



Tampereen ammatillinen
opettajakorkeakoulu

Opettajankoulutuksen kehittämishanke

Koulutus osana uuden teknologian käyttöönottoa

Katja Laine
Pauliina Mansikkamäki

2008

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	3
1 SUOMALAISEN ELEKTRONIIKKATEOLLISUUDEN HAASTEET	4
2 PAINETTAVAN ELEKTRONIIKAN MENETELMÄT	5
3 UUDEN TEKNOLOGIAN KÄYTTÖÖNOTON HAASTEET	8
4 KOULUTUS OSANA UUDEN TEKNOLOGIAN KÄYTTÖÖNOTTOA.....	9
5 KOULUTUSKARTOITUS – EDU-PRINT	10
5.1 Koulutuskartoituksen toteutus	10
5.2 Koulutuskartoituksen tulokset kouluasteittain.....	11
5.2.1 Ammattikoulut	11
5.2.2 Aikuis- ja muuntokoulutus	12
5.2.3 Ammattikorkeakoulut.....	13
5.2.4 Teknilliset yliopistot.....	13
5.3 Johtopäätökset koulutuskartoituksen tuloksista	14
6 UUDEN OPINTOKURSSIN RAKENTAMINEN	16
7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSIÄ	20
LÄHTEET	22

LIITTEET

LIITE 1: Kyselylomakkeen vastaukset toimialoittain

LIITE 2: Kyselylomakkeen vastaukset henkilöryhmittäin

LIITE 3: Elektroniikan uudet valmistusmenetelmät, TTY Kevät 2008

LIITE 4: Esimerkki purkuanalyyseistä

LIITE 5: Opetusvideossa käytettyjä kuvia

LIITE 6: Laboratoriotyöohje

LIITE 7: Ydinainesanalyysi Elektroniikan uudet valmistusmenetelmät – Painettava elektroniikka, TAMK 2008-2009

Laine, Katja; Mansikkamäki, Pauliina

Koulutus osana uuden teknologian käyttöönottoa

23 sivua + 13 liitesivua

Opettajankoulutuksen kehittämishanke

Tampereen ammatillinen opettajakorkeakoulu

Ryhmän opettaja Maarit Kolari

Toukokuu 2008

Asiasanat koulutus, opintokurssin rakentaminen, painettava elektroniikka

TIIVISTELMÄ

Painettava elektroniikka on elektroniikan valmistusmenetelmä, joka mahdollistaa uudenlaiset, innovatiiviset elektroniikkatuotteet, ja joka on ympäristöystävällinen ja kustannustehokas menetelmä. Painettava elektroniikka tulee kuitenkin muuttamaan elektroniikkatuotteen suunnittelu-, valmistus- ja arvoketjuja merkittävästi, minkä seurauksena menetelmien kanssa työskentelevien ihmisten tieto-taitoa täytyy päivittää ja uusia työntekijöitä tulee kouluttaa alalle. Painettavan elektroniikan kehittymisen kannalta on tärkeää, että koulutus uudesta tekniikasta otetaan huomioon kehityksen alusta alkaen. Tämä takaa, että uusien valmistusmenetelmien osaajia on riittävästi tekniikan käyttöönottamiseksi sekä suomalaisten yritysten kilpailukyvyyn säilyttämiseksi. Tässä kehittämishankkeessa suunniteltiin ja rakennettiin uusi opintokurssi ”Elektroniikan uudet valmistusmenetelmät” Tampereen teknillisen yliopiston Elektroniikan laitokselle. Tämä kurssi toteutettiin keväällä 2008. Tämän kehittämishankkeen puitteissa suunniteltiin vastaavanaiheinen kurssi myös Tampereen Ammattikorkeakoululle toteutettavaksi lukuvuonna 2008 - 2009. Tarve painettavan elektroniikan opintokursseille saatiin Edu-Print –projektin tuloksena. Projektissa tutkittiin koulutuksen merkitystä painettavan elektroniikan kehityksen ja kaupallistumisen kannalta. Projektin puitteissa tehtiin koulutuskartoitus, jossa kartoitettiin yritysten koulutustarpeita uudesta teknologiasta ja selvitettiin näiden tarpeiden tuomat haasteet koulutustarjontaan Pirkanmaan alueella. Tämän lisäksi projektissa kartoitettiin Pirkanmaan eri koulutustahojen mahdollisuudet tarjota painettavan elektroniikan koulutusta tulevaisuudessa. Koulutuskartoituksen tuloksina saatiin tietoa eri oppilaitosten yhteistyömuodoista, ja niihin liittyvistä kehitystarpeista, yritysten kanssa. Tuloksina saatiin tietoa myös oppilaitosten toimintaperiaatteista, varsinkin sisällytettäessä uutta asiaa opetukseen, ja oppilaitosten edustajien aikatauluarvioita uuden teknologian opetuksen alkamiselle. Kehittämishankkeen tekijät olivat mukana Edu-Print –projektin suunnittelussa ja toteutuksessa sekä yritys- ja oppilaitoshaastatteluissa.

1 SUOMALAISEN ELEKTRONIikkATEOLLISUUDEN HAASTEET

Suomalainen elektroniikkateollisuus elää suuressa murroksessa – tuotantoa siirretään koko ajan halvemman työvoimakustannusten maihin ja uusia suomalaista kilpailukykyä vahvistavia liiketoimintakonsepteja tulisi kehittää. Tämä ei ole vain elektroniikkateollisuuden haaste, vaan ratkaisuja tulisi hakea kaikilla yhteiskunnallisilla sektoreilla. Etenkin tämä on haaste tekniikan koulutuksen keskuudessa, sillä teollisuuden kilpailukyvyyn heikkeneminen vähentää tekniikan alan houkuttelevuutta nuorten keskuudessa. Tilanteesta syntyy syöksykierre, sillä juuri lahjakkuutta ja luovuutta tarvitaan uusien innovaatioiden luomisessa ja uuden liiketoiminnan kasvattamisessa poistuneen elektroniikkatuotannon tilalle. Yhteiskunnan eri toimijoiden tulee yhdistää voimavaransa ja löytää uusia innovaatioita suomalaisen elektroniikkateollisuuden kilpailukyvyyn vahvistamiseksi [Vicinicis][Mans_07a]. Myös Pirkanmaalla on tunnustettu innovaatioiden merkitys menestymisen avaintekijänä, ja tämä ajatus toimiikin pohjana Pirkanmaan innovaatiostrategialle, jonka tavoitteena on varmistaa maakunnan kilpailukyky tulevaisuudessa [Innovaatio]. Uuden teknologian kehitys vie aikaa noin 7 - 11 vuotta. Lisäksi teknologian kehitys on riskialtista puuhaa, sillä vain noin 10 %:ia teknologiankehityshankkeista päättyy kaupallisiksi sovelluksiksi. Toisaalta, teknologian kaupallistuminen saattaa viivästyä huomattavasti oikean osaamis pohjan omaavien asiantuntijoiden ja työntekijöiden puuttumisen johdosta [Mans_07a].

Tässä kehittämishankkeessa rakennetaan uusi opintokurssi elektroniikan uusista valmistusmenetelmistä Tampereen teknillisen yliopiston Elektroniikan laitokselle. Tämän lisäksi tässä hankkeessa suunnitellaan vastaavanlainen kurssi Tampereen Ammattikorkeakoululle. Tarve uudelle opintokurssille pohjautuu Edu-Print –projektin koulutuskartoituksen tuloksiin. Projektissa kartoitettiin alueellisesti koulutuksen tarve ja eri oppilaitosten kiinnostus koulutuksen tarjoamiseen. Uuden opintokurssin rakentamisen tavoitteena on painettavan elektroniikan menetelmiin perustuvan uuden liiketoiminnan syntymisen nopeuttaminen ja alueellisen kilpailukyvyyn kasvattaminen opetuksen keinoin.

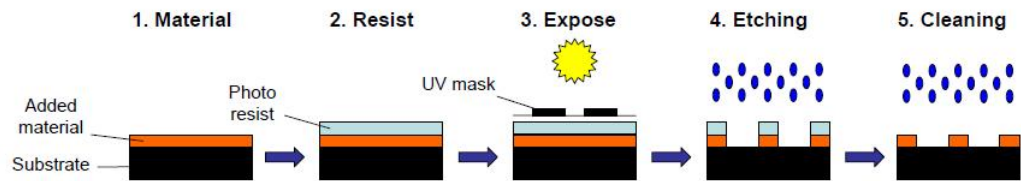
2 PAINETTAVAN ELEKTRONIIKAN MENETELMÄT

Perinteiset elektroniikan valmistusmenetelmät eivät pysty vastaamaan tulevaisuuden elektroniikkateollisuuden vaatimuksiin. Me kuluttajat olemme yhä vaativampia, haluamme enemmän toimintoja laitteisiimme, uusia tuotekonsepteja, uutta muotoilua, mutta kuitenkin entistä halvemmalla. Tämä tarkoittaa elektroniikkalaitteelle sitä, että elektroniikan integraatioaste ja ydinkomponenttien suorituskyky kasvaa. Samalla mahdollisuus, mutta myös tarve, lisätä toimintoja samaan tai entistä pienempään tilaan kasvaa. Ydinkomponenttien ympärille tarvitaan monipuolista toiminallista elektroniikkaa usein massatuotettavien lopputuotteiden aikaansaamiseksi. Tämän, ydinpiirien ympärille tulevan elektroniikan suhteellinen merkitys laitekokonaisuuden tuottamisessa kasvaa. Tarvitaan uusia teknologioita vastaamaan kasvaviin odotuksiin [Pekk_07].

Painettava elektroniikka on joukko menetelmiä, jotka yhdistävät perinteisen graafisen teollisuuden painomenetelmiä, nanoteknologiaa ja elektroniikan suunnittelu- ja valmistusprosesseja uudella tavalla. Painettavan elektroniikan menetelmin pystytään valmistamaan elektroniikkaa kustannustehokkaasti ja ympäristöystävällisesti, ja lisäksi se mahdollistaa aivan uudenlaiset, innovatiiviset elektroniikkatuotteet. Visiona painettavan elektroniikan kehitystä ohjaa ajatus, että tulevaisuudessa erilaisia elektroniikkatuotteita valmistetaan samalla joustavalla tuotantolinjalla yksilöidysti hyödyntäen paino- tai muuta suorakuvioinnin teknologiaa. Tämä avaa mahdollisuuksia löytää uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja vahvistaa suomalaisen elektroniikkateollisuuden kilpailukykyä [Rönk_07].

