

Jukka Malinen

**MITTAUKSEN AUTOMATISOINTI KUVANTAVASSA SPR-
MENETELMÄSSÄ**

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ala
Tietotekniikan koulutusohjelma
Kevät 2007



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikka	Koulutusohjelma Tietotekniikka
Tekijä(t) Jukka Malinen	
Työn nimi Mittauksen automatisointi kuvantavassa SPR-menetelmässä	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Konenäkö ja mittaustekniikka	Ohjaaja(t) Pentti Romppainen, Marko Brill Toimeksiantaja Oulun yliopisto, Mittalaitelaboratorio
Aika Kevät 2007	Sivumäärä ja liitteet 38
<p>Oulun yliopiston mittalaitelaboratoriossa (MILA) on kehitteillä optinen mittaumenetelmä, joka perustuu pinta-plasmoniresonanssi-ilmiöön (Surface Plasmon Resonance, SPR). MILA:ssa SPR-mittausta kehitetään ihmisen mittaamisen sovelluksiin. Insinöörityön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa automatisoitu mittausteisto, joka soveltuu kuvantavaan SPR-menetelmään.</p> <p>Mittaumenetelmässä tutkitaan yhdellä näytepinnalla olevaa näytettä, jota pyritään mittaamaan useasta eri kohdasta mahdollisimman luotettavasti ja nopeasti. Tutkittavan näytteen paikointi toteutettiin motorisoidulla siirtopöydällä ja näytteen kuvaus tapahtui siihen soveltuvalla digitaalisella CCD-kameralla. Mittalaitteiden ohjaus toteutettiin graafisella LabVIEW 8.0 -ohjelmointikielellä, jolla ohjattiin näytettä kuvaavaa CCD-kameraa sekä siirtopöydän ohjausyksikköä.</p> <p>Mittauslaitteisto saatiin toimimaan ja työlle annetut tavoitteet saavutettiin. Siirtopöydän tarkkuus ja toistettavuus olivat riittäviä mittauksiin ja saadut tulokset olivat luotettavia.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	XY-siirtopöytä, LabVIEW
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Information Technology
Author(s) Jukka Malinen	
Title Measurement Automation in the Imaging SPR Method	
Optional Professional Studies Measurement and Machine Vision	Instructor(s) Pentti Romppainen, Marko Brilli
	Commissioned by University of Oulu, Measurement and Sensor Laboratory
Date Spring 2007	Total Number of Pages and Appendices 38
<p>The Measurement and Sensor laboratory (MILA) at Oulu University is developing an optical measurement method which is based on the surface plasmon resonance phenomenon (SPR). At MILA the SPR method is being developed for human measurement applications. The goal of this Bachelor's thesis was to develop and design automated measurement hardware for the imaging SPR method.</p> <p>In general, the sample surface in the imaging SPR method has several separate measurement areas. The aim of the measurement method is to measure each of these areas reliably and as fast as possible. For this purpose, sample moving is performed with a motorized measuring stage and sample imaging is performed with an appropriate digital CCD camera. The measurement devices are controlled with the user interface which was created with the LabVIEW 8.0 programming language. The whole measurement sequence can be created via the user interface and the actual measurement is done automatically.</p> <p>The measurement hardware is working and the goal of the Bachelor's thesis was achieved. The accuracy of the measuring stage was sufficient for the measurements and the results were reliable.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	XY-stage, LabVIEW
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Tämä insinööri työ on tehty Oulun yliopiston Kajaanin Mittalaitelaboratorion toimeksiannosta. Haluan kiittää työn ohjaajana toiminutta Marko Brillää Mittalaitelaboratoriosta työn ohjauksesta ja arvokkaista neuvoista työn suorituksen aikana sekä työn valvojaa Pentti Romppaista Kajaanin ammattikorkeakoulusta.

Haluan kiittää myös Jari Palviaista, Janne Kataista ja Mari Lahtista Mittalaitelaboratoriosta työn aikana saamastani tuesta ja mahdollisuudesta tehdä insinööri työ mielenkiintoisesta ja koulutustani vastaavasta aiheesta. Lisäksi haluan kiittää kaikkia henkilöitä, jotka ovat olleet tukemassa ja edistämässä työn onnistumista.

Kajaanissa 12.4.2007

Jukka Malinen

SISÄLLYSLUETTELO

KÄYTETYT LYHENTEET

1 JOHDANTO	7
2 PINTAPLASMONIRESONANSSIMENETELMÄ	8
3 TYÖSSÄ KÄYTETTY LAITTEISTO JA OHJELMISTOT	10
3.1 Siirtopöytä	11
3.2 Ohjausyksikkö	14
3.3 Kamera	17
3.4 Työssä käytetyt ohjelmistot	19
4 MITTAUSOHJELMISTON TOTEUTTAMINEN	20
4.1 Vaatimukset	20
4.2 Kameran ohjelma	22
4.3 Siirtopöydän ohjelma	23
4.4 Ohjelmien yhdistäminen käyttöliittymäksi	26
4.5 Käyttöliittymän toiminnot	28
5 TESTAUS	31
6 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	34
7 YHTEENVETO	37
LÄHTEET	38
LIITTEET	

KÄYTETYT LYHENTEET

API	Application Programming Interface
CCD	Charge Coupled Device
DLL	Dynamic Link Library
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
PC	Personal Computer
PCI	Peripheral Component Interconnect
SPP	Surface Plasmon Polariton
SPR	Surface Plasmon Resonance
VI	Virtual Instrument

1 JOHDANTO

Oulun yliopiston Mittalaitelaboratorio (MILA) on perustettu vuonna 1991. MILA toimii osana Kajaanin yliopistokeskusta, joka on Oulun yliopiston erillislaitos.

Mittalaitelaboratorio tuottaa mittaustekniikan osaamista. Sen painopisteenä on puunjalostusteollisuuden piirissä toimivia yrityksiä hyödyttävä optinen mittaustekniikka.

Eräs MILA:ssa meneillään oleva tutkimushanke on nimeltään Liikuntateknologian mittaustekniikat (Liikute), jonka tavoitteena on kehittää erilaisia mittausten menetelmiä ihmisfysiologisiin mittauksiin, etenkin liikunta- ja urheiluympäristössä. Mittausmenetelmissä painotetaan ei-invasiivisuutta eli mittaukset pyritään tekemään tunkeutumatta kudoksiin.

Liikute-hankkeen sisältämän projektin (Meibin) lähtökohtana on kehittää pintaplasmoniresonanssimenetelmää (surface plasmon resonance), SPR. Ensimmäisen vaiheen tarkoitus on saada laboratorio-olosuhteissa toimiva ja testattu SPR-laitteiston menetelmäprototyyppi, joka on pohjana jatkossa toteutettavaan hankkeeseen, jossa kehitetään kenttäolosuhteisiin soveltuva mittalaite. SPR-menetelmään pohjautuvaa mittausta kehitetään yhteistyössä Oulun yliopiston Biotekniikan laboratorion kanssa.

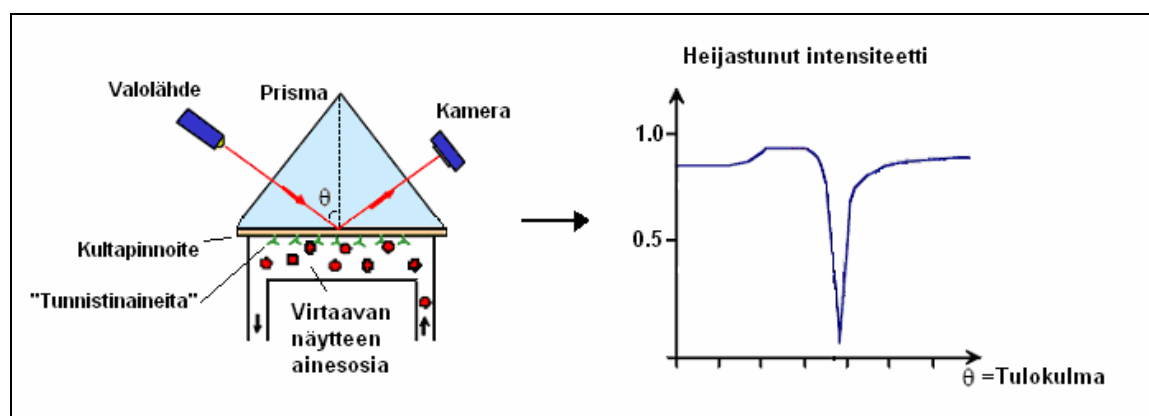
Meibin tavoitteena on kehittää mittalaite, joka soveltuu esimerkiksi sylkinäytteiden mittaamiseen. Meneillään olevassa tutkimuksessa tarkastellaan kuvantavan SPR-menetelmän mahdollisuuksia multianalyttimittauksiin. Näytteestä on tarkoitus saada määritetyksi useamman eri yhdisteen kuten hormonin tai laktaatin konsentraatiomuutokset.

Tämän insinööriyön tavoitteena oli rakentaa laitteisto, joka tarjoaisi SPR-mittauksiin suuremman nopeuden, luotettavuuden sekä tarkkuuden ja sitä kautta helpottaisi mittausrutiinia ja tutkimustyötä.

2 PINTAPLASMONIRESONANSSIMENETELMÄ

SPR (Surface Plasmon Resonance) on optinen tekniikka, jota käytetään aineiden taitekertoimien muutosten määrittämiseen. SPR-menetelmää käytetään mm. ohutkalvo- ja itseohjautuvien kerroskalvojen tutkimuksissa, erilaisten biomolekyylien, kuten proteiinien, nukleotidien, lääkeaineiden sekä pinta-aktiivisten aineiden interaktioiden tutkimuksessa. [1.] SPR-menetelmän avulla on mahdollista tarkastella pinta-ilmiöiden kuten ohutkalvon muodostumista sekä molekyylien vuorovaikutuksia reaaliaikaisesti. Pintakemian valinnasta riippuen tekniikka mahdollistaa todella hyvän herkkyuden ja selektiivisyyden samalla kun epäspesifi sitoutuminen on minimaalista. [2.]

