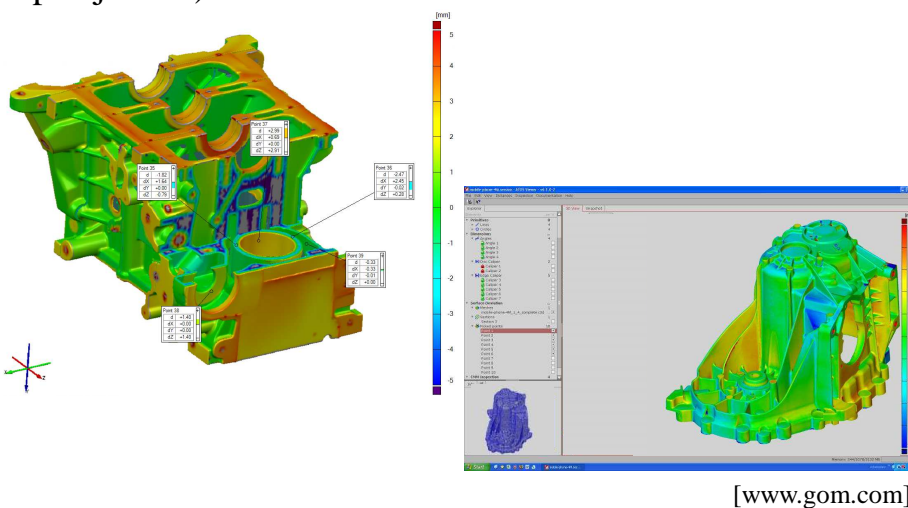
Moderni 3D (beskontaktni – CMM je u principu kontaktni 3D skener!) skeneri na kojima se temelji *obrnuto (povrativo) inženjerstvo (reverse engineering)*:
 Pri CMNZT na kampusu: DAVID SLS-2 (*Structured Light Technology*): međusobna udaljenost i kut kamere i projektor su znani, pa je distorzija reflektiranog svjetlosnog uzorka (*fringes*) ovisna o geometriji objekta; projektor + kamera + kalibracijski paneli + okretni sto područje skeniranja 500 mm, razlučivost točnost 1‰ veličine objekta, sa softverskim sučeljem, prenosiv s tronošcem, izvoz podataka prema CAD-u:



S. Zelenika

LPITMNS.ppt

Post-procesiranje: 3D softver koji iz oblaka točaka generira mrežu poligona za 3D inspekciju, tj. analizu komponenti (npr. usporedba s nominalnim 3D oblikom i dimenzijama – i u presjecima):



S. Zelenika

LPITMNS.ppt

CNC obradni strojevi za pripremu uzoraka pri Laboratoriju za precizno inženjerstvo i tehnologiju mikro- i nanosustava – CMNZT u kampusu na Trsatu: **Hass Automation obradni centri iz serije Haas Office** koji se odlikuju malim dimenzijama (zadanim raspoložim prostorom) ali izvanrednim performansama te izuzetnim pogodnostima za korisnike: od kvalitete sučelja, HAAS/Fanuc upravljačkih jedinica do iznimne podrške korisnicima od strane predstavničke tvrtke u RH Teximp d.o.o.



[int.haascnc.com]

S. Zelenika

LPITMNS.ppt

Haas Office OM-2A glodalica: u gabaritima od samo 1,7x0,84x1,9 m omogućava obradu na 5 osi s do 20 alata s automatskom izmjenom pri 305 x 254 x 305 mm pomaka uz razlučivost pomaka od 1 μ m, brzine vrtnje do 30.000 okr./min i snage do 3,7 kW:



S. Zelenika



LPITMNS.ppt

Haas Office OL-1 tokarilica: s dimenzijama od samo 1,3x0,84x1,8 m ali s 2 osi i 12 različitih alata uz promjer tokarenja do 125 mm, razlučivosti pomaka do 1 μ m, snage do 5,6 kW i brzine vrtnje do 6.000 okr./min:

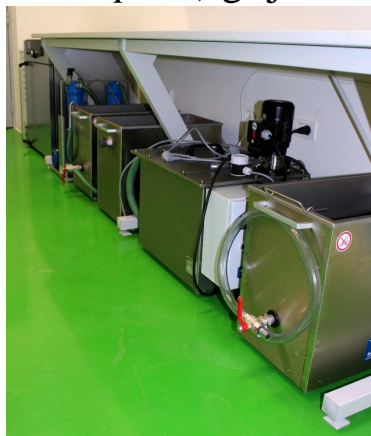


S. Zelenika



LPITMNS.ppt

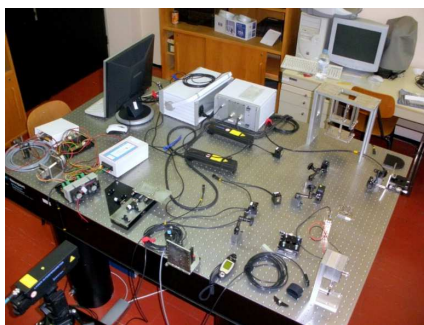
Sustav za UZ čišćenje pri Laboratoriju za precizno inženjerstvo i tehnologiju mikro- i nanosustava u CMNZT u kampusu na Trsatu: grijano (do 70 °C) pretpranje sa separacijom ulja → UZV (10 PZT pretvornika, 40 kHz, 500 W uz 2 kW *peak*) grijana kupka (45 l) od nehrđajućeg čelika za čišćenje s „nježnim” (pH 9.9) deterdžentom te s filtriranjem medija (od čestica) → 2 stupnja kupki za ispiranje u demineraliziranoj vodi uz grijanje (1,2 kW, 30 – 80 °C) → sušenje vrućim zrakom (do 300 °C):



S. Zelenika

LPITMNS.ppt

Kidalica (do 5 kN, razlučivost 2 mN i 10 μm, za metale, keramike, polimere i kompozite) – **Shimadzu Autograph AGS-X:**



Optički stol i optomehanika Newport: elementi za visokoprecizno (i nanometarsko!) pozicioniranje i prikupljanje podataka te regulaciju i upravljanje mehatroničkim sustavima (precenglab.riteh.uniri.hr).

S. Zelenika

LPITMNS.ppt

U drugim laboratorijima CMNZT (ukupna vrijednost opreme > 30 M HRK):

- pretražni elektronski mikroskop (SEM), maseni spektrometar sekundarnih iona i neutrona, profilometar površina, sustav za taloženje atomskih slojeva, vakuumska oprema;
- termogravimetrijski analizator, dinamički mehanički analizator, IR spektrometar, kromatograf, lab. kidalica za makromolekule, dvovaljak, plinski adsorpcijski porozimetar, preša s grijanim pločama, UV sustav za fotopolimerizaciju, suha komora;
- spektroskopski oslikavajući elipsometar, mjerenje elektroforetske pokretljivosti/analiza veličine (nano)čestica, ciklička voltametriju i elektrokemijska impedancijska spektroskopija, pročišćavanje i deionizacija vodovodne vode, vage;
- uređaj za digitalizaciju i procesiranje podataka, elektronika za generiranje i mjerenje signala, izvor koherentne svjetlosti - laser, optika i optomehanika.

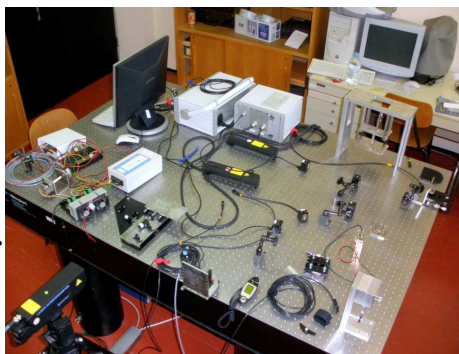
S. Zelenika

LPITMNS.ppt

Laboratorij za precizno inženjerstvo:

optički stol i automatizirani sustav za visokoprecizno pozicioniranje i odgovarajuće prikupljanje podataka nabavljeni kroz SCOPES program Švicarske nacionalne zaklade za znanost, edukacijski pretražni tunelirajući mikroskop i laserski vibrometar preko MZOŠ, laserski interferometrijski sustav i stereomikroskop preko NZZ (HRZZ). Sustavi za precizno konstruiranje, mjerenje, manipulaciju i montažu, “žetvu” energije, ... u ispitivanju, optimiziranju, korištenju, ...

→ precenglab.riteh.uniri.hr



S. Zelenika

LPITMNS.ppt