Perinteinen elektroniikan valmistustekniikka perustuu materiaalien poistamiseen, kun taas painettavan elektroniikan tekniikoissa materiaalia lisätään niihin kohtiin, missä sitä tarvitaan. Painettavan elektroniikan valmistusprosessin ero perinteiseen etsaavaan valmistustekniikkaan on esitetty kuvassa 1. Periaatteellisella tasolla tarkasteltuna ero saattaa vaikuttaa hyvin pieneltä, mutta laitteen suunnittelun ja muotoilun, tuotannon suunnittelun, logistiikan, käytettyjen materiaalien sekä ennen kaikkea vaaditun osaamisen suhteen erot ovat äärettömän suuret.

Subtractive technology:



Additive technology:



Kuva 1. Perinteinen valmistustekniikka verrattuna painettavan elektroniikan valmistukseen

Perinteinen piirilevyvalmistus on vaativa märkäkemiallinen etsausprosessi, kun taas painoprosessit ovat materiaalia lisääviä prosesseja. Esimerkiksi mustesuihkutulostuksen laitteisto muistuttaa oleellisesti tavallista pöytätulostinta. Kuvassa 2 on esitetty painettavan elektroniikan valmistamiseen suunniteltu mustesuihkutulostin.



Kuva 2. Mustesuihkutulostin

Koska painettavan elektroniikan menetelmät eroavat perinteisistä valmistusmenetelmistä, koko elektroniikkatuotteen suunnittelu, valmistus- ja arvoketjut muuttuvat. Prosessin muuttuessa radikaalisti, myös menetelmien kanssa työskentelevien ihmis-

ten tieto-taitoa täytyy päivittää ja uusia työntekijöitä kouluttaa alalle
[Pekk_07][Vicinics][Kunn_07].

3 UUDEN TEKNOLOGIAN KÄYTTÖÖNOTON HAASTEET

Aidosti uusien, niin kutsuttujen disruptiivisten eli olemassa olevia rakenteita radikaalisti muuttavien, tekniikoiden yleistymisen tarjoaa samaan aikaan pelottavia uhkakuvia sekä uusia mahdollisuuksia. Disruptiivinen teknologia rikkoo olemassa olevat toimiala- ja toimitusketjurajat. Osa toimijoista voittaa ja osa menettää, uusia toimijoita syntyy ja vahoja katoaa. Uuden disruptiivisen teknologian hyödyntäminen vaatii huomattavan paljon uutta osaamista ja jo työelämässä olevien asiantuntijoiden ja ammattilaisten osaamisen ja tieto-aidon päivittämistä [Mans_07b]. Lisäksi nämä tekniikat muuttavat olemassa olevia suunnittelu-, logistiikka- ja valmistusprosesseja. Uusia ohjelmistoja, prosesseja ja liiketoimintamalleja tarvitaan. Jonkun tai joidenkin neutraalien tahojen tulee ottaa vastuullinen rooli huolehtia uuden teknologian kaikkien tarvittavien osaamisalueiden kehittymisestä alueellisesti, sillä jotta uusi tekniikka jalkautuu alueellisesti, siellä on pystyttävä tarjoamaan palvelua ja osaamista koko uuden tuotteen kehitysprosessille eli ”New Product Creation” –prosessin kaikki osa-alueet tulee kattaa. Tämä on haasteellista, sillä yrityksillä ei ole uuden teknologian käyttöönotossa vakiintuneita rooleja ja ansaintalogiikoita, vaan kilpailu rooleista ja myös tulevista voitoista on vielä käynnissä [Mans_07a].

Uuden teknologian hyödyntämisessä tarvitaan neutraaleja osapuolia, jotka ajavat yhteiskunnallista ja alueellista etua eivätkä vain yhden yrityksen etua. Yliopistot ja ammattikorkeakoulut voivat kantaa tällaisen yhteiskunnallisen roolin. Lisäksi kyseiset oppilaitokset voivat tarjota alueellista koulutusta aiheesta ja sitä kautta lisätä alueen kilpailukykyä uuden teknologian käyttöönotossa.

4 KOULUTUS OSANA UUDEN TEKNOLOGIAN KÄYTTÖÖNOTTOA

Painettavan elektroniikan menetelmät yhdistävät useita perinteisiä toimialoja, kuten elektroniikka- ja paperiteollisuuden. Lisäksi tämä teknologia on poikkitieteellinen yhdistäen nanoteknologiaa, materiaalitekniikkaa, elektroniikkaa ja paperitekniikkaa. Näin ollen perinteisten tiedekuntien ja koulutussuuntien rajat eivät enää päde, vaan tarvitaan uudenlaisia monialaosajia. Tämä on suuri koulutuksellinen haaste.

Teknologiankehityksen sinänsä voidaan ajatella olevan yksilöiden ja jopa koko organisaation oppimisprosessi. Tässä oppimisprosessissa on hyvin epähomogeeninen opiskelija-aines ja hyvin erilaisia opetusympäristöjä. Teknologian kehitysprosessin aikana mukana olevien ihmisten tulee oppia ja omaksua suunnaton määrä uutta tietoa ja osata yhdistää sitä jo olemassa oleviin tietoihin ja taitoihin. Teknologian kehityksen aikana hyvin kriittisiä vaihteita ovat teknologian siirrot organisaatiolta toiselle tai jopa yritykseltä toiselle. Etenkin näissä tilanteissa sekä siirtävän organisaation että vastaanottavan organisaation ihmisineen voidaan ajatella osallistuvan oppimistahtumaan. Näissä tilanteissa organisaatioiden ja ihmisten yhteinen aika on yleensä hyvin rajattu, joten siirtävän organisaation tulee osata siirtää tieto täsmällisesti ja selkeästi eteenpäin. Vastaanottavan organisaation edustajilla tulee puolestaan olla hyvät valmiudet vastaanottaa tämä tieto. Tilanne monimutkaistuu edelleen, kun prosessissa on mukana sekä yritysten henkilöstöä että eriasteiden oppilaitosten opettajia ja opiskelijoita. [Mans_07c]

Painettavan elektroniikan koulutushankkeen tavoitteena on selvittää koulutusta järjestävien osapuolien kiinnostus tekniikan opettamiseen ja koulutuksen järjestämiseen sekä yritysten halukkuus olemassa olevan henkilöstönsä kouluttamiseen ja tulevaisuuden osaajien osaamisprofiilin määrittämiseen. Seuraavassa kappaleessa esitetään yhteenveto koulutuskartoituksen tavoitteista, toteutuksesta sekä yhteenveto keskeisistä tuloksista.

5 KOULUTUSKARTOITUS – EDU-PRINT

Painettavan elektroniikan kehittämisessä Pirkanmaan alueella on koulutus otettu yhdeksi tekniikan kaupallistamista kiihdyttäväksi työkaluksi eli toisin sanoen koulutus on sisällytetty osaksi tavoitteellista teknologiankehitystä. Edu-Print –projektissa toteutetun koulutuskartoituksen tavoitteena oli tunnistaa painettavan elektroniikan kaupallistumiseen liittyvät sidosryhmät, haastatella ne sekä rakentaa koulutussuunnitelma painettavan elektroniikan menetelmien kaupallistumisen tueksi. Lisäksi tavoitteena oli kartoittaa yritysten koulutustarpeet uusien disruptiivisten valmistustekniikoiden toimialalla. Kartoituksessa pääpaino oli painettavan elektroniikan tekniikoissa, mutta samalla tavoitteena on saada kokemuksia koulutuksen hyödyntämisestä uuden teknologian kaupallistumisen kiihdyttäjänä. Tämän lisäksi selvitettiin koulutuksen vaatimusten tuomat haasteet koulutustarjontaan Pirkanmaan alueella ja kartoitettiin eri koulutustahojen ja -asteiden kiinnostus ja mahdollisuudet tarjota painettavan elektroniikan koulutusta tulevaisuudessa. Tällä hetkellä painettavan elektroniikan kehitystyön pääpaino on yliopistossa, mutta teknologian hyödyntämiseksi tarvitaan kaikkien ammatillisten koulutusasteiden osaajia.

5.1 Koulutuskartoituksen toteutus

Koulutuskartoituksen ensimmäisessä vaiheessa eri yritysten työntekijöitä haastateltiin yritysten koulutustarpeiden kartoittamiseksi. Haastattelut jaettiin kahteen pääaiheeseen: yritysten olemassa olevan henkilöstön uudelleen kouluttamistarpeet sekä uusien palkattavien työntekijöiden koulutustausta ja siinä tarvittavat muutokset. Projektin toisessa vaiheessa yrityksiin lähetettiin internetpohjainen kyselylomake. Lomake sisälsi 16 kysymystä tai toteamusta, ja vastaajan tuli valita sopivin annetuista vastausvaihtoehdoista. Kysymykset oli laadittu ensimmäisen vaiheen haastattelujen perusteella ja tavoitteena oli tarkentaa haastatteluissa esille tulleita asioita. Tulokset käsiteltiin tilastollisesti sekä toimialoittain että vastaajien toiminimikkeiden mukaan jaoteltuina (katso liitteet 1 ja 2). Projektin kolmannessa vaiheessa koulutusta antavista yksiköistä haastateltiin koulutuspäälliköitä ja/tai opettajia, jotka ovat vastuullisia sähkö- tai paperitekniikan alojen opetuksesta. Koulutusta tarjoavat yksiköt rajattiin Pirkanmaalla toimiviin. Kultakin opetustaholta pyrittiin selvittämään vähintään

yhden yksikön kiinnostus ja mahdollisuudet tarjota painettavan elektroniikan opetusta tulevaisuudessa. Kuitenkin useimmista koulutusasteista otettiin mukaan sekä paperi- että sähköalan koulutusohjelmat. Koulutuskartoitus tehtiin seuraavissa oppilaitoksissa: Tampereen ammattiopisto, Pirkanmaan ammattiopisto (PIRKO), Tampereen aikuiskoulutuskeskus (TAKK), Tampereen ammattikorkeakoulu (TAMK) ja Tampereen teknillinen yliopisto (TTY).