SPR-ilmiössä pintaplasmoni (SPP) saadaan esiintymään metallin pinnalla tietyillä parametreilla. Resonanssi-ilmiö tapahtuu, kun valon aallonpituus ja tulokulma ovat sopivat metallin ja näytteen taitekertoimiin nähden. Tällöin osa valon energiasta (fotonit) kytkeytyy pintaplasmoniksi, joka havaitaan heijastuneen intensiteetin pienenemisenä. Esimerkiksi määrittämällä muutos intensiteetikäyrän minimikohdan paikassa, voidaan laskea muutos näytteen taitekerroimessa. Tästä voidaan edelleen määrittää konsentraation muutos. Mittauksen periaate on esitetty kuvassa 1.

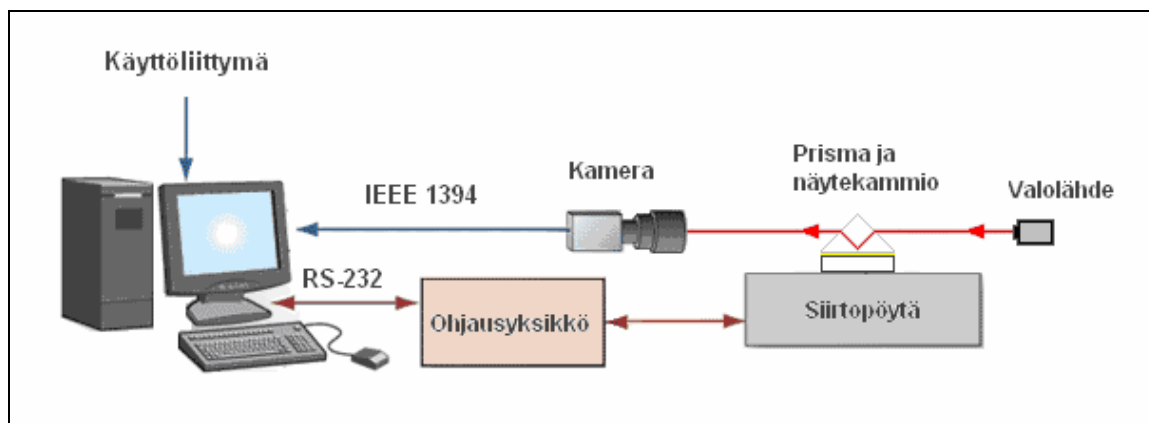


Kuva 1. Periaatekuva SPR-mittauksesta ja siitä saadusta tuloksesta [3]

MILA:ssa ja Biotekniikan laboratoriossa tehdään mittauksia, joissa jalometallin pinnalle laite-
taan erilaisia ”tunnistinaineita”, jotka toimivat ns. magneetteina mitattaville aineille. Näissä
kohdissa aineen konsentraatio kasvaa, joka kasvattaa taitekerrointa kyseisessä kohdassa. Yksi
näyte voi sisältää useita eri ainesosia, ja tunnistinaineiden avulla saadaan määriteltyä näiden
ainesosien konsentraatiot. Samalla mittauskerralla halutaan kuvata useita eri tunnistinaineita
ja siihen tarvitaan tarkkaa siirtopöytää.

3 TYÖSSÄ KÄYTETTY LAITTEISTO JA OHJELMISTOT

Mittauslaitteiston periaatekuva on esitetty kuvassa 2. Käyttöliittymän kautta välitetään komennot ohjausyksikölle, joka ohjaa edelleen siirtopöytää. Siirtopöydän X- ja Y-suuntaan liikkuvaan liiketasoon on kiinnitetty kultapinnoitettu prisma ja näytettä sisältävä näytekammio. Valolähteen valo on suunnattu prismaan, josta se heijastuu kultapinnan ja näytteen kautta digitaalikameran CCD-kennolle. Kamera muuttaa valon sähköiseksi signaaliksi, muodostaa siitä kuvan ja lähettää sen käyttöliittymään, jossa sitä voidaan tarkastella. Mittauksen automatisoinnissa käytetyistä osista eli siirtopöytä, ohjausyksikkö, kamera ja käyttöliittymä kerrotaan tarkemmin seuraavissa luvuissa. Muita SPR-mittaukseen liittyviä osia ei käsitellä tarkemmin tässä työssä.

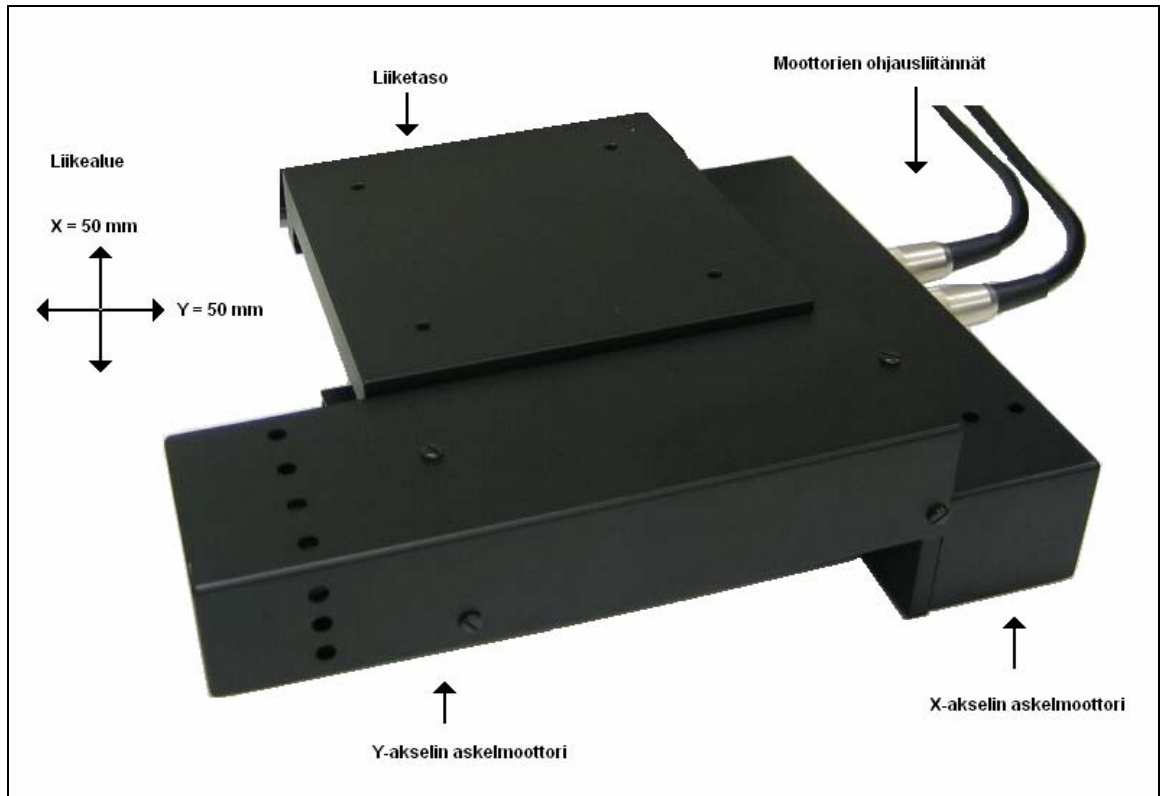


Kuva 2. Mittauslaitteiston periaatekuva

3.1 Siirtopöytä

Näytteen paikoittamiseksi tarvittiin X- ja Y-suuntaan liikkuva motorisoitu siirtopöytä. Vaatimuksia SPR-menetelmän puolelta oli, että pöydän liikealue tuli olla vähintään mittauksessa käytettävän näytekammion kokoinen eli 30 x 30 mm. Vaatimuksena oli että pöydällä pystyttäisiin mittaamaan vähintään neliömillimetrin kokoista aluetta, jolloin pöydän paikoitusepä-tarkkuuden (resoluution) tuli olla vähintään 0,1 mm. Resoluution ja toistettavuuden tuli olla sitä luokkaa että mittausalueen reuna (SPR-mittauksissa käytettävällä optiikalla) osuisi aina samalle kameran kuvapikselille uusittaessa mittaus. Mitä tarkempi pöydän resoluutio olisi, sitä vähemmän se asettaisi rajoituksia itse mittaukseen ja sen suunnitteluun. Yksi vaatimus oli myös, että pöytää pystyttäisiin ohjaamaan LabVIEW-ohjelmalla.

Työssä päädyttiin hankkimaan valmis kaupallinen siirtopöytä, joka sisältää kaikki tarvittavat ominaisuudet. Eri valmistajien siirtopöydistä valittiin saksalainen Märzhäuser, jolta löytyi kri-terit täyttävä siirtopöytä ja sen ohjaukseen tarvittava ohjausyksikkö. Ohjausyksiköstä kerro-taan tarkemmin seuraavassa luvussa. Märzhäuserin siirtopöydän ja sen ohjausyksikön muka-na tuli valmiit LabVIEW-ajurit sekä joystick mahdollista manuaalista ohjausta varten. Siirto-pöydän liikealue 50 x 50 mm ja sen paikoitusepä-tarkkuus 0,1 μm riittivät hyvin työtä varten. Pöytään valittiin myös kansilevy, jossa oli tarvittavat reiät SPR-mittauksissa käytettävän prisman sekä näytekammion kiinnitystä varten. Kuvassa 3 on esitetty siirtopöytä ja sen osat.

