

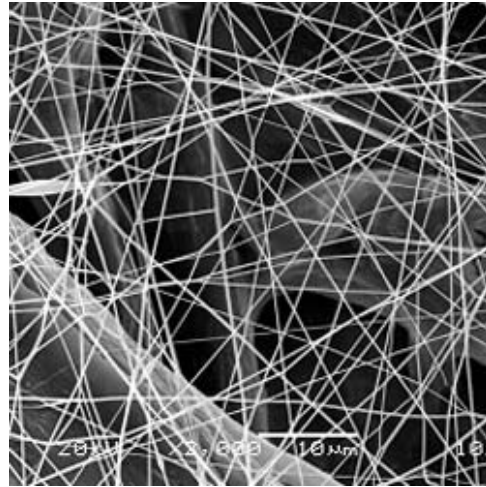
# Nanofiibrite valmistamise tehnoloogia

Rait Rand

# Sissejuhatus

## Nanofiibrid

- Elektrijuhid
- Lainejuhid
- Difrageeriv element



Nanofiibreid on võimalik rakendada väga paljudes seadmetes ning lähtekomponendina

erinevate materjalide väljatöötamisel. Nii on SiO<sub>2</sub> fiibreid kasutatud riide, paelte, mattide ja

paberi tootmiseks [9]. ZrO<sub>2</sub> fiibermaterjalid on potentsiaalsed kõrgtemperatuurised isolaatorid

ja teiste materjalide (näiteks tsemendi) struktuuri toetavad komponendid [9]. TiO<sub>2</sub> saab

kasutada fotokatalüsaatorina, paberi valgendajana, optilise katematerjalina ning funktsionaalse komponendina päikesepatareielementides ja gaasisensorites [34]

Oluline pooljuht on tinadioksiid SnO<sub>2</sub> [34], mida saab kasutada

päikesepatareielementide, gaasisensorite ja optiliste katete valmistamisel. SnO<sub>2</sub> fiibrite

juhtivus sõltub UV kiirgusega valgustamisest, kusjuures fotojuhtivus muutub ka sõltuvalt

fiibri diameetrist, mis viib UV-sensorite ja optiliste lülitite valmistamiseni [36].

Suure

tundlikkuse tõttu, on SnO<sub>2</sub> oluline materjal gaaside ja aurude detektorite tootmisel

Fotoonikaseadmete väljatöötamisel on tahtis, et kasutatavad fiibrid oleksid kõrge puhtusega, optiliselt läbipaistvad, kindlaks määratud sobiva kujuga ning vastupidavad

laseerkiirgusele ja mehaanilistele mõjutustele

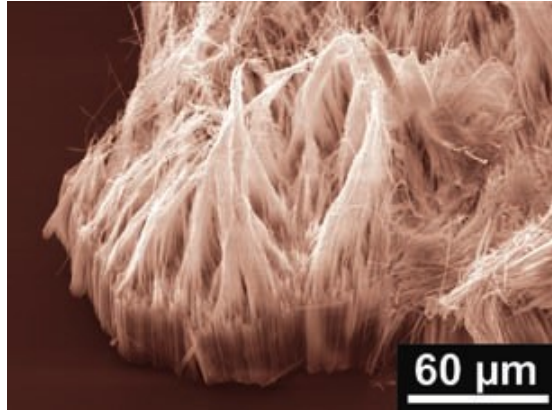
# Sissejuhatus

## Valmistamise tehnoloogiad

- Bottom-Up
- Top-Down

## Tehnoloogia valik

- Kasutatav aine
- Keskkond
- Rakenduse asukoht
- Sobilikkus tööstuslikuks tootmiseks



Lihtsustatult

Bottom-Up: konstrueerimist elementaariosistest – aatomitest ja molekulidest.

Top-Down: valmistamine mõõtmete vähendamise teel

*Top-down* tehnoloogia näiteks on nanofiibrite tõmbamine mikromõõtmes toorikust

*Bottom-up* näiteks aga keemiline sadestamine, kus fiiber kasvatatakse üksikutest molekulidest.