5.2 *Koulutuskartoituksen tulokset kouluasteittain*

Seuraavaksi esitellään yrityshaastattelujen sekä kyselylomakkeen tulosten yhteenvehto liittyen yritysten näkemyksiin tarvittavasta painettavan elektroniikan koulutuksen laajuudesta ja aikatauluista. Lisäksi koulujen omat näkemykset opetuksen mahdollisuuksista ja toteutustavoista on raportoitu. Seuraavassa esitellään myös yrityksissä tehdyssä kartoituksessa esiin tullut tarve koulutukselle yritysten eri henkilöstöryhmissä.

5.2.1 Ammattikoulut

Painettavan elektroniikan opetus ammattikouluissa nähtiin tarpeelliseksi ainakin sähkö-, prosessi- ja paperitekniikan aloilla. Sopiva laajuus yritysten mielestä voisi olla luentosarja jonkun kurssin yhteydessä tai kokonainen kurssi. Käytännön harjoitustyöt nähtiin lisäksi tärkeiksi. Opetus voisi alkaa pienessä mittakaavassa (luentotalolla) piankin ja edetä siitä tarpeen mukaan kokonaiseksi kurssiksi.

Tuotantohenkilöstön koulutuksen katsottiin tapahtuvan pääasiassa ammattikouluissa. Suomessa ei ole vielä valmistusta kaupallisessa mittakaavassa painettavasta elektroniikasta. Täten välitöntä tarvetta valmistushenkilöstölle ei nähty. Yleinen näkemys oli, että tuotantohenkilöstö saa koulutusta yrityksen käyttämille prosesseille ja laitteille yrityksessä, mutta heidän olisi hyvä omata pohjatietoa teknologiasta. Tämän takia painettavan elektroniikan valmistuksesta työtä hakevalta henkilöltä toivottiin ensisijaisesti alaan sopivaa ammattikoulutusta, jossa uusi teknologia on huomioitu. Enemmistö näki tämän jopa työkokemusta tärkeämpänä ominaisuutena.

Erityisenä tuotantohenkilöstöön liittyvänä asiana esiin tuli koulutus puhdastilatyöskentelystä. Yritykset, jotka käyttävät puhdastilatyöskentelyä vaativia teknologioita, hyötyisivät, mikäli puhdastiloissa työskentelemistä käsiteltäisiin jo kouluissa.

Ammattikoulujen edustajat olivat pitkälti samoilla linjoilla yritysten kanssa. Kiinnostusta painettavan elektroniikan opetukseen oli, ja sen ajateltiin tapahtuvan aluksi sisällyttämällä sitä olemassa olevaan opetukseen joko kurssin muodossa tai osana sitä. Tämä onnistuisi nopeastikin, mutta kokonaisen uuden suuntauksen rakentaminen voisi viedä aikaa muutaman vuoden.

Koska ammattikoulujen opetustoiminta on läheisesti sidoksissa ympäröivään teollisuuteen, toivottiin, että lähialueen yritykset ja tutkimuslaitokset voisivat tarjota työssäoppimispaikkoja uuteen teknologiaan liittyen. Tätä pidettiin merkittävänä kanavana uuden asian sisällyttämiseksi opetussuunnitelmaan.

5.2.2 Aikuis- ja muuntokoulutus

Yritysten edustajat pitivät aikuis- ja muuntokoulutusta yhtenä tärkeimmistä kanavista tuoda koulutettua työvoimaa alalle siinä vaiheessa kun uusi teknologia on jo tuotannollistumassa. Toisaalta, yritysten näkökulman mukaan aikuis- ja muuntokoulutus voi painettavasta elektroniikasta lähteä liikkeelle vasta kun lähialueella on vakiintunutta teollisuutta kyseisellä toimialalla.

Aikuiskoulutuskeskuksen toiminta, kuten ammattikoulujenkin, on hyvin vahvasti sidoksissa lähialueen teollisuusyrityksiin. Tämän takia koulun edustajienkin mielestä olisi hyvä odottaa, että lähialueen yrityksiltä tulisi aiheeseen liittyen harjoittelupaikkoja tai harjoitustöiden tekemiseksi tilaustöitä. Tällöin yhteistyössä paikallisten yritysten kanssa opetus painettavasta elektroniikasta pystyttäisiin aloittamaan nopeasti. Opetussuunnittelu koskien seuraavaa lukuvuotta (=kalenterivuotta) tehdään keväisin. Suunnittelussa otetaan huomioon alueen työllisyystarve.

5.2.3 Ammattikorkeakoulut

Yliopistojen ohella ammattikorkeakoulujen olisi yritysten mielestä reagoitava nopeasti uuden teknologian nousuvaiheessa. Kyseeseen voisi aluksi tulla kurssi tai kurssikokonaisuus. Suunnitteluhenkilöstö sekä tutkimus- ja tuotekehityshenkilöstö ovat kartoituksen mukaan ne henkilöstöryhmät, joille koulutusta painettavasta elektroniikasta tulisi ensisijassa antaa. Näitä henkilöstöryhmiä koskeva koulutuspaine kohdistuu etenkin ammattikorkeakouluihin sekä teknillisiin yliopistoihin. Kyselylomakkeessa kartoitettiin suunnittelijoilta toivottuja ominaisuuksia. Selvästi eniten kannatusta sai syvälinen tietämys useista eri prosessimenetelmistä. Tämä tuli esille myös haastatteluissa.

Ammattikorkeakoulut ovat valmiita ottamaan painettavan elektroniikan opetuksen mukaan opetussuunnitelmaan. Nopea tie tähän olisi esimerkiksi perustaa vapaavalintainen kurssi. Tälle vapaavalintaiselle kurssille, josta voidaan tarvittaessa tehdä hyvinkin laaja, voisi osallistua opiskelijoita eri koulutusohjelmista. Tekniikan yleistyessä opetusta laajennettaisiin. Tietoliikennetekniikan ja sähkötekniikan koulutusohjelmat voisivat tehdä yhteistyötä painettavan elektroniikan opetuksen kehityksessä.

Ammattikorkeakoulun yksiköt tekevät runsaasti yhteistyötä yritysten kanssa, ja esimerkiksi tutkintotoita otettaisiin mielellään vastaan painettavan elektroniikan alalta. Paperitekniikan koulutusohjelmalla on neuvottelukunta toimialan yritysten kanssa. Neuvottelukunta kokoontuu kaksi kertaa vuodessa ja ottaa suoraan kantaa opetussisältöön. Ammattikorkeakoulussa käytetään lisäksi paljon vierailevia luennoitsijoita yrityksistä, joiden kautta uusien teknologioiden opetukseen sisällyttäminen onnistuu helposti. Yhteistyötä tehdään mielellään myös muiden oppilaitosten kanssa, esimerkiksi laboratoriotöitä voidaan käydä tekemässä muissa oppilaitoksissa ja omia resursseja jakaa muiden oppilaitosten kanssa.

5.2.4 Teknilliset yliopistot

Teknilliset yliopistot nähdään teknologian kehittäjinä, ja niissä uuden aiheen opetus lähtee ensimmäisenä liikkeelle. Teknologian alkuvaiheessa opetuksen laajuuden tulisi myös olla yliopistotasolla suurin. Kartoituksessa olleiden yritysten mielestä pai-

nettavan elektroniikan opetusta tullaan todennäköisesti tarvitsemaan sivuaineen laajuudessa, tosin ensi vaiheessa kannattaa lähteä liikkeelle kurssista tai parin kurssin kokonaisuudesta.

Ammattikorkeakoulu- ja yliopistoasteella uuden teknologian poikkitieteellisyys tuo suurimmat haasteet. Suurempien opetuskokonaisuuksien laatimisessa pitää tehdä yhteistyötä monen eri tiedekunnan kanssa, jotta teknologian opetus on kattavaa. Opetustarjonnassa on tärkeätä myös se, että kaikki painettavan elektroniikan prosessimenetelmät käsitellään laaja-alaisesti.

Yliopiston strategiaan kuuluu kiinteä yhteistyö teollisuuden yritysten kanssa. Yhteistyöprojektien kautta välittyy nopeasti palautetta koulutuksen tasosta. Yliopistot näkevät asemansa vahvana asiantuntijalähteenä mm. valmistukselle, suunnittelulle ja koulutukselle. Tampereen teknillisen yliopiston sähkötekniikan osastolla on jo opetettu painettavaa elektroniikkaa olemassa olevalla vaihtuviin teema-aiheisiin keskittyvällä kurssilla. Keväällä 2008 toteutetaan ensimmäinen kokonainen kurssi painettavasta elektroniikasta. Opetusta on jatkossa suunniteltu laajennettavaksi sivuaineeksi. Sivuaineen kokoamisessa yhteistyö muiden osastojen ja laitosten kanssa on tärkeää.

5.3 Johtopäätökset koulutuskartoituksen tuloksista

Oppilaitoksissa uudesta teknologiasta oltiin hyvin kiinnostuneita. Tuloksina saatiin tietoa oppilaitosten toimintaperiaatteista liittyen etenkin uuden asian sisällyttämiseen opetukseen sekä oppilaitosten edustajien omat aikatauluarviot opetuksen alkamiselle. Lisäksi keskusteltiin oppilaitosten ja yritysten välisestä yhteistyöstä ja siihen liittyvästä kehitystarpeesta.