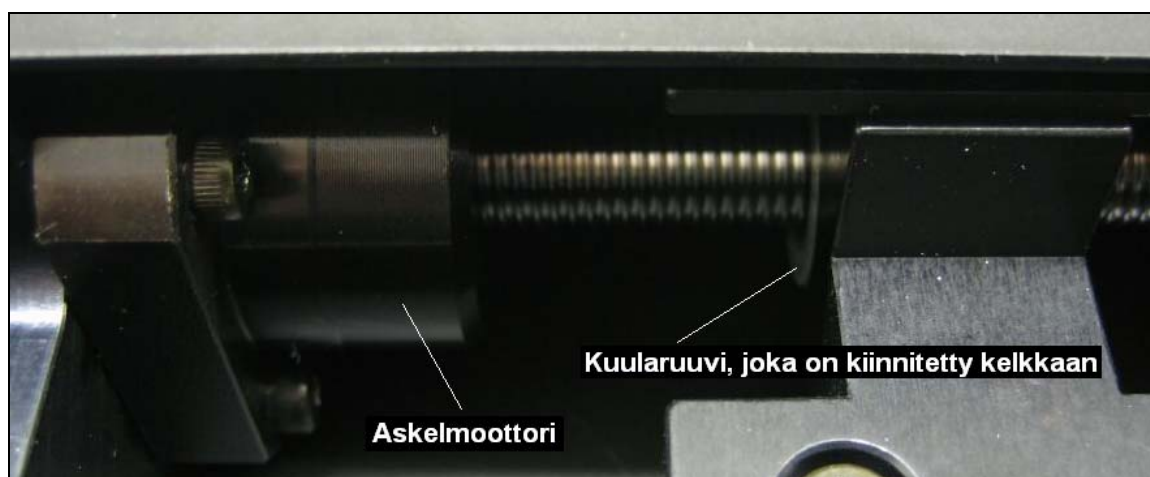


Kuva 3. Siirtopöytä, Märzhäuser MT-MOT 50 x 50, Saksa

Siirtopöydän kelkkojen liike saadaan aikaan kahdella Phytronin valmistamalla 2-vaiheisella ja 200-askeleisella askelmoottorilla (kuva 4). Askelmoottoreiden akseliin on yhdistetty kuularuuvi, joka muuttaa akselin pyörivän liikkeen suoraviivaiseksi liikkeeksi. Akseli on kiinnitetty liikutettavaan kelkkaan. 2D-liike saadaan aikaan siten, että toinen akseleista on asennettu toisen kelkan päälle, jolloin alempi kelkka liikuttaa myös ylemmää akselia samanaikaisesti. Ylemmänä oleva moottori liikuttaa vain liiketasoa, alemman akselin pysyessä paikoillaan. Kelkkojen liikealueen rajoille on asennettu rajakytkimet, jotka suojaavat siirtopöytää ajamasta kelkkaa liian pitkälle. Taulukossa 1 on esitelty siirtopöydän ominaisuuksia.

Taulukko 1. Siirtopöydän ominaisuuksia [4]

Märzhäuser, MT-MOT 50 x 50	
Liikealue	50 x 50 mm
Resoluutio (pienin askel)	< 1,5 nm
Toistettavuus	< 1 μm
Moottori	2-vaiheinen askelmoottori
Max. nopeus	45 mm/s
Paino	3,5 kg
Max. kuorma	5 kg



Kuva 4. Askelmoottori ja kuularuuvi

3.2 Ohjausyksikkö

Siirtopöydän kelkkoja liikuttelevien askelmoottorien ohjaukseen tarvittiin myös ohjausyksikkö. Valmistajan ilmoittamat siirtopöydän arvot, kuten paikoitusepätaarkkuus (resoluutio) ja toistettavuus, pitivät paikkaansa vain, jos sitä ohjattaisiin saman valmistajan ohjausyksiköllä. Valmistajalla oli useita erilaisia malleja, kuten PC:n PCI-väylään asennettava malli. Malleista valittiin ulkoinen koteloitu pöytämalli, koska se on mahdollista kytkeä tulevaisuudessa myös kannettavaan tietokoneeseen.

Valitun ohjausyksikön malli on nimeltään LSTEP. Ohjausyksikön avulla siirtopöytä saatiin yhdistettyä PC:hen ja sitä kautta ohjattua LabVIEW-käyttöliittymästä.

Valmistaja toimitti ohjausyksikön mukana myös WinCommander-ohjelman perusversion, jolla voitiin testata pöytää ja asettaa sille tiettyjä oletusarvoja, kuten kiihtyvyyttä tai nopeus.

Kuvassa 5 on esitetty ohjausyksikön etupaneeli. Paneelissa on kytkin, jolla voidaan asettaa siirtopöydän ohjaus manuaaliseksi tai PC:llä ohjattavaksi. Paneelissa on myös laitteen valmistilannetta ilmaiseva vihreä valo.



Kuva 5. Ohjausyksikkö, Märzhäuser LSTEP, Saksa

Ohjattaessa siirtopöytää manuaalisesti kuvassa 5 näkyvä kytkin asetetaan MAN-asentoon, jolloin siirtopöytää voi ohjata joystick-ohjaimella (kuva 6).



Kuva 6. Siirtopöydän manuaaliseen ohjaukseen voi käyttää myös joystickia

Kuvassa 7 on esitetty ohjausyksikön takapaneeli. Kuvassa ylhäällä vasemmalla on JOYSTICK-liitäntä. Toisena vasemmalla ylhäällä on RS-232-sarjaväylän liitäntä, jolla laite kytketään PC:n sarjaväylään. Kuvassa ylhäällä oikealla olevat MOTOR X- ja MOTOR Y -liitännät ovat siirtopöydän askelmoottoreille. Näiden liitäntöjen kautta saadaan myös siirtopöydän rajakytkimien tiedot. Kuvassa näkyvät myös ohjausyksikön verkkovirtaliitäntä ja virtakytkin. Vasemmalla ylhäällä näkyvät myös kaksi dip-kytkintä, joita tarvitaan ohjausyksikön ohjelmiston (firmware) päivittämiseen.



Kuva 7. Ohjausyksikön takapaneeli ja liitännät

Ohjausyksikön ohjaus toimii siten, että siirtopöydän X- ja Y-akseli liikkuvat yhtä aikaa. Valmistajan ilmoittamia ohjausyksikön ominaisuuksia on esitetty taulukossa 2.

Siirtopöydän spesifikaatioissa (taulukko 1) mainittu resoluutio on teoreettinen, käytännössä tarkin työssä käytetty resoluutio oli ohjausyksikön 0,1 μm .

Taulukko 2. Ohjausyksikön ominaisuuksia [5]

Märzhäuser LSTEP	
Resoluutio (pienin askel)	0,1 μm
Moottorien ohjausnopeus	Max. 15 r/s
Moottorien ohjausjännite	Max. 24 V
RS-232 nopeus	Max. 57,6 kbaud
Mitat	250 x 230 x 95 mm
Paino	4,5 kg

3.3 Kamera

Näytteen kuvaukseen tarvittiin sopiva kamera. Vaatimuksena oli, että kameran tulisi olla digitaalinen ja vähintään 8-bittinen, että saataisiin tarpeeksi värisävyjen intensiteettivaihteluarvoja. Kameran koko tuli olla mahdollisimman pieni. Kennon resoluutio tuli olla vähintään 860 x 480 pikseliä. Pikselit eli kuvapisteen muodostavat digitaalisen kuvan näyttöruudulle. Tärkeä seikka oli myös, että kameran tuli olla yhteensopiva LabVIEW-ohjelmiston kanssa. Lisäksi kameran säätöjä tuli pystyä muuttamaan helposti käytettävällä ohjelmistolla. Vaatimuksia kameran säädöille oli, että siinä tuli olla ainakin himmenninaukon (intensiteettitasen) säätö.

Kameraksi valittiin Allied Vision Technologiesin malli Guppy F-080C (kuva 8). Kamerassa on tuki IEEE 1394 (firewire) -liitännälle, jonka ansiosta se pystyttiin liittämään suoraan PC:hen, eikä erillistä kuvankaappauskorttia tarvittu. Kameraa varten asennettiin LabVIEW-ohjelmaan erilliset firewire-kirjastot. Optiikkaa ei käytetä kamerassa ollenkaan SPR-mittauksissa, vaan valo ohjataan suoraan CCD-kennolle.



Kuva 8. Työssä käytetty digitaalikamera, AVT Guppy, USA [6]

AVT Guppy -kameran IEEE 1394a -liitäntä mahdollistaa nopean tiedonsiirron kameran ja PC:n välillä. Liitäntä on sarjaliitäntästandardi, joka perustuu differentiaalitekniikkaan. Liitäntä tunnetaan myös nimillä Firewire ja iLink. Firewire on Applen tavaramerkki ja iLink Sonyn. Liitännässä on kaksi paria kaapeleita, lähtevälle ja saapuvalla datalle omansa. Liitännän maksimi tiedonsiirtonopeus on 400 Mb/s, joka mahdollistaa kamerakäytössä todella suuren kuvainformaation siirtämisen reaaliajassa. Liitäntä mahdollistaa Plug and Play -toiminnon eli kamera voidaan kytkeä suoraan PC:hen sen ollessa käynnissä. Kamera saa myös tarvitsemansa käyttöjännitteen suoraan IEEE 1394a -liitännästä. [6.]

Kamerassa on käytetty valoherkkää CCD-kuvakennoa (Charge Coupled Device). CCD-kenno pystyy itsessään käsittelemään vain mustavalkoisia kuvia, joten kuvassa olevat värit saadaan siirtämällä kuva punaisen, vihreän ja sinisen suodattimen läpi. Kameran CCD-kennon resoluutio on 1034 x 778, joka tarkoittaa sitä, että kuvapistettä (pikseleitä) on vaakatasossa 1034 ja pystytasossa 778, jolloin pikseleitä on kennossa yhteensä 804452. Kameran ominaisuuksia on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Kameran ominaisuuksia [6]

AVT Guppy F-080C	
Kuvailmaisin	Sonyn CCD-kenno
Kuvakennon koko	1032 x 778 pikseliä
Kennon koko	4,65 x 4,65 μm
Resoluutio syvyys	8-bit
Lähetysnopeus	400 Mbit/s
Tehonkulutus	< 2 W (12 V DC)
Fyysinen koko	48,2 mm x 30 mm x 30 mm
Massa	50 g (ilman optiikkaa)

3.4 Työssä käytetyt ohjelmistot

Työssä käytettiin National Instrumentsin (NI) tuoteperheen ohjelmistoja LabVIEW 8.0:aa, Measurement & Automation Exploreria ja Vision Assistantia. Lisäksi käytettiin siirtopöydän ja ohjausyksikön mukana tullutta WinCommanderia.