Mõlemal tehnoloogial on omad vead:

Top-Down puhul näiteks on keerukas saada mikromõõtmes toorikut

Bottom-Up puhtusastme probleemid tööstuslikus keskkonnas

## Protsessi kirjeldus

### Fiibri tõmbamine

- Korratavus
- Hea jälgitavus
- Seadistamise lihtsus
- Valmis fiibriga manipuleerimine
- Leebed nõuded keskkonnale
- Sobilikkus tööstusele



Sõltumatult on sarnase idee esitanud ja realiseerinud dr

M. Sitti uurimisrühm Carnegie Melloni Ülikoolist Ameerika Ühendriikides [5], kuigi nende

poolt lahtainena kasutatav aineklass on oluliselt erinev – orgaanilised polümeerid.

# Protsessi kirjeldus

## Lahendatavad ülesanded

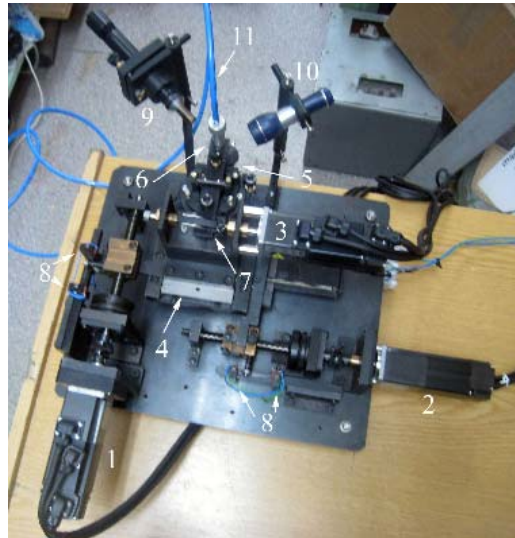
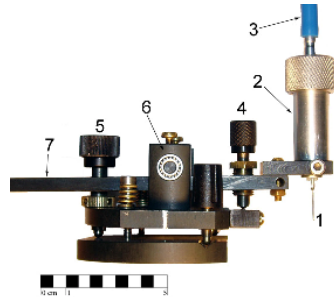
- Tarkvaraline lahendus riistvarale
- Füüsikaline-teoreetiline kirjeldus protsessist.
- Matemaatiline mudel protsessist
- Parameetrite mõju väljundile (DOE)
- Mudeli võrdlus reaalse tulemustega
- Praktiline parim tulemuse vastavus tooreetiliselt saadud parimale tulemusele.

# Riistvara kirjeldus

## X ja Y telg

- Kiirus kuni 41mm/s
- Seadistamise täpsus 0,02mm/s.
- Kiirendus teoreetiliselt kuni 41000mm/s<sup>2</sup>
- Telje käik 150mm

## Mikropipeti tõstmine (Z telg)



1 – x-telje servomootor,

2 – y-telje servo, 3 – z-telje servo, 4 – xy-tasandis liikuv alus, 5 – reguleeritav substraadi alus,

6 – doseerija, 7 – z-telje mootori ulekanne, 8 – x- ja y-servode lopululitid, 9 – CCD sensoriga

mikroskoop, 10 – mikroskoobi valgustus, 11 – doseerija välise rohu uhendustoru.

1 – düüs, 2 – toorainemahuti, 3 – välise rõhu uhendusvoolik, 4 – alumise asendi fiksaator,

5 – peenhäälestuskruvi, 6 – laagrid, 7 – ülekandeplaat.

Soovitavad muudatused:

Lisada suure kaadrisagedusega kaamera ning suure valgustugevusega valgusti, et säriaeg väkseks viia.

# Tarkvara kirjeldus

## Võimaluste ülevaade

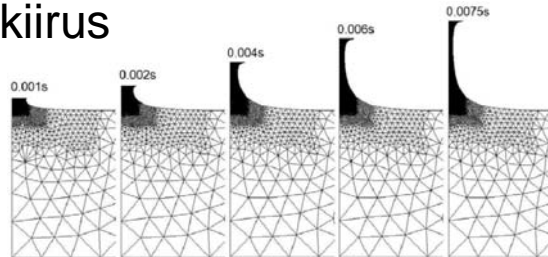
- Andmevahetuse kiirus  
115200 bps
- Seadistuse salvestamine
- Flow lugemine ja  
salvestamine failist
- Otsalülitite rakendumisel  
flow täitmine jätkub  
telgedel kus lüliti pole  
rakendunud.
- Telgede käitamine  
üksikult.