Yhdeksi suurimmista ongelmista nousi koulutuksen oikea-aikainen aloitus. Jos koulutus aloitetaan ennen kuin teknologia on kaupallistamisvaiheessa, on riskinä kouluttaa ”turhaan”, mikäli teknologia syystä tai toisesta epäonnistuu kaupallistumistavoitteessaan. Ja toisaalta, jos koulutus aloitetaan liian myöhään, teollisuudessa ei ole riittävästi ammatillaisia hyödyntämään uutta teknologiaa. Tämä puolestaan on alueellinen riski, sillä seurauksena saattaa olla teknologian hyödyntämisen painopisteen siir-

tymisen muualle. Painettavan elektroniikan tapauksessa kansainvälisessä kilpailussa ovat vahvasti mukana Japani, USA ja muutama Euroopan maa.

Uusien työntekijöiden kouluttamisen lisäksi koulutuskartoituksessa tunnistettiin tarve jo olemassa olevan henkilökunnan uudelleenkoulutukselle. Toiveena oli, että koko yrityksen henkilöstölle järjestettäisiin kompakti teknologian esittelytilaisuus. Tämän lisäksi uuden teknologian koulutusta tarvitsisivat ensimmäisessä vaiheessa suunnitteluhenkilöstö sekä tutkimus- ja tuotekehityshenkilöstö. Edu-Print –projektin puitteissa onkin toteutettu yrityksille suunnattuja painettavan elektroniikan koulutuspäiviä. Näiden koulutuspäivien tarkoituksena on antaa yritysten henkilöstölle yleiskuva painettavasta elektroniikasta sekä sen laitteista ja materiaaleista. Tämän lisäksi koulutuspäivässä keskitytään tarkemmin inkjet-tekniikkaan sekä sen mahdollisuuksiin ja haasteisiin. Koulutuspäivät ovat varioitavissa yritysten mielenkiinnon mukaan ja niissä hyödynnetään myös sivulla 17 kuvattua painettavan elektroniikan opetusvideota. Edu-Print –projektin jatkuessa koulutuspäivät laajenevat myös oppilaitosten henkilöstöille.

6 UUDEN OPINTOKURSSIN RAKENTAMINEN

Edu-Print -koulutuskartoituksen tulosten pohjalta päätettiin perustaa Tampereen teknillisen yliopiston Elektroniikan laitokselle uusi opintokurssi ”Elektroniikan uudet valmistusmenetelmät”. Kurssin tavoitteena on antaa opiskelijoille käsitys siitä, millaisia vaikutuksia uuden valmistustekniikan käyttöönotolla on koko elektroniikkalaitteen elinkaareen eli suunnitteluun, valmistukseen, käyttöön, markkinointiin ja hävittämiseen. Näitä vaikutuksia peilataan painettavan elektroniikan tekniikoiden kautta. Lähtötasovaatimuksina opiskelijoilla on oltava suoritettuna kurssit Elektroniikan tuotantotekniikka ja Elektroniikan materiaalit.

Opintokurssin suunnittelu pohjautuu yhdistelmään itseohjautuvaa oppimiskäsitystä, konstruktivistista oppimisnäkemystä ja kokemuksellista oppimisnäkemystä. Kurssin opiskelijat nähdään itseohjautuvina ja aktiivisina oppijina, joilla on omat tavoitteet oppimiselle. Itseohjautuvuutta tuetaan kurssilla esimerkiksi antamalla opiskelijoille vapaamuotoista palautetta ja tarjoamalla opiskelijoille lisämateriaalia opetettavasta aiheesta esimerkiksi erilaisten artikkelien ja nettilinkkien muodossa. Näin opiskelijoilla on mahdollisuus rakentaa oppimistaan omista lähtökohdistaan. Kurssin opetusmenetelmät on valittu siten, että ne edesauttavat opittavan asian ymmärtämistä. Kurssilla käytetään luennoinnin lisäksi ryhmätöinä tehtäviä käytännön harjoitustehtäviä, kuten purkuanalyysyjä ja laboratorioharjoitusta. Näin opiskelijat ovat aktiivisessa oppijan roolissa ja pääsevät myös käytännössä tekemään ja oppimaan asioita. Käytännössä tekeminen nähdäänkin kurssilla tärkeäksi teoria-asioita täydentäväksi oppimisen muodoksi.

Uuden opintokurssin suunnittelu koostui oppimistavoitteiden määrittämisestä, opetussisällön suunnittelusta, oppimisen arvioinnin määrittämisestä, opetusmenetelmien valinnasta sekä toteutuksen ja aikataulun rakentamisesta. Kurssin suunnittelussa käytettiin apuna ydinainesanalyysia, jonka pohjalta opetettava aihe jaettiin kolmeen luokkaan: ydinainekseen, täydentävään tietämykseen ja erityistietämykseen [Lind_02]. Ydinainesanalyysin käyttö opintokurssien suunnittelussa on vakiintunut käytäntö TTY:llä. Kurssien suunnittelussa käytettävä OPSU-työkalu tukee kurssien aiheiden jakamista kolmeen edellä mainittuun luokkaan ja auttaa opettajia suunnitte-

lemaan kurssien työmäärät oikein suhteessa kurssiin varattuun aikaan, mikä on yksi ydinainesanalyysin tavoitteista [Lind_02]. OPSU-työkalun avulla TTY:llä suunnitellaan vuotuinen opetustarjonta ja rakennetaan opinto-oppaat. Elektroniikan uudet valmistusmenetelmät -kurssin ydinainesanalyysi on liitteessä 3.

Painettava elektroniikka on käsitteenä vaikea hahmottaa, joten kurssin opetuksen suunnittelussa on otettu yhdeksi tavoitteeksi tekniikan visualisointi opiskelijoille. Asiantuntijoillekin on vaikeaa hahmottaa näiden uusien painettavan elektroniikan tekniikoihin perustuvien tuotantofilosofiat, tuotantolinjojen rakenne ja vaikutukset elektroniikkalaitteiden tuotantoon, joten opiskelijat, jotka eivät ole välttämättä työskennelleet elektroniikkatuotannossa, kokevat asian hyvin haasteellisena. Visualisoinnin tavoitteena on siis edesauttaa painettavan elektroniikan käsitteen ymmärtämistä. Visualisointi auttaa myös laajentamaan opiskelijoiden oppimista sekä kytkeään opittava asia opiskelijan omaan kokemusmaailmaan [Kek_94]. Kurssilla käytetyt visualisoinnin menetelmät ovat elektroniikkalaitteiden purkuanalyysit, joissa verrataan nykypäivän tekniikoilla valmistettua ja painettavan elektroniikan tekniikoilla valmistettuja laitteita, videot ja laboratorioharjoitus.

Purkuanalyyseissä puretaan eri tekniikoilla valmistetut elektroniikkalaitteet. Purkutöön yhteydessä katsotaan erilaisia valmistukseen, kokoonpanoon ja laitteiden rakenteeseen liittyviä esityksiä ja videoita. Tavoitteena on, että opiskelija oppii hahmottamaan laitteen rakennearkkitehtuuriin liittyviä erityispiirteitä sekä laitteen valmistukseen liittyviä tuotantofilosofioita. Opiskelijat saavat itse purkaa ja koota erilaisia elektroniikkalaitteita, jolloin laitteiden suunnittelun ja kokoonpanon vaatimukset ovat helpommin hahmotettavissa. Esimerkki purkuanalyysistä on esitetty liitteessä 4.

Painettavan elektroniikan valmistusprosessista ei ole saatavilla hyviä opetusvideoita, joten tekniikan visualisoimiseksi on Edu-Print –projektissa toteutettu opetusvideo painettavasta elektroniikasta. Opetusvideo toteutettiin yhteistyössä Tampereen ammattikorkeakoulun Taiteen ja viestinnän yksikön kanssa. Opetusvideo keskittyy inkjet-tekniikkaan, mutta se antaa yleiskuvan myös muista yleisistä painettavan elektroniikan menetelmistä, kuten gravuuri-, reverse gravure- ja silkkipainotekniikasta. Laitteita kuvattiin TTY:n Elektroniikan laitoksen lisäksi TTY:n Porin yksikössä ja

Åbo Akademiassa. Videokuvan lisäksi painettavan elektroniikan eri menetelmiä havainnollistetaan 2 ja 3D-animaatioiden avulla. Opetusvideon tarkoituksena on visualisoida painettavan elektroniikan eri menetelmiä ja ennen kaikkea inkjet-tekniikkaa. Videota käytetään visualisointimenetelmänä painettavan elektroniikan opetuksessa. Ensimmäisen kerran video on käytössä TTY:n ja TAMK:n ”Elektroniikan uudet valmistusmenetelmät” –kursseilla. Tämän lisäksi videota hyödynnetään yrityksille suunnatuissa painettavan elektroniikan koulutuksissa. Video on toteutettu englanniksi, joten sitä voidaan käyttää myös kansainvälisten opiskelijoiden ja työntekijöiden koulutuksessa. Esimerkkejä videossa käytetyistä kuvista on esitetty liitteessä 5.

Kurssin laboratorioharjoituksen tavoitteena on syventää opiskelijoiden ymmärrystä painettavasta elektroniikasta valmistusmenetelmänä. Työ koostuu oppimista suuntaavasta esiselostuksesta, käytännön laboratorioharjoituksesta printterillä sekä jälkiselostuksesta. Laboratoriotyöohje on liitteessä 6. Työ tehdään 2 - 3 hengen ryhmässä ja se kestää noin kaksi tuntia. Ryhmätyönä tehtävä laboratorioharjoitus tukee kokemuksellisuuden lisäksi myös yhteistoiminnallista oppimista. Yhteistoiminnallisen oppimisen kautta kehittyvät muun muassa opiskelijoiden ryhmätyön valmiudet ja vuorovaikutustaidot, joiden lisäksi yhteistoiminnallinen oppiminen tukee jäsentelyn, arvioinnin ja kokonaisnäkömyksen taitojen kehittymistä [Kui_94].

Elektroniikan uudet valmistusmenetelmät kurssi toteutettiin TTY:n opetustarjonnassa keväällä 2008. Kurssi järjestettiin ensimmäistä kertaa, joten on tärkeää arvioida kurssin toimivuutta seuraavia lukuvuosia ja painettavan elektroniikan opetusta ajatellen. Opiskelijoilta kerättiin kurssin aikana ja kurssin lopuksi palautetta, joiden perusteella kurssin toimivuutta arvioidaan ja kehitetään. Myös yksittäisten opetusmenetelmien, kuten visualisoinnin ja laboratoriotöiden, toimivuutta ja soveltuvuutta arvioidaan saadun palautteen perusteella.