National Instruments on ollut jo 30 vuoden ajan virtuaali-instrumentoinnin kehittäjä ja edelläkävijä. Virtuaali-instrumentoinnissa mittaukset ja automaatio toteutetaan tietokonetta ja tietokonetekniikoita hyödyntäen.

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) on National Instrumentsin yli 20 vuotta sitten kehittämä graafinen ohjelmointiympäristö, jota kutsutaan G-kieleksi. Sitä käytetään paljon erilaisissa mittaus-, testaus- ja ohjausympäristöissä. [7.]

Measurement & Automation Explorer (MAX) on NI:n konfigurointiohjelmisto, jolla voidaan testata ja konfiguroida laitteita, joita aiotaan ohjata LabVIEW:lla. Se on käytännössä rajapinta ohjelmistojen ja laitteiden välillä. Kun uusia laitteita aiotaan ohjata LabVIEW:lla, niiden toiminnan voi varmistaa ensin MAX:lla. Jos laite ei toimi MAX:ssa, ei se toimi yleensä myöskään LabVIEW:ssa tai Vision Assistantissa. Vision Assistant on konenäön ja kuvankäsittelyn testaus- ja kehitysympäristö, joka pohjautuu LabVIEW-ohjelmaan. [7.]

WinCommander on Märzhäuserin siirtopöydän ja ohjausyksikön ohjaukseen käytettävä ohjelmisto. Käytetty ohjelmisto oli ilmainen perusversio, joka tuli ohjausyksikön mukana. Ohjelmalla voitiin asettaa esimerkiksi siirtopöydän askelmoottorien nopeus- tai kiihdytysarvot.

4 MITTAUSOHJELMISTON TOTEUTTAMINEN

Ohjelmiston toteutus ajoittui kolmeen eri vaiheeseen:

- 1) Kameran ohjaus
- 2) Siirtopöydän ohjaus
- 3) Ohjelmien yhteensovittaminen

4.1 Vaatimukset

Ohjelmistolle asetettuja vaatimuksia olivat:

- Ohjelman tuli olla helppokäyttöinen ja selkeä
- Näytekuvia tuli pystyä ottamaan tietystä näytealueesta haluttu määrä
- Näytteestä otettujen kuvien aikaviivettä tuli pystyä säätämään
- Kuvat tuli pystyä tallentamaan käyttäjän määrittelemään paikkaan
- Kuvat tuli pystyä tallentamaan useilla eri tallennusmuodoilla
- Käyttöliittymään haluttiin 3 erilaista näyttöä:
 - 1) Mittauskohtien etsinnässä apuna käytettävä näyttö
 - 2) Siirtopöydän liikettä kuvaava näyttö
 - 3) Mittauksen aikana näytteen esikatselunäyttö

– Tallennettavien kuvien tiedostonimi tuli pystyä asettamaan kahdella eri tavalla:

1) Pitkä tiedostonimi:

Esim. Kuva_1_Näyte_1_X1_Y1_13.30.39_21.8.2007.gif, joka sisältää kuvan nimen, kuvan järjestysnumeron, näytteen järjestysnumeron, näytteen sijainnin (koordinaatit), kuvausajan muodossa h/min/s sekä päivämäärän muodossa d/m/y ja tiedostopäätteen.

Kuvien järjestysnumero kasvoi tällöin, esimerkiksi jos näytteitä olisi kuvattavana 2 ja kuvia 2/näyte niin:

Kuva_1_Näyte_1_X1_Y1_13.30.39_21.8.2007.png

Kuva_2_Näyte_1_X1_Y1_13.30.40_21.8.2007.png

Kuva_1_Näyte_2_X2_Y2_13.30.41_21.8.2007.png

Kuva_2_Näyte_2_X2_Y2_13.30.42_21.8.2007.png

2) Lyhyt tiedostonimi:

Esim. Kuva_1.png, joka sisälsi ainoastaan kuvan nimen, kuvan järjestysnumeron ja tiedostopäätteen. Kuvien muut tiedot tuli tällöin tallentaa erilliseen infotiedostoon. Kuvan järjestysnumero kasvoi tällöin esimerkiksi jos näytteitä olisi 2 ja kuvia 2/näyte, niin kuvatiedostojen nimet olisivat: Kuva_1.png, Kuva_2.png, Kuva_3.png ja Kuva_4.png. Järjestysnumeroiden tuli kasvaa näin, jotta samannimisiltä kuvatiedostoilta vältyttäisiin. Lyhyt tiedostonimi haluttiin siksi että kuvia olisi helpompi käyttää muissa ohjelmissa kuten Mathworks:n MATLAB:ssa.

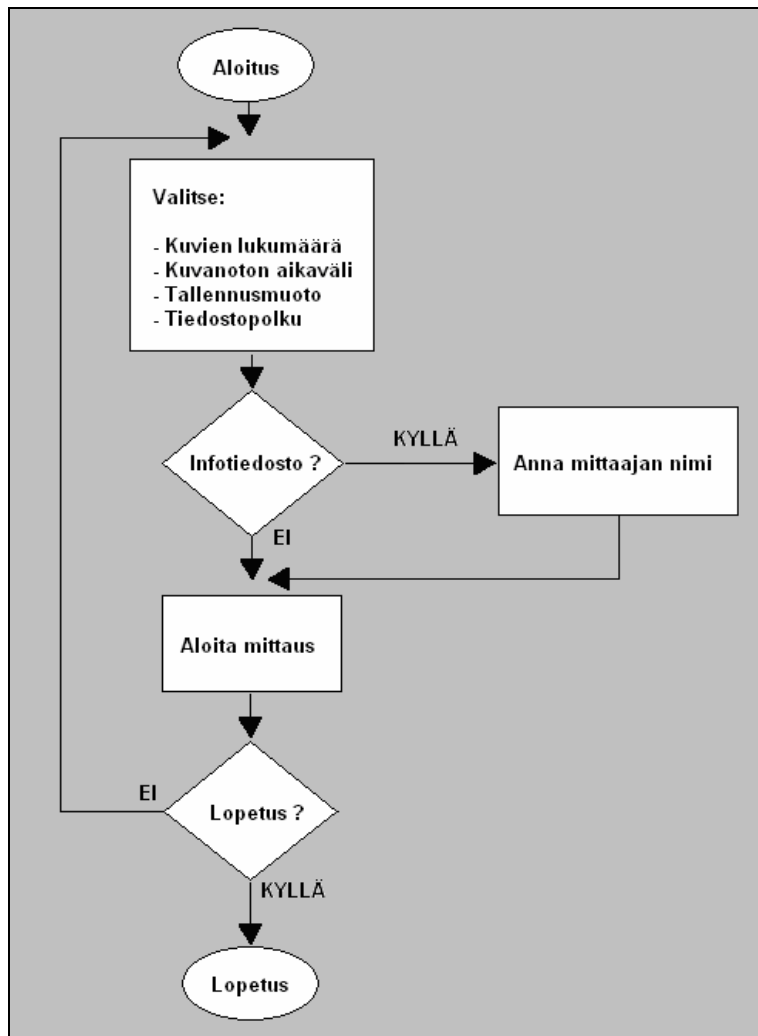
4.2 Kameran ohjelma

Ohjelmarakenteen yksinkertaistamiseksi kameraohjelmaan suunniteltiin kaksi erillistä aliohjelmaa; kuvatiedostonimi-aliohjelma sekä infotiedosto-aliohjelma, jotka olivat kumpikin hie- man suurempia kokonaisuuksia. Kuvatiedostonimi-aliohjelmassa mittaustiedoista infotie- doston tekevälle aliohjelmalle syötettävää tallennustietoa sisältävää tiedostopolkua muoka- taan sopivaksi sen mukaan haluaako käyttäjä infotiedoston vai ei.

Käyttäjän halutessa infotiedoston tiedostonimi muokataan kuvatiedostonimi-aliohjelmassa lyhyeksi luvussa 4.1 kerrotulla tavalla ja lähetetään tallennettavaksi. Tiedot mittauksesta lähe- tetään infotiedosto-aliohjelmalle, jossa niistä luodaan erillinen infotiedosto.

Jos käyttäjä ei halua infotiedostoa, tiedostonimi muokataan kuvan tallennus-aliohjelmassa pitkäksi luvussa 4.1 kerrotulla tavalla ja lähetetään tallennettavaksi.

Kameran ohjauksessa noudatetaan seuraavaa periaatetta: Kameran alustus, itse ohjelma, jos- sa kamera suorittaa kuvauksen ja lopuksi kameran yhteyden sulkeminen. Kuvassa 9 on esitet- ty kameraohjelmaa kuvaava ylemmän tason lohkokaavio.



Kuva 9. Kameran ohjelman lohkokaavio

4.3 Siirtopöydän ohjelma

Siirtopöydän tultua aloitettiin sen ohjaukseen käytettävän ohjelman suunnittelu ja toteutus. Siirtopöydän mukana tuli sen ohjaukseen käytettävä LSTEP-API-sovellusohjelmointirajapinta. Ohjelmointirajapinta tukee eri ohjelmointiympäristöjä kuten LabVIEW:ta. LSTEP-API:n tärkein komponentti on LSTEP4.dll -tiedosto. Dll eli dynaaminen funktiokirjasto on korkean tason kielellä ohjelmoitu funktiojoukko, jonka sisältämiä funktioita voidaan kutsua LabVIEW:lla.

LabVIEW-ajureista otettiin käyttöön seuraavat:

LS4 ConnectSimple: Muodostaa yhteyden siirtopöytään. Tähän määritellään käytettävä liityntä eli tässä tapauksessa RS-232 sarjaväyläliityntä, käytettävän sarjaportin numero sekä baudinopeus.