The screenshot shows the 'Form1' software interface. At the top, there is a 'COM Port no.' dropdown menu set to '1'. Below it, a 'Single Command' section contains fields for 'Station' (set to 'CW'), 'Acc. ms' (set to '100'), 'Speed' (set to '100'), and 'Dist' (set to '100'). There are buttons for 'Release motors' and 'Run single command'. The 'Flow' section has three columns: 'Axis X (mm)' with a 'mm/s' unit, 'Axis Y (mm)' with a 'mm/s' unit, and 'Axis Z (deg)' with a 'deg/s' unit. Each column has a 'Run Flow' button and a 'Save Flow' button. The 'Axis X' column shows values: -1,2, 2,4, -2,4, 1,2. The 'Axis Y' column shows values: 1,2, -2,4, 2,4, 1,2. The 'Axis Z' column shows values: 45, 50, -50, 50.

## Mudeli koostamine

### Voolamise mudeli sisendid

- Pipetist välja voolamise kiirus
- Telje liigutamise kiirus
- Aine viskoossus
- Pindpinevus
- Tihedus



### Voolamise käitumine

- Newtoni vedelik
- Mitte-Newtoni vedelik

Newtoni vedelikes kaob pinge kohe kui voolamine on lõppenud.

Paljudel mitte-Newtoni vedelikel esineb aga ajast sõltuv elastne reageering voolamisele.

Selliseid (mitte-Newtoni) vedelikke, mis omavad neile rakendatud pinge kohta malu,

10

nimetatakse viskooselastseteks. Viskooselastsed vedelikud on näiteks polümeeride lahused,

varvid, liimid jne.

Viskooselastsete vedelike joa dünaamika erineb suuresti Newtoni vedelike joa käitumisest.

*Arvutusliku domeeni deformatsioon. Tombamine varda kiirusega 200 cm/s.*



## **Muudatused, probleemid**

### Riistvaras

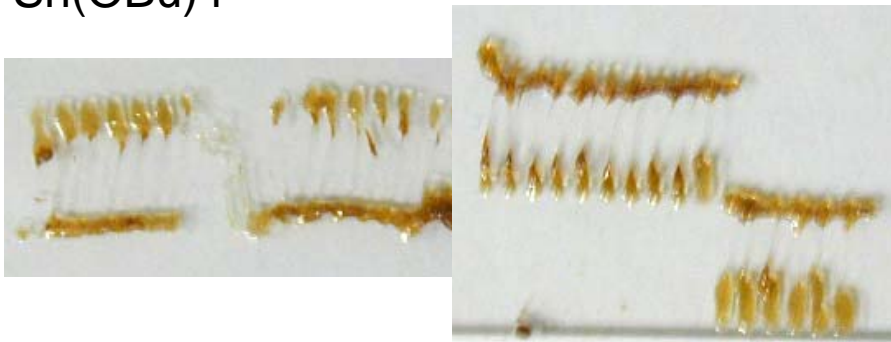
- Lisada suure kaadrisagedusega kaamera
- Suure valgustugevusega valgusti
- Mikropipeti ava mõõtmeid vähendada

### Tarkvaras

- Lisada mudel mis annab soovituslikud sisendparameetrid olenevalt sisestatud aine viskoossusest
- Ennem igat flow algust nullida teljed
- Sisestatud flow järgi kuvada fiibrite tulevased asukohad ekraanil

## Siiani saavutatud tulemused

- Samade sisendparameetrite korral katse korratav.
- Fiibri läbimõõdud all 50nm (minimaalselt 37nm)
- $\text{Sn}(\text{OBu})_4$



Fiibrite tombamiseks kasutatava viskoosse lahteaie valmistamine toimus  $\text{Sn}(\text{OBu})_4$

pürolüütilisel polümeriseerimisel.

Kolbi massiga 53,636 g kaaluti 35,792 g tinabutoksiidi. Kolb asetati olivannile ning

uhendati vaakumpumbaga.  $\text{Sn}(\text{OBu})_4$  kuumutati aeglaselt kuni  $150^\circ\text{C}$  ning hoiti sellel

temperatuuril keskmise vaakumi tingimustes (alla 1 torri). Protsessi kaigus toimus orgaanika

eemaldumine ainest.

Tina-neli-butoksiid

$\text{Sn}(\text{OBu})_4$  kuumutamisel toimus esmalt aine viskoossuse kasv. Reaktsioon algab umbes

$120^\circ\text{C}$  juures. Umbes  $135^\circ\text{C}$  juures hakkab aine viskoossus taas langema. 3 tunni moodudes