Painettavan elektroniikan koulutuksen seuraavassa vaiheessa valmistellaan Tampereen teknilliselle yliopistolle Painettavan elektroniikan sivuainekokonaisuus ja valmistellaan koulutuksen aloittamista myös muissa koulutusasteissa. Teknologian kehitysvaiheessa on tärkeää saada koulutuksen piiriin ammattikorkeakoulut, sillä toimihenkilöt vievät yrityksissä teknologiankehitystä, laitesuunnittelua ja tuotannon suunnittelua eteenpäin. Edellä kuvatun TTY:llä toteutetun kurssin pohjalta rakennet-

tiin myös vastaavanaiheinen kurssi Tampereen Ammattikorkeakoululle. Tämä kurssi toteutetaan lukuvuoden 2008 - 2009 aikana. Kurssin ydinaines on liitteessä 7.

TAMK:ssa toteutettavassa kurssissa ei ole pohjatietovaatimuksia, joten tuntimäärä aiheen käsittelemiseksi on oltava hieman suurempi kuin TTY:n toteutuksessa. Harjoitustyö on molemmissa toteutuksissa sama.

Vasta juuri ennen tuotannollistamisvaihetta on suunnitelmissa laajentaa koulutus koskemaan myös ammatillista koulutusta.

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Kilpailu tämän päivän elektroniikkateollisuudessa on kovaa. Kuluttajien kasvaneet odotukset elektroniikkalaitteista ja tuotannon kustannuspaineet ovat johtaneet siihen, että elektroniikkateollisuudessa tarvitaan uusia teknologioita vastaamaan näihin haasteisiin. Painettava elektroniikka on valmistusmenetelmä, joka yhdistää perinteisiä graafisen teollisuuden painomenetelmiä, nanoteknologiaa ja elektroniikkaa uudella tavalla. Tämä menetelmä mahdollistaa kustannustehokkaan, ympäristöystävällisen ja personoitavan elektroniikan valmistuksen. Uuden teknologian kehittäminen, sen käyttöönotto ja kaupallistuminen on kuitenkin hyvin haasteellista, koska uudet teknologiat usein muuttavat tuotteiden koko suunnittelu-, valmistus- ja arvoketjut. Painettava elektroniikka uutena teknologiana muuttaa myös elektroniikan valmistusprosessia merkittävästi, joten alalle tarvitaan uusia työntekijöitä, minkä lisäksi alalla jo työskentelevien työntekijöiden tieto-taitoa tulee päivittää. Koulutus on yksi tapa vastata edellä mainittuihin haasteisiin ja koulutus voidaan nähdä uuden teknologian kehitystä ja kaupallistumista kiihdyttäväksi tekijäksi. Tässä kehittämishankkeessa on rakennettu uusi opintokurssi ”Elektroniikan uuden valmistusmenetelmät” sekä Tampereen teknillisen yliopiston Elektroniikan laitokselle että Tampereen ammattikorkeakoululle. Tämän lisäksi tässä hankkeessa on tarkasteltu koulutuksen merkitystä uuden teknologian kaupallistumisessa pohtien esimerkiksi koulutustarvetta eri koulutusasteilla ja koulutuksen aloittamisen ajankohtaa. Kehittämishankkeen tulokset pohjautuvat Edu-Print –projektin tuloksiin.

Pirkanmaalla koulutus on otettu osaksi teknologian kaupallistamista edistäväksi tekijäksi. Teknologian kehittymiseksi on tärkeää, että koulutus otetaan huomioon kehityksen alusta alkaen. Tällä tavoin voidaan varmistaa, että uuden teknologian osaajia on teknologian kehittyessä riittävästi, jotta se voidaan ottaa käyttöön ja jotta yritysten kilpailukyky säilyy. On tärkeää huomioida myös, että uuden teknologian koulutus otetaan huomioon kaikilla koulutusasteilla, koska yritykset tarvitsevat uuden tekniikan osaajia kaikkiin keskeisiin tuotantoketjun osa-alueisiinsa, kuten suunnitteluun, valmistukseen ja tuotekehitykseen. Yhteistyöverkostojen luominen yritysten ja eri oppilaitosten välille onkin ensiarvoisen tärkeää, jotta opetus uudesta tekniikasta voi alkaa. Yksi suurimmista haasteista uuden teknologian koulutukseen liittyen on

oikea ajoitus koulutuksen alkamiselle. Liian aikaisin aloitetun koulutuksen riskinä on ”turhaan koulutus”, jos teknologia ei kaupallistukaan. Toisaalta, jos koulutus alkaa liian myöhään, ei teollisuudessa ole riittävästi uuden teknologian ammattilaisia hyödyntämässä sitä. Tämä voi heikentää yritysten kilpailukykyä. Painettava elektroniikka on teknologiana myös poikkitieteellinen yhdistäen eri tieteenaloja, kuten nanoteknologiaa, materiaalitekniikkaa, elektroniikkaa ja paperitekniikkaa. Perinteiset tiedekuntien ja koulutussuuntien rajat eivät siis enää päde, vaan teollisuudessa tarvitaan uudenlaisia monialaosaajia. Painettavan elektroniikan koulutuksen kannalta tämä monitieteellisyys on suuri haaste. Yhteistyö oppilaitosten eri koulutussuuntien välillä onkin erittäin tärkeää painettavan elektroniikan koulutuksen kannalta.

Edu-Print –projektin koulutuskartoituksen tulosten pohjalta tässä kehittämishankkeessa suunniteltiin ja rakennettiin kaksi uutta painettavan elektroniikan alaan liittyvää opintokurssia ”Elektroniikan uudet valmistusmenetelmät”. Toinen näistä kursseista toteutettiin Tampereen teknillisellä yliopistolla keväällä 2008 ja toinen toteutetaan Tampereen ammattikorkeakoulussa lukuvuonna 2008 - 2009. TTY:llä ensimmäisen toteutuksen palaute opiskelijoilta on ollut hyvin positiivista. Kiitosta on tullut kurssin ”visuaalisuudesta” ja ”kokeellisuudesta”. Opiskelijat olivat tyytyväisiä, että pääsivät kerrankin purkamaan uusia älypuhelimia ja tutustumaan niiden sisältöön. Lisäksi opiskelijat pitivät ”oikeiden tuotteiden oikeista kokoonpanokuvista”. He kertoivat, että oli mielenkiintoista päästä kurkistamaan oikean tuotesuunnittelun dokumentteja.

Nämä opintokurssit ovat siis ensimmäiset askeleet painettavan elektroniikan koulutuksessa Pirkanmaalla. Kursseista saadun palautteen perusteella kurssien toimivuutta arvioidaan ja kehitetään eteenpäin. Myös kursseille suunniteltujen opetusmenetelmien, kuten visualisoinnin ja laboratoriotöiden, toimivuutta ja soveltuvuutta opetettavaan aiheeseen arvioidaan palautteen perusteella. Seuraava askel painettavan elektroniikan koulutukseen liittyen on Painettavan elektroniikan sivuainekokonaisuuden valmistelu Tampereen teknilliselle yliopistolle. Valmistelut koulutuksen aloittamiselle ja laajentamiselle myös muissa koulutusasteissa jatkuvat. Painettavan elektroniikan kehityksen ja kaupallistumisen kannalta on tärkeää, että Pirkanmaalle luodaan kattava painettavan elektroniikan koulutuksen infrastruktuuri.

LÄHTEET

- [Innovaatio] www.pirkanmaa.fi/suomi/pdf/INNOVAATIOSTR.pdf, Pirkanmaan innovaatiostrategia, Tiivistelmä, [3. Maaliskuuta, 2008]
- [Karj_07] Karjalainen, P., Mansikkamäki, P., Cumini, A, and Miettinen, J., "Education Accelerated Implementation of a New Technology: Case Study Edu-Print", Proceedings of NEXT 2007 Conference, Seoul, Korea, 2007
- [Kek_94] Kekäle, J., "Luento-opetuksen kehittäminen Vähemmällä luennoimisella parempiin tuloksiin.", Korkeakoulupedagogiikan perusmateriaali, Oulun yliopisto, 1994, s. 38
- [Kui_94] Kuittinen, M., "Mitä luennoinnin sijaan? Malleja opiskelijan itsenäisen työskentelyn lisäämiseksi", Korkeakoulupedagogiikan perusmateriaali, Oulun yliopisto, 1994, s. 125
- [Kunn_07] Kunnari, E., Valkama, J., Mäntysalo, M. and Mansikkamäki, P., "Environmental Evaluation of Printed Electronics in Parallel with a Prototype Development" Proceedings of IMAPS 2007, San Jose, California, 2007
- [Lind_02] Lindblom-Ylänne, S. ja Nevgi, A. (toim.), "Yliopisto- ja korkeakouluopettajan käsikirja", WSOY, 2002, s. 241.
- [Mans_07a] Mansikkamäki, P., "Development of Manufacturing Technologies Integrating Electronics and Mechanics", Doctoral thesis, Tampere University of Technology, 2007
- [Mans_07b] Mansikkamäki, P., Mäntysalo, M., Kivikoski, M., Pienimaa, S., Rönkkä, R., and Paajanen, R., "Industry-Academy Research Framework on Electronics Hardware Innovation", Journal of Systemics, Cybernetics and informatics, in press
- [Mans_07c] Mansikkamäki, P., "Personal Technology Orientation a Tool to Intensify Organizational Learning", Development and Learning in Organizations: An International Journal, issue 21, Volume 6, 2007
- [Mans_07d] Mansikkamäki, P., Mäntysalo, M. and Rönkkä, R., "Communication in Development of Integrative Technology Context: Industrial-Academic Collaboration", Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, Volume 5, Number 2, 2007
- [Pekk_07] Pekkanen, V., Mäntysalo, M., Miettinen, J. and Mansikkamäki, P., "Novel Packaging Technology for Combo Memory Package", Proceedings of IMAPS, Oulu, Finland, 2007