LS4 SetVel: Asettaa askelmoottorien nopeuden

LS MoveAbs: Siirtää siirtopöydän haluttuihin paikkakoordinaatteihin

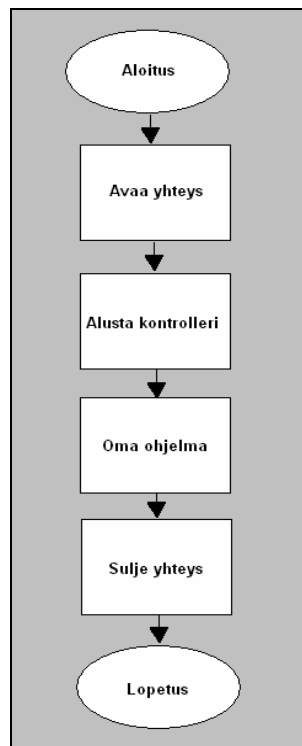
LS4 GetPos: Ilmoittaa siirtopöydän sijainnin

LS4 Disconnect: Sulkee yhteyden

LS4 GetStatus: Antaa pöydän tilatiedon, esimerkiksi OK

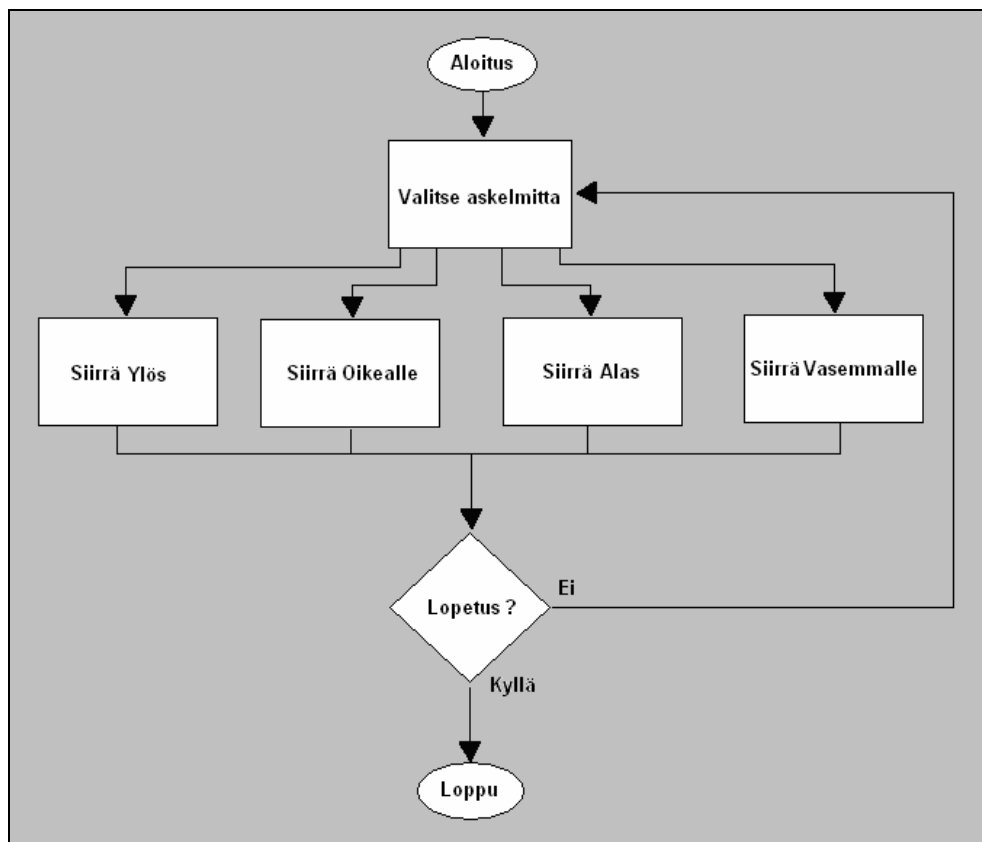
LS4 MoveRel: Siirtää siirtopöytää määritellyn askeleen kerrallaan

Siirtopöydän ohjauksessa noudatettiin valmistajan ohjeissa annettua seuraavaa yleistä periaatetta (kuva 10).



Kuva 10. Siirtopöydän ohjausperiaate [5]

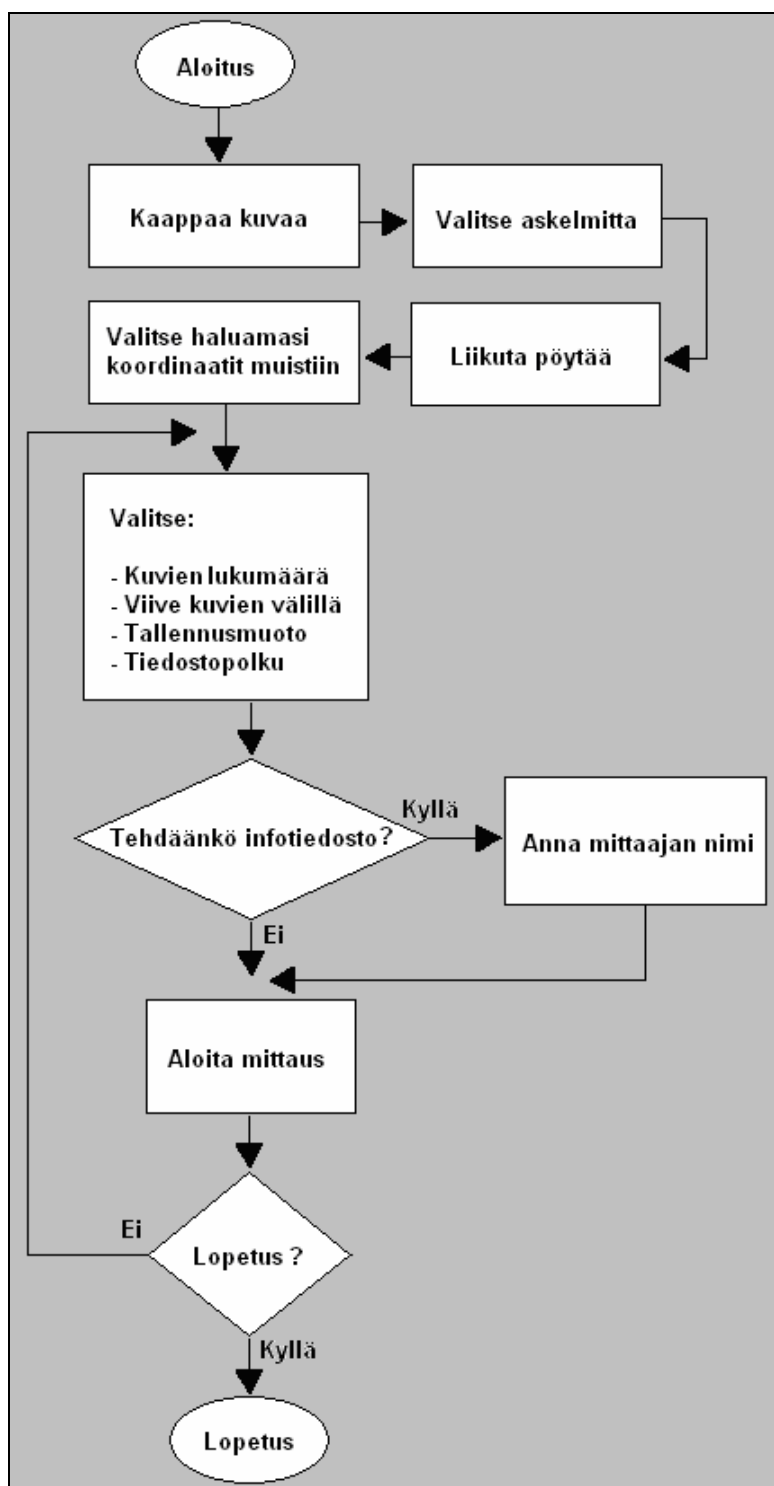
Ohjelman alussa käyttäjä valitsee haluamansa askeleen mitan, jonka liiketaso liikkuu kerralla. Seuraavaksi valitaan liikesuunta painamalla oikealle, alas, vasemmalle tai ylöspainiketta. Kun jotain siirtopainiketta on painettu ohjelma suorittaa siirtokomennon ja palaa takaisin odottamaan seuraavaa napin painallusta. Ohjelma päättyy kun painetaan lopetuspainiketta (kuva 11).



