

# Mjerenja u nanotehnologiji

---

**Kvaternik, Antun**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2014**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:615192>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-21**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

**Stručni studij**

**MJERENJA U NANOTEHNOLOGIJI**

**Završni rad**

**Antun Kvaternik**

**Osijek, 2014.**

# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	NANOMETROLOGIJA .....	2
2.1.	Potreba za razvojem.....	3
3.	STANDARDI.....	4
3.1.	Međunarodni standardi .....	4
3.2.	Državni standardi.....	5
3.3.	Kalibracija .....	5
4.	ELEKTRIČNA MJERENJA KOD NANOMATERIJALA.....	6
4.1.	Ispitivanje svojstava materijala .....	6
4.2.	Struktura i ponašanje čestica .....	6
4.2.1.	Električna svojstva .....	8
4.2.2.	Kemijska svojstva .....	9
4.3.	Svojstva povezana sa električnim mjerenjima.....	9
4.4.	Određivanje gustoće stanja.....	11
4.4.1.	Spektroskopija x-zraka .....	11
4.4.2.	Izravna električna mjerenja .....	11
4.4.3.	Nanomanipulator .....	12
4.5.	Električna mjerenja u nanotehnologiji.....	13
4.5.1.	Općenita razmatranja.....	13
4.5.2.	Brzina, osjetljivost i točnost .....	14
4.5.3.	Električni šum .....	14
4.6.	Mjerenje otpora molekule.....	15
5.	MJERNI INSTRUMENTI .....	18
5.1.	Skenirajući tunelski mikroskop .....	18
5.1.1.	Procedura mjerenja.....	18
5.1.2.	Instrumentacija .....	19
5.2.	Mikroskop atomskih sila .....	20
5.2.1.	Osnovni principi rada AFM .....	20
5.3.	Skenirajući elektronski mikroskop .....	22
5.3.1.	Principi .....	22
5.3.2.	Proces skeniranja.....	23
6.	IZVORI MJERNIH POGREŠAKA U NANOTEHNOLOGIJI.....	25

6.1. Eksterne struje curenja.....	25
6.2. Uzemljavanje i zaštita.....	25
6.3. Šum.....	27
6.4. Vrijeme smirivanja .....	27
6.5. Struje curenja sustava .....	28
6.6. Vanjske struje .....	28
7. ZAKLJUČAK .....	30
LITERATURA .....	32
SAŽETAK.....	33
ABSTRACT .....	33
ŽIVOTOPIS .....	34

## SAŽETAK

### Mjerenja u nanotehnologiji

U ovom radu su opisane značajke i razmatranja vezana uz mjerenja u nanotehnologiji. Prikazan je kratki pregled standarda i općenito opisana nanometrologija kao područje mjeriteljstva koje se bavi mjerenjima nanometarske veličine. Navedeni su neki od instrumenata i metoda kojima se mogu vršiti nanometarska mjerenja. Na kraju su opisani i izvori mjernih pogrešaka.

*Ključne riječi:* nanometrologija, nanotehnologija, mjerenje, skenirajući tunelski mikroskop, mikroskop atomskih sila, skenirajući elektronski mikroskop, mjerne pogreške.

## ABSTRACT

### Nanotechnology measurements

This paper gives a description of features and considerations related to measurements in nanotechnology. A short description of standards is given as well as description of nanometrology as a field of metrology concerned with measurement at nanoscale levels. It also lists some of the instruments and methods used in nanoscale measurements. Source of measurement errors are described in the last chapter.

*Key words:* nanometrology, nanotechnology, measurement, scanning tunneling microscope, atomic force microscope, scanning electron microscope, measurement errors.