- [Rönk_07] Rönkkä, R., Pienimaa, S., Mansikkamäki, P. and Mäntysalo, M., "Flexibility in Inkjet and Nanomaterial Based Electronics Manufacturing Business", Proceedings of IMAPS, Oulu, Finland, 2007
- [Vicinics] www.vicinics.fi, Painettavan elektroniikan kehityshanke, [12. Tammiukuuta, 2008]

LIITE 1 Kyselylomakkeen vastaukset toimialoittain

Kysymys	Vastausvaihtoehdot	Metsä- teollisuus	Elektroniikka- teollisuus	Muu	Yhteensä
1. Yhteistyö materiaali- ja ohjelmistovalmistajien kanssa on tärkeää uuden teknologian käyttöönotossa.	Täysin samaa mieltä	3	15	2	20
	Jokseenkin samaa mieltä	0	2	0	2
	En osaa sanoa	0	0	0	0
	Jokseenkin eri mieltä	0	0	0	0
	Täysin eri mieltä	0	0	0	0
2. Yhteistyö laite- ja ohjelmistovalmistajien kanssa on tärkeää uuden teknologian käyttöönotossa.	Täysin samaa mieltä	3	14	2	19
	Jokseenkin samaa mieltä	0	3	0	3
	En osaa sanoa	0	0	0	0
	Jokseenkin eri mieltä	0	0	0	0
	Täysin eri mieltä	0	0	0	0
3. Materiaali-, laite-, ja/tai ohjelmistovalmistajat kouluttavat yrityksen henkilöstöä.	Täysin samaa mieltä	1	1	0	2
	Jokseenkin samaa mieltä	2	10	1	13
	En osaa sanoa	0	4	0	4
	Jokseenkin eri mieltä	0	2	1	3
	Täysin eri mieltä	0	0	0	0
4. Olemassaolevan henkilöstön uudelleen koulutus hoidetaan ensisijaisesti:	Konsultin toimesta yrityksen sisällä	0	0	1	1
	Koulutuskeskuksessa tms. tarjotun kurssin kautta	1	2	0	3
	Laite- ja/tai materiaali- ja ohjelmistovalmistajien toimesta	1	4	0	5
	T&K tai muu yrityksen sisäinen henkilöstöryhmä kouluttaa muun henkilöstön	1	11	1	13
5. Koulutustilaisuuksia, joihin voi osallistua kuulijoita muistakin yrityksistä ovat:	Teknologian yleisesittely	2	14	1	17
	Syvälinen erikoisaiheen koulutus	0	1	0	1
	Laitteen toiminnan esittely ja demotestit	1	9	1	11
	Ei mihinkään edellä mainituista	0	1	0	1
	En osaa sanoa	1	2	0	3
6. Henkilöstöryhmät, joiden on hyvä nähdä tuotantolaitteet käytössä koulutuksen aikana:	Laitteen toiminnallisuuden suunnittelu	3	14	1	18
	Materiaali- ja rakennesuunnittelu	1	13	1	15
	T&K	3	17	2	22
	Myynti ja markkinointi	1	6	1	8
	Tuotteen muotoilu	1	6	1	8
7. Suunnittelijoilla (toiminnallisuus, mekaniikka, materiaali tms.) tulee olla	yleiskuva useista eri prosessimenetelmistä	0	2	1	3
	syvälinen tietämys useista eri prosessimenetelmistä	3	8	0	11
	yleiskuva yrityksessä käytössä olevista prosessimenetelmistä	0	2	1	3
	syvälinen tietämys yrityksessä käytössä olevista prosessimenetelmistä	0	5	0	5
8. Myynti- ja markkinointi- henkilöstöllä on hyvä olla	yleiskuva useista eri prosessimenetelmistä	1	5	2	8
	syvälinen tietämys useista eri prosessimenetelmistä	0	0	0	0
	yleiskuva yrityksessä käytössä olevista prosessimenetelmistä	2	11	0	13
	syvälinen tietämys yrityksessä käytössä olevista prosessimenetelmistä	0	1	0	1
9. Uusia työntekijöitä palkattaessa tutkimus/tuote- kehitykseen tärkeintä on:	työkokemus elektroniikkateollisuudesta	0	3	0	3
	työkokemus prosessiteollisuudesta	0	2	0	2
	kokemus projektityöskentelystä	0	4	0	4
	aikaisempi työkokemus T&K tehtävistä eri teknologioilla	1	5	1	7
	saatu koulutus juuri kyseiseen teknologiaan liittyen	1	3	1	5
	muu, mikä?	1	0	0	1

Kysymys	Vastausvaihtoehdot	Metsä- teollisuus	Elektroniikka- teollisuus	Muu	Yhteensä
10. Uusia työntekijöitä palkattaessa suunnitteluosastolle tärkeintä on:	työkokemus elektroniikkateollisuudesta	0	2	0	2
	työkokemus prosessiteollisuudesta	0	1	0	1
	kokemus projektityöskentelystä	0	5	0	5
	aikaisempi työkokemus suunnittelutehtävistä eri teknologialla	1	7	0	8
	saatu koulutus juuri kyseiseen teknologiaan liittyen	1	2	2	5
	muu, mikä?	1	0	0	1
11. Uusia työntekijöitä palkattaessa valmistukseen tärkeintä on:	työkokemus jostain perinteisestä valmistus- tekniikasta	1	7	1	9
	alaan sopiva ammattikoulutus, jossa käsitelty myös kyseistä uutta teknologiaa	2	10	1	13
	muu, mikä?	0	0	0	0
12. Uuden teknologian tullessa tuotannolliseen käyttöön, koulutuksen pitää lähteä ensin liikkeelle	ammattikouluasteella	1	5	0	6
	ammattikorkeakouluasteella	0	4	0	4
	yliopistoasteella	1	2	1	4
	muunto/aikuiskoulutuksena	1	6	1	8
13. Yliopistojen tuottamat tutkimustulokset ovat hyödyllisiä yritykseni tavoitteiden kannalta.	Täysin samaa mieltä	1	6	0	7
	Jokseenkin samaa mieltä	1	7	2	10
	En osaa sanoa	1	1	0	2
	Jokseenkin eri mieltä	0	2	0	2
	Täysin eri mieltä	0	1	0	1
14. Yliopistojen ja yrityksen yhteistyöprojektit ovat hyödyllisiä uuden teknologian käyttöönottoon liittyvässä kouluttautumisessa/uuden oppimisessa.	Täysin samaa mieltä	1	6	1	8
	Jokseenkin samaa mieltä	2	7	1	10
	En osaa sanoa	0	2	0	2
	Jokseenkin eri mieltä	0	2	0	2
	Täysin eri mieltä	0	0	0	0
15. Uusien teknologioiden monitieteellisyys on merkittävä haaste koulutuksen kannalta.	Täysin samaa mieltä	3	11	1	15
	Jokseenkin samaa mieltä	0	4	1	5
	En osaa sanoa	0	0	0	0
	Jokseenkin eri mieltä	0	2	0	2
	Täysin eri mieltä	0	0	0	0

LIITE 2 Kyselylomakkeen vastaukset henkilöryhmittäin

Kysymys	Vastausvaihtoehdot	Tuotanto	Suunnittelu	T&K	Yrityksen johto + muu	Yhteensä
1. Yhteistyö materiaaivalmistajien kanssa on tärkeää uuden teknologian käyttöönotossa.	Täysin samaa mieltä	2	2	14	2	20
	Jokseenkin samaa mieltä	0	0	2	0	2
	En osaa sanoa	0	0	0	0	0
	Jokseenkin eri mieltä	0	0	0	0	0
	Täysin eri mieltä	0	0	0	0	0
2. Yhteistyö laite- ja ohjelmistovalmistajien kanssa on tärkeää uuden teknologian käyttöönotossa.	Täysin samaa mieltä	2	2	13	2	19
	Jokseenkin samaa mieltä	0	0	3	0	3
	En osaa sanoa	0	0	0	0	0
	Jokseenkin eri mieltä	0	0	0	0	0
	Täysin eri mieltä	0	0	0	0	0
3. Materiaali-, laite-, ja/tai ohjelmistovalmistajat kouluttavat yrityksen henkilöstöä.	Täysin samaa mieltä	1	0	1	0	2
	Jokseenkin samaa mieltä	1	1	9	2	13
	En osaa sanoa	0	0	4	0	4
	Jokseenkin eri mieltä	0	1	2	0	3
	Täysin eri mieltä	0	0	0	0	0
4. Olemassaolevan henkilöstön uudelleen koulutus hoidetaan ensisijaisesti:	Konsultin toimesta yrityksen sisällä	0	0	1	0	1
	Koulutuskeskuksessa tms. tarjotun kurssin kautta	1	0	2	0	3
	Laite- ja/tai materiaaivalmistajien toimesta	0	1	4	0	5
	T&K tai muu yrityksen sisäinen henkilöstöryhmä kouluttaa muun henkilöstön	1	1	9	2	13
5. Koulutustilaisuuksia, joihin voi osallistua kuulijoita muistakin yrityksistä ovat:	Teknologian yleisestitely	1	2	13	1	17
	Syvällinen erikoisaiheen koulutus	0	0	1	0	1
	Laitteen toiminnan esittely ja demotestiajo	0	0	11	0	11
	Ei mihinkään edellä mainituista	1	0	0	0	1
	En osaa sanoa	0	0	2	1	3
6. Henkilöstöryhmät, joiden on hyvä nähdä tuotantolaitteet käytössä koulutuksen aikana:	Laitteen toiminnallisuuden suunnittelu	1	2	13	2	18
	Materiaali- ja rakennesuunnittelu	1	2	11	1	15
	T&K	2	2	16	2	22
	Myynti ja markkinointi	0	2	4	2	8
	Tuotteen muotoilu	0	1	6	1	8
7. Suunnittelijoilla (toiminnallisuus, mekaniikka, materiaali tms.) tulee olla	yleiskuva useista eri prosessimenetelmistä	0	0	2	1	3
	syvällinen tietämys useista eri prosessimenetelmistä	1	1	8	1	11
	yleiskuva yrityksessä käytössä olevista prosessimenetelmistä	0	0	3	0	3
	syvällinen tietämys yrityksessä käytössä olevista prosessimenetelmistä	1	1	3	0	5
8. Myynti- ja markkinointi-henkilöstöllä on hyvä olla	yleiskuva useista eri prosessimenetelmistä	1	1	5	1	8
	syvällinen tietämys useista eri prosessimenetelmistä	0	0	0	0	0
	yleiskuva yrityksessä käytössä olevista prosessimenetelmistä	1	1	10	1	13
	syvällinen tietämys yrityksessä käytössä olevista prosessimenetelmistä	0	0	1	0	1
9. Uusia työntekijöitä palkattaessa tutkimus/tuotekehitykseen tärkeintä on:	työkokemus elektroniikkateollisuudesta	0	1	2	0	3
	työkokemus prosessiteollisuudesta	1	0	1	0	2
	kokemus projektityöskentelystä	0	0	4	0	4
	aikaisempi työkokemus T&K tehtävistä eri teknologiaalla	1	0	5	1	7
	saatu koulutus juuri kyseiseen teknologiaan liittyen	0	1	3	1	5
	muu, mikä?	0	0	1	0	1