Kuva 11. Siirtopöydän liikkeenohjausohjelma

4.4 Ohjelmien yhdistäminen käyttöliittymäksi

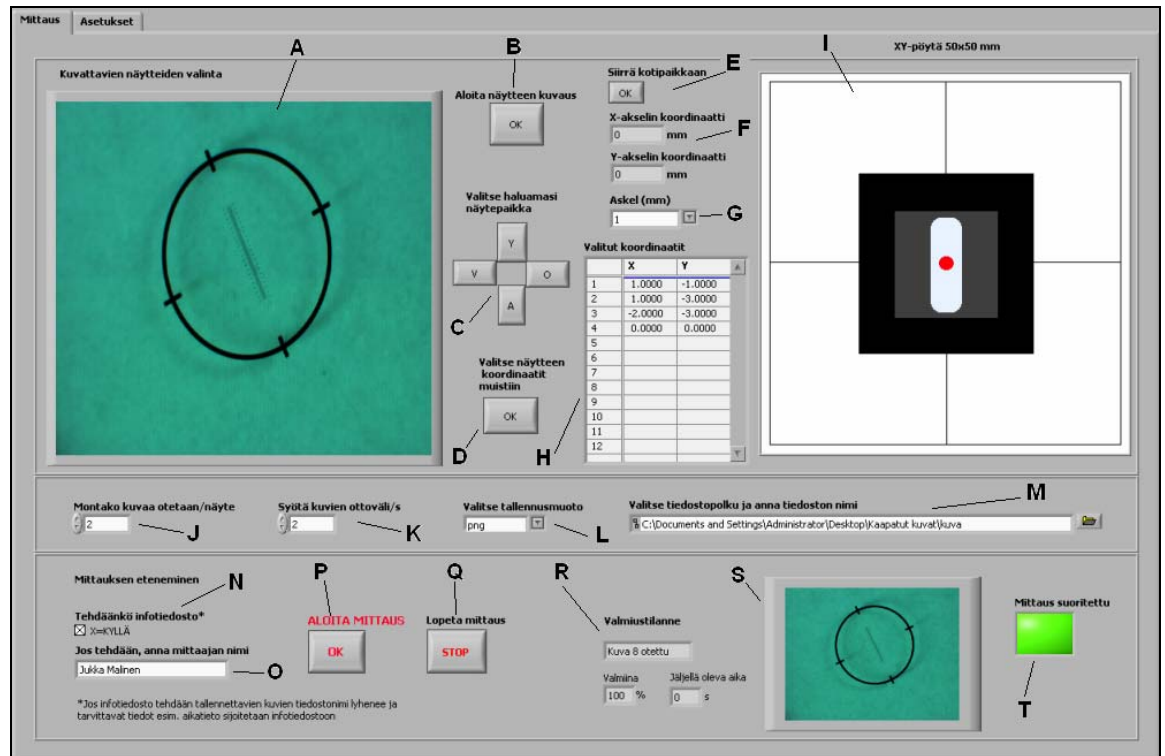
Kameran ja siirtopöydän ohjausohjelmien ollessa valmiita, ne yhdistettiin sekvenssirakenteeksi (kuva 12). Ensimmäisessä sekvenssissä on siirtopöydän liikkeenohjausohjelma ja jatkuvan kuvankaappausaliohjelma, jonka avulla voitiin seurata näytekuvaa reaaliajassa. Tässä sekvenssissä on myös siirtopöydän koordinaattien tallentaminen muistiin. Ensimmäiseen sekvenssiin on lisäksi yhdistetty erillinen siirtopöydän liikettä kuvaava ohjelma, joka päivittää ohjelmallisesti toteutettua kuvaa pöydästä ja näytekammiosta. Siirtopöydän toiminnot, kuten siirto kotipaikkaan, resoluution määrittäminen tai siirtopöydässä olevien rajakytkimien aiheuttama pöydän pysähtyminen täytyi ottaa huomioon myös kuvan liikuttelussa. Siirtopöydän liikettä päivittävä ohjelma on toteutettu omana aliohjelmana. Toinen sekvenssi on jaettu kahteen eri sekvenssiin. Ensimmäisessä on siirtopöydän paikoitus valittuun koordinaattipisteeseen ja toisena näytteen kuvaus. Käyttöliittymän toiminnoista on kerrottu tarkemmin seuraavassa luvussa.



Kuva 12. Käyttöliittymän lohkokaavio

4.5 Käyttöliittymän toiminnot

Käyttöliittymä sisältää kaksi eri välilehteä, jotka esitellään seuraavana. Mittaus-välilehden kohdat (A-T), joihin tekstissä on viitattu, löytyvät kuvasta 13.



Kuva 13. Mittaus-välilehti ja sen eri toiminnot

Mittaus-välilehti

Mittaus-välilehdellä tapahtuu itse mittaus. Käynnistettäessä ohjelma, siirtopöydän liiketaso sekä sen sijaintia ilmaiseva kuva (kuva 13, kohta I) liikkuvat kotipaikkaan X0, Y0, jonka paikka on määritelty keskelle 50 x 50 mm aluetta.

Haluttujen kuvattavien alueiden valitseminen aloitetaan painamalla **Aloita näytteen kuvaus**-painiketta (kohta B), jolloin vasemmalla olevaan näyttöön **Kuvattavien näytteiden valinta** (kohta A), ilmestyy kameran jatkuva kuva.

Näytteen paikoittaminen tapahtuu kuvassa näkyvillä neljällä painikkeella (kohta C). Näistä painikkeista saadaan liiketaso liikkumaan oikealle (O), alas (A), vasemmalle (V) tai ylös (Y). Siirtopöydän liiketaso voidaan siirtää milloin tahansa kotipaikkaan, painikkeella **Siirrä kotipaikkaan** (kohta E).

Liikkeen resoluutio voidaan valita välille 0,0001 mm - 5 mm (kohta G).

Liikuttelemalla näytettä ja seuraamalla samanaikaisesti jatkuvaa kuvaa näytöstä (kohta A) voidaan valita kuvattava näytekohta. Siirtopöydän koordinaatit näkyvät kuvassa olevissa indikaattoreissa (kohta F). Käyttöliittymässä oikealla oleva näyttö (kohta I), päivittää samanaikaisesti siirtopöydän sekä näytekammion liikkeitä sen käytettävissä olevalla liikealueella.

Näytössä (kohta I) keskelle merkitty punainen piste kuvaa näytteestä heijastuvaa valopistettä ja sen paikka on kiinteä. Halutun kuvauspaikan löytyessä XY-koordinaatit asetetaan muistiin painikkeella **Valitse näytteen koordinaatit muistiin** (kohta D). Valitut koordinaatit näkyvät **Valitut koordinaatit** -taulukossa (kohta H).

Näytekohtia voidaan valita haluttu määrä. Kun haluttu määrä näytekohtia on valittu, valitaan kuvan 13 keskellä olevilla valitsimilla, **Montako kuvaa halutaan yhdestä näytekohdasta** (kohta J), **Viive kuvien välillä** (kohta K), **Tallennusmuoto** (kohta L) ja **Tallennuspolku** (kohta M). Mahdollisia tallennusmuotoja ovat png, tiff, jpeg, jpeg 2000 ja bmp. Kuvassa alhaalla vasemmalla (kohta N) on vielä mahdollisuus valita erillinen **Infotiedosto** (infotiedostosta on kerrottu tarkemmin luvussa 4.1).

Kun halutut asetukset on tehty, voidaan aloittaa itse näytteen kuvaaminen painamalla **ALOITA MITTAUS** -painiketta (kohta P). Kuvassa alhaalla oikealla on mittauksen valmistilannetta kuvaavia indikaattoreita (kohta R), kuten valmiusprosentti, arvioitu jäljellä oleva aika sekunteina sekä mittauksessa menossa oleva kuva ja kuvan järjestysnumero.

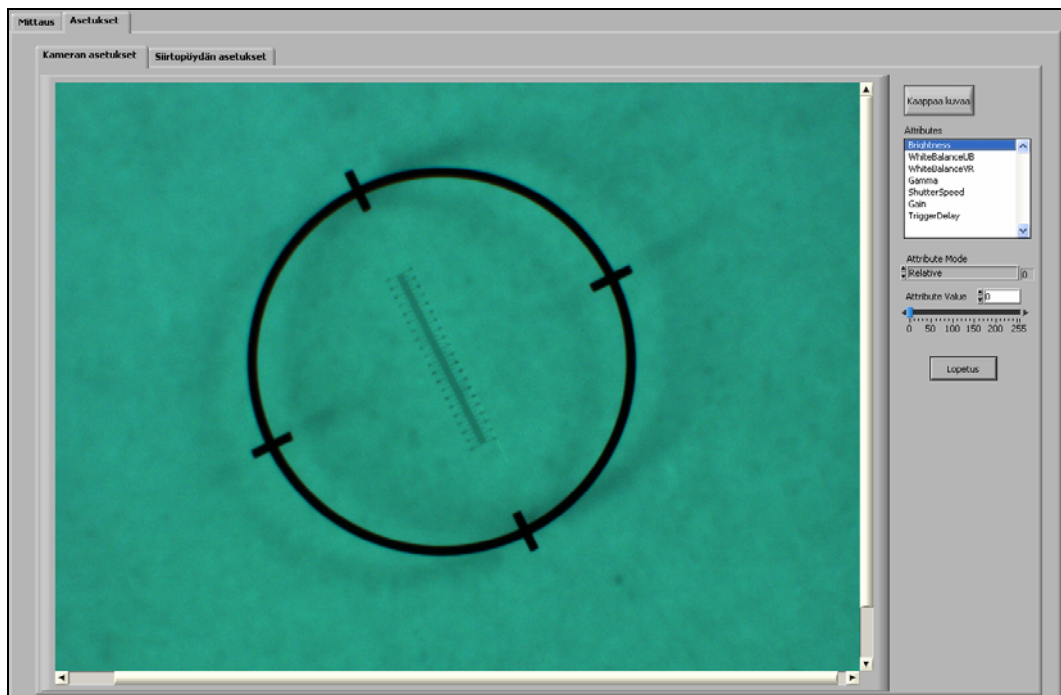
Kun mittaus on suoritettu, syttyy alhaalla olevaan indikaattoriin (kohta T) vihreä **Mittaus suoritettu** -valo.

Asetukset-välilehti

Välilehdellä voidaan muuttaa kameran ja siirtopöydän asetuksia. Kameraa varten on oma välilehti nimeltä kameran asetukset (kuva 14).

SPR-mittauksia varten kameran asetuksia tuli pystyä säätämään ennen suoritettavaa mittaus- ta. Kameran kuvan tarkan säätämisen helpottamiseksi kuvan koko asetettiin mahdollisimman suureksi. Kuvassa 14 oikealla on esitelty kameran mahdolliset säätömahdollisuudet: **Bright- ness** (kirkkaus/valoisuus), **WhiteBalance** (valkotasapaino), **Gamma** (keskisävyjen kirkka- us), **ShutterSpeed** (valotusaika), **Gain** (keinotekoinen valoisuuden säätö) ja **TriggerDelay** (kuvan päivitysnopeus). Asetuksia on mahdollista muuttaa liukukytkimellä halutuksi tai osas- sa on valittavissa automaattinen säätö. Kameran asetusten muokkaus tuli lopettaa painamalla Lopetus-painiketta. Kameran asetusten ohjelmoinnissa hyödynnettiin LabVIEW- ohjelmiston valmista esimerkkiä.