Kysymys	Vastausvaihtoehdot	Tuotanto	Suunnittelu	T&K	Yrityksen johto + muu	Yhteensä
10. Uusia työntekijöitä palkattaessa suunnitteluosastolle tärkeintä on:	työkokemus elektroniikkateollisuudesta	1	0	1	0	2
	työkokemus prosessiteollisuudesta	0	0	1	0	1
	kokemus projektityöskentelystä	0	1	4	0	5
	aikaisempi työkokemus suunnittelutehtävistä eri teknologialla	1	1	6	0	8
	saatu koulutus juuri kyseiseen teknologiaan liittyen	0	0	3	2	5
	muu, mikä?	0	0	1	0	1
11. Uusia työntekijöitä palkattaessa valmistukseen tärkeintä on:	työkokemus jostain perinteisestä valmistus-tekniikasta	0	0	9	0	9
	alaan sopiva ammattikoulutus, jossa käsitelty myös kyseistä uutta teknologiaa	2	2	7	2	13
	muu, mikä?	0	0	0	0	0
12. Uuden teknologian tullessa tuotannolliseen käyttöön, koulutuksen pitää lähteä ensin liikkeelle	ammattikouluasteella	1	1	3	1	6
	ammattikorkeakouluasteella	0	1	3	0	4
	yliopistoasteella	1	0	2	1	4
	muunto/aikuiskoulutuksena	0	0	8	0	8
13. Yliopistojen tuottamat tutkimustulokset ovat hyödyllisiä yritykseni tavoitteiden kannalta.	Täysin samaa mieltä	1	0	6	0	7
	Jokseenkin samaa mieltä	0	2	7	1	10
	En osaa sanoa	1	0	0	1	2
	Jokseenkin eri mieltä	0	0	2	0	2
	Täysin eri mieltä	0	0	1	0	1
14. Yliopistojen ja yrityksen yhteistyöprojektit ovat hyödyllisiä uuden teknologian käyttöönottoon liittyvässä kouluttautumisessa/uuden oppimisessa.						
	Täysin samaa mieltä	1	0	7	0	8
	Jokseenkin samaa mieltä	1	1	6	2	10
	En osaa sanoa	0	1	1	0	2
	Jokseenkin eri mieltä	0	0	2	0	2
	Täysin eri mieltä	0	0	0	0	0
15. Uusien teknologioiden monitieteellisyys on merkittävä haaste koulutuksen kannalta.	Täysin samaa mieltä	2	2	9	2	15
	Jokseenkin samaa mieltä	0	0	5	0	5
	En osaa sanoa	0	0	0	0	0
	Jokseenkin eri mieltä	0	0	2	0	2
	Täysin eri mieltä	0	0	0	0	0

LIITE 3 Elektroniiikan uudet valmistusmenetelmät, TTY Kevät 2008

Luennoitsijat: Pauliina Mansikkamäki ja Katja Laine
Assistentti: Ville Pekkanen

Ydinainesanalyysi

Ydinaines

Päätavoitteena on, että opiskelija ymmärtää teknologiavalintojen vaikutukset elektronikkalaitteiden valmistusprosesseihin. Kurssin alussa käsitellään lyhyesti nykypäivän elektronikkalaitteen tuotantoprosessi ja sen hyödyt ja haasteet. Ensimmäisellä luennolla tehdään yhden markkinoilla olevan elektronikkalaitteen purkuanalyysi, jonka avulla tutustutaan elektroniiikan valmistus- ja kokoonpanoprosesseihin. Lisänä ovat nykypäivän elektroniikkatuotantoa kuvaavat videot.

Vuoden 2008 toteutuksessa painettavan elektroniiikan menetelmät on valittu käsiteltäväksi uusiksi tuotantomenetelmiksi. Tavoitteena on antaa yleiskuva painettavan elektroniiikan menetelmistä, niiden hyödyistä ja haasteista. Lisäksi kurssin aikana pohditaan painettavan elektroniiikan menetelmien käyttöönoton vaikutuksia elektronikkalaitteen valmistusprosessiin ja tuotesuunnitteluun. Kurssin ydinainekseen sisältyvät myös nanomateriaalien perusteet ja painettavan elektroniiikan materiaalit, kuten johteet, eristeet, puolijohteet sekä käytetyt substraattimateriaalit. Edellisten lisäksi kurssilla tarkastellaan laserin hyödynnettävyyttä additiivisten teknologioiden kanssa.

Kurssiin kuuluu myös painettavan elektroniiikan laboratorioharjoitus, jonka auttaa opiskelijaa hahmottamaan painettavan elektroniiikan menetelmien erityispiirteitä.

Täydentävä tietämys

Opiskelija tuntee uusien elektroniiikan valmistusmenetelmien erityispiirteitä liittyen mm. materiaalien yhteensopivuuteen ja suorituskyykyyn. Opiskelija ymmärtää näiden uusien tekniikoiden soveltamisen hyödyt tuotesuunnittelussa. Opiskelijat tutustuvat hybriditeknologioihin ja erilaisiin moderneihin laseria hyödyntäviin sovelluksiin elektroniikkatuotannossa.

Ertvistietämys

Opiskelija tutustuu syvemmin painettavan elektroniiikan menetelmien erityispiirteisiin ja ymmärtää niiden vaikutuksia tuotesuunnitteluprosesseihin. Kurssin erityistietämykseen kuuluvat myös sovelluskohtaiset materiaalit, inkjet-teknologian hyödyntäminen elektroniiikan pakkauksessa ja nanopartikkelien lasersintraus.

Toteutus

Luennot 6 x 2h

Luento	Aihe	Luennoitsija
1/6.2.	Avaus, Purkuanalyysi, Nanomateriaalit, Ympäristö	Pauliina Mansikkamäki, Esa Kunnari
2/13.2.	Inkjet ja Tuotantoprosessi	Ville Pekkanen
3/20.2.	Muut painotekniikat	Kimmo Kaija
4/27.2.	Laserin hyödyntäminen	Jussi Pekkanen
5/5.3.	Tuotteen suunnittelu/ Applikaatiot	Taavi Saviauk
6/12.3.	Yhteenveto	Pauliina Mansikkamäki

Laboratorioharjoitus 1 x 2h

Laboratorioharjoituksen tavoitteena on syventää opiskelijan ymmärtämystä painettavasta elektroniikasta valmistusmenetelmänä.

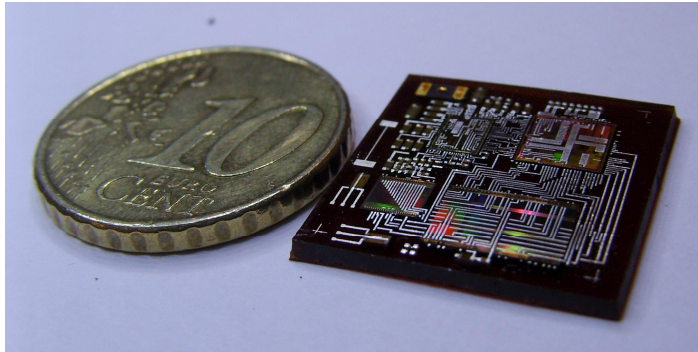
Harjoitus koostuu oppimista suuntaavasta orientoivasta esiselostuksesta, käytännön harjoituksesta printterillä sekä jälkiselostuksesta. Esiselostuksen tarkoituksena on tutustuttaa opiskelija työn aiheeseen ja valmistaa opiskelija laboratoriotyöskentelyyn. Harjoituksessa tutustutaan erilaisten materiaalien tulostukseen ja materiaalien yhteensopivuuteen. Harjoituksen aikana tarkastellaan sekä johtavan musteen että eristeiden printtausta. Lisäksi havainnoidaan musteiden vaatimia pintakäsittelyitä. Lopuksi työstä tehdään jälkiselostus, jossa tarkoituksena on annettujen tehtävien tekeminen ja pohtiminen laboratoriotulosten näkökulmasta (katso laboratoriotyöohje liitteessä 5).

LIITE 4 Esimerkki purkuanalyyseistä

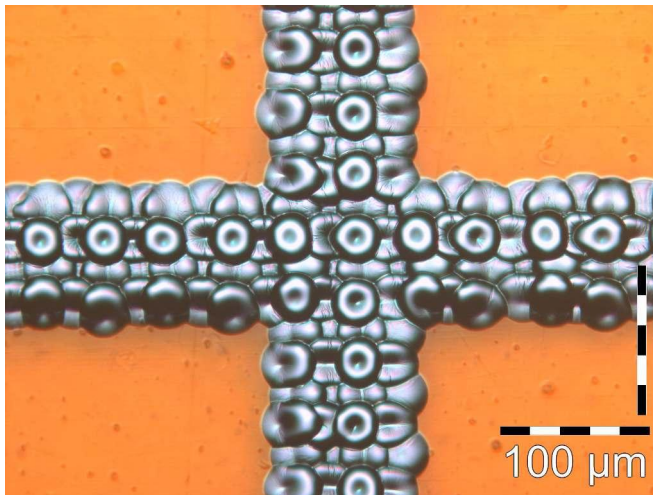
Opiskelija tutustuu eri tuotteiden purkuanalyysseihin. Lisäksi opiskelija suorittaa itse yhden laitteen purkutyön ja pyrkii havaitsemaan oleelliset asiat elektroniikan valmistukseen ja kokoonpanoon liittyen. Purkuanalyysi tehdään 3-4 hengen ryhmissä. Jokaisella ryhmällä on oma teemansa, jonka ryhmä esittelee muille. Esimerkkejä teemoista: Elektroniikkaromun kierrätys, Kokoonpanomenetelmät, Liitosmenetelmät ja Piirilevyn funktiot.