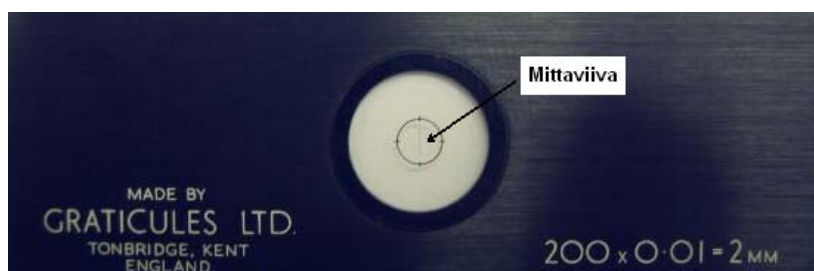
Toinen asetukset välilehti on siirtopöydän asetukset, jossa on mahdollista säätää X- ja Y - akselin nopeus välille 1 - 45 mm/s. Välilehdelle on tarkoitus lisätä myöhemmin muitakin siir- topöydän asetuksia kuten kiihtyvyyssarvo.



Kuva 14. Kameran asetuksia voitiin muuttaa erillisellä välilehdellä.

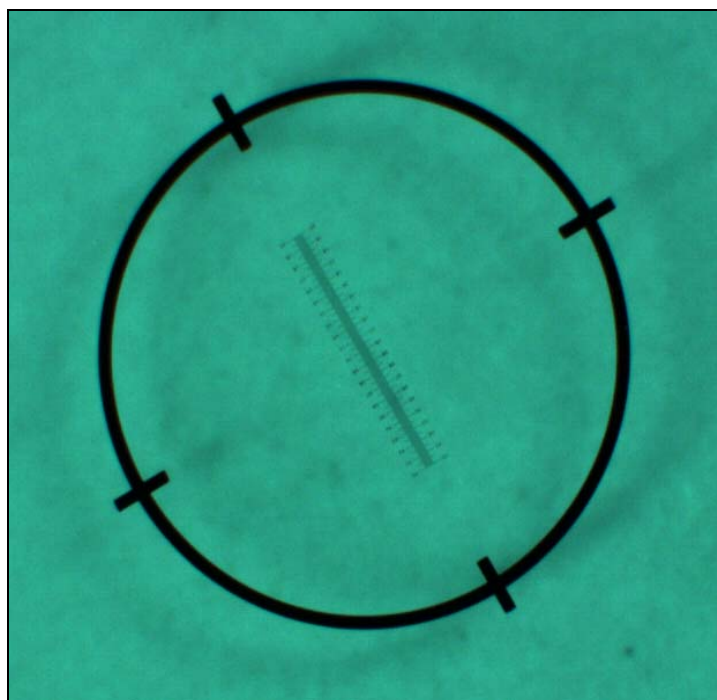
5 TESTAUS

SPR-mittauksia ajatellen oli tärkeää todentaa toteutetun ohjelmiston toiminta sekä siirtopöydän tarkkuus ja toistettavuus. Testien suorittamiseksi kameraan asennettiin suurentava optiikka, joka kykeni suurentamaan mikroskooppimittauksissa käytettävän mittaviivan (kuva 15), jossa oli 2 mm:n matkalla 200 viivaa.



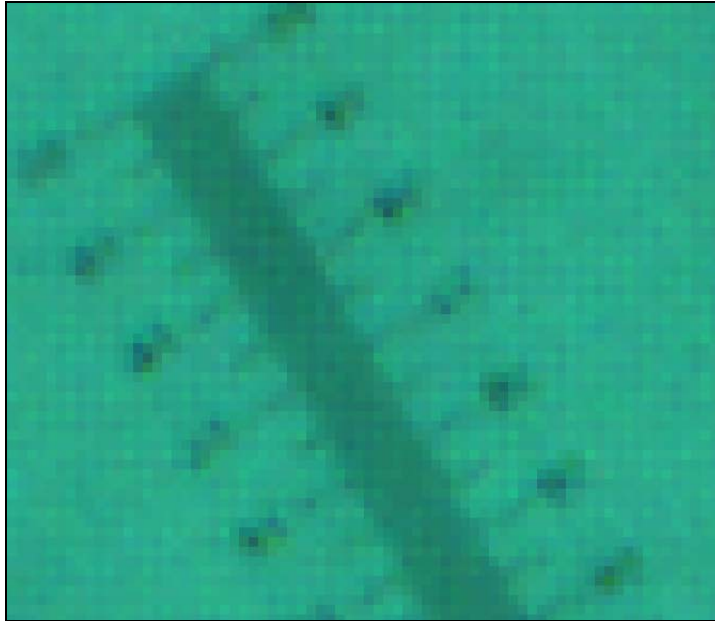
Kuva 15. Testauksessa käytetty mittaviiva

Käytetyllä optiikalla mittaviivasta saatiin näkymään silmämääräisesti n. 40 viivaa (kuva 16).



Kuva 16. Kameran kuva suurennetusta mittaviivasta

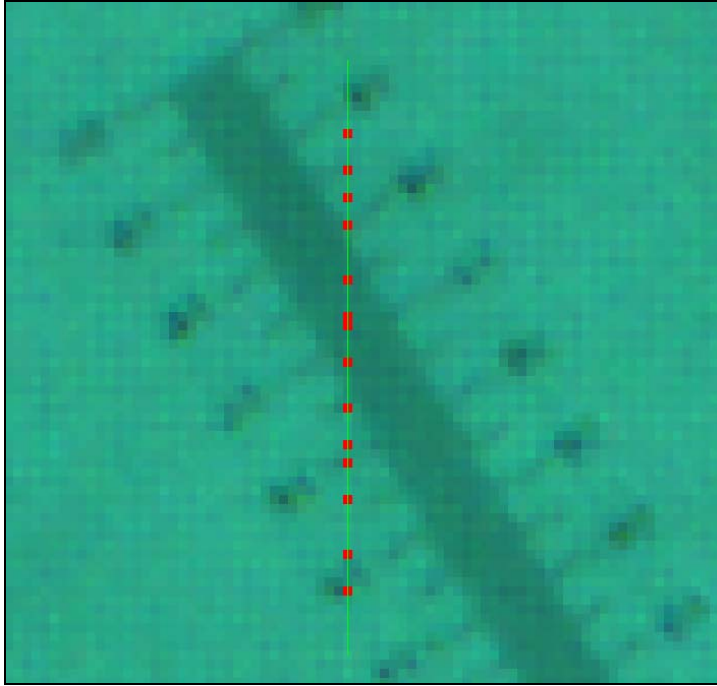
Suurentamalla kuvaa digitaalisesti saatiin näkyviin viivojen välissä olevat pikselit, jolloin se riitti todentamaan n.10 μm epätarkkuuden (kuva 17).



Kuva 17. Digitaalisesti suurennettu kuva mittaviivasta

Siirtopöydän kelkat olivat mittauksen alussa kotipaikassa, jolloin mittaviivasta otettiin ensimmäinen kuva. Seuraavaksi kelkat liikuteltiin oikeaan ääripäähän 1 mm:n askelilla ja siirrettiin takaisin kotipaikkaan ja otettiin kuva mittaviivasta. Tämä sama mittaus toistettiin X- ja Y-suunnissa. Kuvia otettiin yhteensä 5 kappaletta, 1 vertailukuva alussa ja 1 kuva kunkin siirron jälkeen.

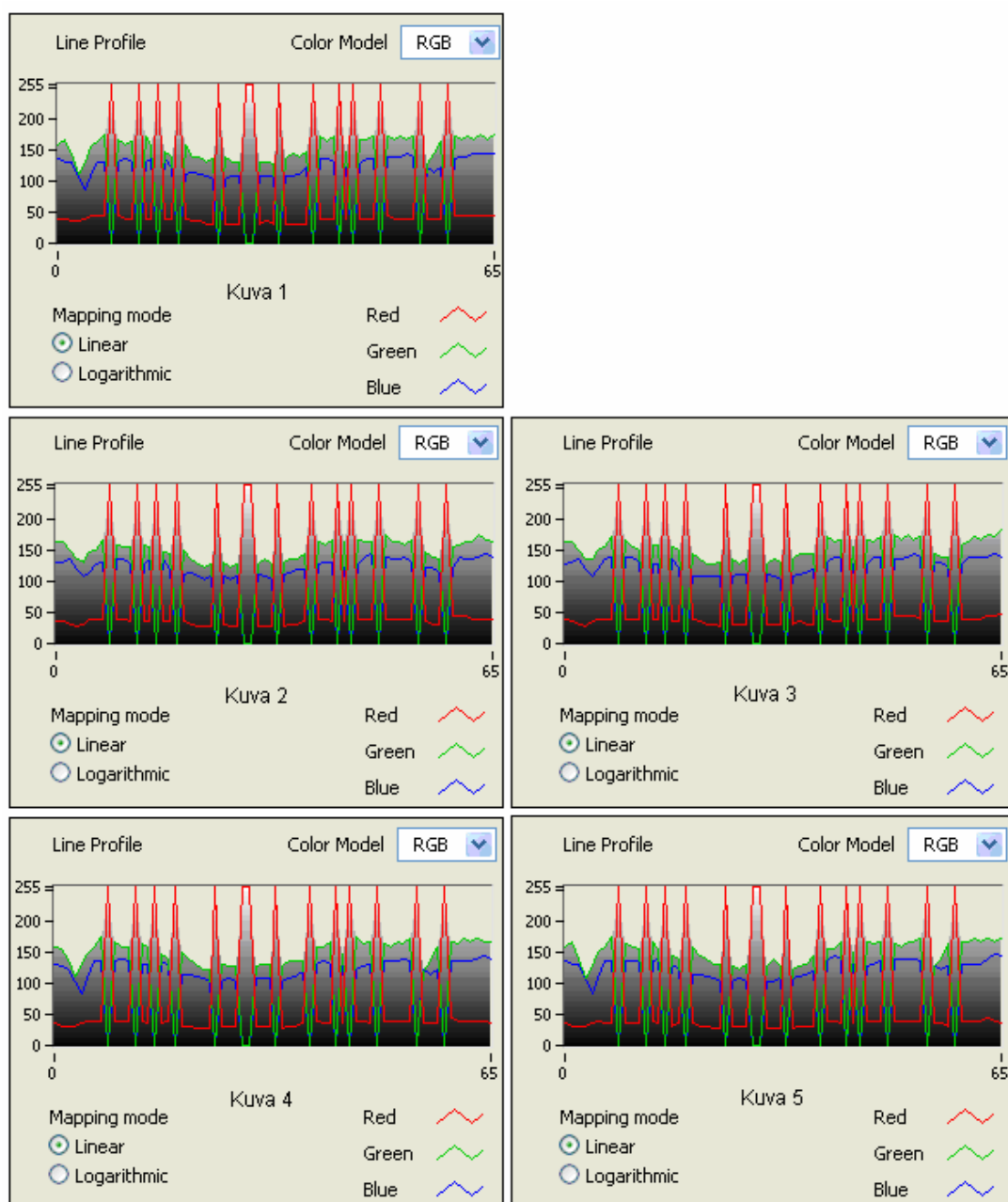
Kotipaikasta saadut kuvat suurennettiin digitaalisesti siten, että yksittäiset kuvapisteen saatiin näkymään. Kaikkien kuvien tiettyihin koordinaattipisteisiin merkattiin 14 pikseliä punaisella jotta saatiin luotettava intensiteettivaihtelu, koska kuvaan tuli kohinaa ja välkkymistä mm. keinovalaistuksesta johtuen. Merkattujen koordinaattipisteiden kautta laskettiin viivaprofiili Vision Assistant -ohjelmalla, joka kulki yhteensä 65 kuvapisteen kautta (kuva 18).



Kuva 18. Tiettyjen pikseleiden ja viivaprofilin merkkäus.

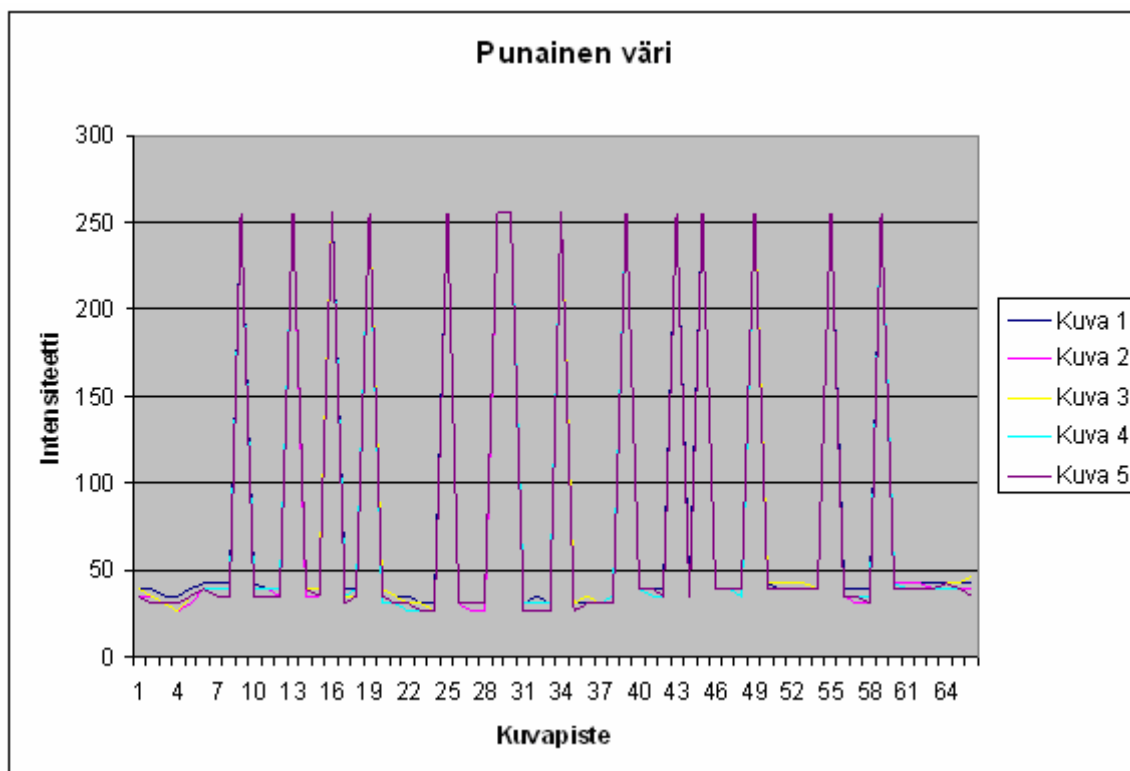
6 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Kotipaikasta otetuista kuvista siirtojen jälkeen saadut viivaprofiilit on esitetty kuvassa 19. Kuvissa on esillä punaisen, vihreän ja sinisen värin viivaprofiilit. 65 kuvapisteen intensiteetti-arvot on ilmaistu välillä 0-255.



Kuva 19. Kuvista saadut viivaprofiilit

Kuvassa 19 olevista viivaprofiileista erotettiin punaisen värisävyn aiheuttamat intensiteetti-
muutokset ja yhdistettiin ne samaan kuvaajaan (kuva 20), jolloin voitiin vertailla kuinka tar-
kasti siirtopöytä oli siirtänyt mittaviivaa samaan paikkaan.



Kuva 20. Punaisen värisävyn viivaprofilien vertailu

Kuvasta 20 voidaan havaita, että punaisen värin synnyttämät intensiteetti-
piikit ovat täsmäl-
leen samassa kohdassa jokaisessa kuvassa eli mittauksen toistettavuus sattui samalle kuvapik-
selille joka kerta uusittaessa mittaus. Kuvapisteiden 29 - 30 kohdalla oleva leveämpi piikki
johtuu siitä että markatussa kuvassa punaisia kuvapisteitä oli kaksi peräkkäinen (kts kuva 18).
Piikkien välissä nähdään jonkin verran intensiteettivaihteluita eri viivojen kesken, joka johtuu
sistä että kuvissa on mm. loisteputkilampun välkkymisestä aiheutuvaa kohinaa.

Jatkokehitys

Tällä hetkellä suurin osa mittausdatan (kuvat) analysoinnista tehdään erikseen siihen tarkoitettulla ohjelmalla kuten MATLAB. Varsinaiset tulokset saadaan laskettua kuvadatasta SPR-teoriasta johdettujen kaavojen avulla. Tätä mittausdatan analysointia voisi asteittain lisätä käyttöliittymään, jolloin esimerkiksi osa lasketuista parametreista voitaisiin saada näkyville mittauksen edetessä ja enemmän laskenta-aikaa vaativat voitaisiin käsitellä varsinaisen mittaus tapahtuman jälkeen.

7 YHTEENVETO

Insinööriyön tavoitteena oli rakentaa mittauslaitteisto, joka tarjoaisi SPR-mittauksiin suuremman nopeuden, luotettavuuden sekä tarkkuuden ja sitä kautta helpottaisi mittausrutiinia ja tutkimustyötä.

Mittauslaitteiston toteuttamiseen tarvittiin siirtopöytä, ohjausyksikkö ja kamera sekä näiden ohjaukseen käyttöliittymä. Tutkittavan näytteen paikoitukseen tarvittiin motorisoitu siirtopöytä. Eri valmistajien siirtopöydistä valittiin saksalainen Märzhäuser, jolta löytyi vaatimukset täyttävä siirtopöytä ja sen ohjaukseen tarvittava ohjausyksikkö. Ohjausyksikön mukana tuli valmiit LabVIEW-ajurit. Näytteen kuvaukseen valittiin Allied Vision Technologiesin valmistama digitaalinen CCD-kamera Guppy F-080C. Kamerassa on tuki IEEE 1394 (firewire) -liitännälle, jonka ansiosta se pystyttiin liittämään suoraan PC:hen, eikä erillistä kuvankaappauskorttia tarvittu.

Mittalaitteiden ohjaus toteutettiin graafisella LabVIEW 8.0 -ohjelmointikielellä. Ohjelmiston toteutus ajoitettiin kolmeen eri vaiheeseen. Ensimmäisenä toteutettiin kameran ohjaus, seuraavana siirtopöydän ohjaus ja viimeiseksi ohjelmat sovitettiin yhteen. Yhdistettyjen ohjelmien tuloksena oli käyttöliittymä, jolla voitiin hallita mittalaitteita ja mittaustapahtumaa.

Mittalaitteiston testaus suoritettiin siirtelemällä kuvattavaa kappaletta vuorotellen oikealle, alas, vasemmalle ja ylös ja vertailemalla siirtojen jälkeen kotipaikasta saatujen kuvien viiva-profilien samankaltaisuutta keskenään

Työn tuloksena oli, että mittauslaitteisto saatiin toimimaan ja työlle annetut tavoitteet saavutettiin. Siirtopöydän tarkkuus ja toistettavuus olivat riittäviä mittauksiin ja mittauksista saadut tulokset olivat luotettavia.

LÄHTEET

- 1 J. Homola, S.S. Yee, G. Gauglitz, Surface Plasmon resonance sensors: review, *Sensors and Actuators B54*, p. 3-15 (1999).
- 2 J. Homola, *Surface Plasmon Resonance Based Sensors*, Series: Springer Series on Chemical Sensors and Biosensors , Vol. 4, 2006, XII, 251 p.
- 3 Jukka Lekkala, Anturien liittäminen mikrofluidistiikkajärjestelmiin, Luettu 10.2.2006.[PDF-dokumentti].
<http://ae.tut.fi/research/MST/MIFLUS/pdf/JLekkala.pdf>
- 4 Brochure MT-MOT 50x50, [PDF-dokumentti].
<http://www.marzhauser.com>
- 5 Handbook, LSTEP, 282 p. [PDF-dokumentti].
<http://www.marzhauser.com>
- 6 AVT Guppy, Technical Manual, V.4.0.1, 238p
- 7 National Instruments, Measurement and automation catalog 2007, 492 p.