LIITE 5 Opetusvideossa käytettyjä kuvia



Kuva 1. Moduuli, jossa hyödynnetty inkjet-tekniikkaa



Kuva 2. Inkjet-tekniikalla tehty johdinkuvio

LIITE 6 Laboratoriotyöohje

ELE-4220 Elektroniikan uudet valmistusmenetelmät

Laboratorioharjoitus

Assistentti: Ville Pekkanen

Yleistä

Kurssin suoritukseen kuuluu hyväksytysti suoritettu laboratorioharjoitus. Harjoitus suoritetaan 2-3 hengen ryhmissä 5. periodissa. Harjoituksessa tutustutaan inkjet-tulostukseen perustuvaan elektroniikan valmistustekniikkaan elektroniikan laitoksen puhdastilassa. Koska kulkuoikeus laboratorioon on rajoitettu, kokoontuminen harjoitusta varten tapahtuu elektroniikan laitoksen kolmannessa kerroksessa huoneen SM325 ovella. Laboratorioharjoitukseen kuuluu pakollisena osana esi- ja jälkiselostuksen laatiminen kirjallisena.

Esiselostus

Esiselostuksen kysymyksiin vastataan kirjallisesti. Vastaukset palautetaan ja käydään läpi ennen laboratoriotyön aloittamista puhdastilassa.

Kysymykset

1. Tutustu kurssin verkkosivuilta löytyvään puhdastilakäyttötymisen ohjeeseen
 - a. Mikä on ilman suurin riskitekijä ilman puhtaudelle puhdastiloissa?
 - b. Miten ihminen voi omalla käyttäytymisellään huolehtia puhdastilan säilymisestä puhtaana?
2. Tutustu verkkosivuilta löytyvään printtauksen kuvaukseen.
3. Miten inkjet-teknologiaa voidaan hyödyntää elektroniikan valmistuksessa?
4. Millaisia materiaaleja inkjet-teknologiassa voidaan käyttää elektroniikan valmistukseen?
5. Millaisia sovelluksia painettava elektroniikka voi tarjota?
6. Mikä on painettavan elektroniikan suorituskyky verrattuna perinteisiin valmistusmenetelmiin pinta-alayksikköä kohti?
7. Vertaile jotain painettavan elektroniikan sovellusta perinteisellä menetelmällä tehtyyn.
8. Tutustu jälkiselostuskysymyksiin ennen harjoitukseen tuloa

Laboratorioharjoitus

Paikka: TTY:n elektroniikan laitoksen puhdastila
 Laitteisto: Dimatix DMP-2831 materiaalitulostin, Dymax BlueWave 200 UV-asema
 Materiaalit: Alusta 50 mil Polyimidikalvo
 Johdin nanohopeamuste
 Eriste tulostettava epoksipohjainen polymeeri
 Kesto: 2 tuntia
 Ryhmäkoko: 2-3 henkilöä

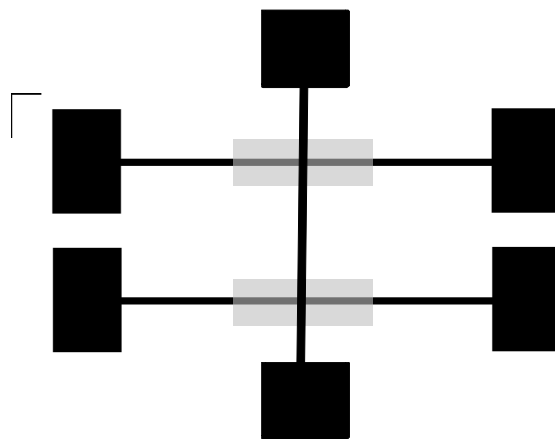
Harjoituksessa tutustutaan erilaisten materiaalien tulostukseen ja materiaalien yhteensopivuuteen. Harjoituksen aikana tarkastellaan sekä johtavan musteen että eristeen printtausta. Lisäksi havainnoidaan musteiden vaatimia pintakäsittelyitä.

Harjoitusvaiheet:

1. Laitteistoon tutustuminen
2. Tulostettavan kuvion asettamat vaatimukset
 - a. Rasteroinnin ja resoluution vaikutus
3. Laitteiston valmistelu
 - a. Kasetin täyttäminen ja käyttöturvallisuus
4. Johtavan kuvion tulostaminen ja sintraaminen I
5. Pintakäsittelyn vaikutus
 - a. Kuvion jakaminen osiin
6. Johtavan kuvion tulostaminen ja sintraaminen II
7. Eristeen tulostaminen ja kovettaminen

Lopuksi tarkastellaan printtausjälkeä mikroskoopilla ja analysoidaan tulokset. Näytteet kuvataan jälkiselostuksen avuksi. Johtimista mitataan yleismittarilla resistanssit.

Tulostettava kuvio:



Kuvion tulostaminen laboratoriossa

1. Mustepisaran muodon tarkastelu
 - a. Pietson jännitteen muutos
 - b. Lämpötilan muutos
 - c. Aaltomuodon muutos
 - d. puhdistusrutiinit
2. Tulostuspään kohdistus alustalle
3. 600 dpi kuvan tulostaminen kerralla ja tuloksen tarkastelu
4. Kuvion sintraus
5. Substraatin pintakäsittely
6. 1/16 osan tulostaminen kuviosta ja pintakäsittelyn vaikutuksen tarkastelu
7. Koko kuvion tulostaminen
8. Kuvion sintraaminen
9. Eristeen tulostaminen
 - a. Vaadittava pintakäsittely
 - b. Kovettaminen UV:n avulla
10. Toisen kerroksen tulostaminen ja sintraaminen

Jälkiselostuskysymykset

1. Miksi eri resoluutioilla tulostetuilla johtimilla on erilainen resistanssi?
2. Miten pintakäsittely vaikutti tulostusjälkeen ja miksi?
3. Miten resoluutio määritetään printtausta varten?
4. Tulostuksessa käytettiin hopeaa johteena. Miksi edullisemmat metallit, kuten kupari tai alumiini, eivät ole yleistyneet tähän tarkoitukseen?
5. Miten eri prosessiparametrit voivat vaikuttaa lopputulokseen:
 - a. Lämpötila?
 - b. Pietson jännite ja pulssimuoto?
6. Kommentteja harjoituksesta?

Palautus Vastaukset jälkiselostuskysymyksiin palautetaan sähköpostilla word- tai rtf-tiedostona (ei pdf, kommentit sähköisinä) osoitteeseen ville.pekkanen@tut.fi tai paperiversiona huoneeseen SM325 ----- mennessä.

LIITE 7 Ydinainesanalyysi Elektroniikan uudet valmistusmenetelmät – Painettava elektroniikka, TAMK 2008-2009

Luennoitsijat: Pauliina Mansikkamäki ja Katja Laine
Assistentti: Jussi Pekkanen

Ydinainesanalyysi

Ydinaines

Päätavoitteena on, että opiskelija ymmärtää teknologiavalintojen vaikutukset elektroniikkalaitteiden suunnittelu- ja valmistusprosesseihin. Kurssin alussa käsitellään lyhyesti nykypäivän elektroniikkalaitteen suunnittelu- ja tuotantoprosessi ja sen hyödyt ja haasteet. Ensimmäisellä luennolla tehdään yhden markkinoilla olevan elektroniikkalaitteen purkuanalyysi, jonka avulla tutustutaan elektroniikan valmistus- ja kokoonpanoprosesseihin. Lisänä ovat nykypäivän elektroniikkatuotantoa kuvaavat videot.

Vuoden 2008-2009 toteutuksessa painettavan elektroniikan menetelmät on valittu käsiteltäväksi uusiksi tuotantomenetelmiksi. Tavoitteena on antaa yleiskuva painettavan elektroniikan menetelmistä, niiden hyödyistä ja haasteista. Lisäksi kurssin aikana pohditaan painettavan elektroniikan menetelmien käyttöönoton vaikutuksia elektroniikkalaitteen valmistusprosessiin, tuotesuunnitteluun ja ympäristönäkökulmiin. Kurssin ydinainekseen sisältyvät myös nanomateriaalien perusteet ja painettavan elektroniikan materiaalit, kuten johteet, eristeet, puolijohteet sekä käytetyt substraattimateriaalit. Edellisten lisäksi kurssilla tarkastellaan laserin hyödynnettävyyttä additiivisten teknologioiden kanssa.

Kurssiin kuuluu myös painettavan elektroniikan laboratorioharjoitus, jonka auttaa opiskelijaa hahmottamaan painettavan elektroniikan menetelmien erityispiirteitä.

Täydentävä tietämys

Opiskelija tuntee uusien elektroniikan valmistusmenetelmien erityispiirteitä, ymmärtää näiden uusien tekniikoiden soveltamisen hyödyt tuotesuunnittelussa.

Ertvistietämys

Opiskelija tutustuu syvemmin painettavan elektroniikan menetelmien erityispiirteisiin ja ymmärtää niiden vaikutuksia tuotesuunnitteluprosesseihin.

Toteutus**Luennot 15 x 3h**

Luento	Aihe	Luennoitsija
1	Avaus, Purkuanalyysi	
2	Nanomateriaalit	
3	Painotekniikat	
4	Inkjet ja Tuotantoprosessi	
5	Laserin hyödyntäminen	
6	Tuotteen suunnittelu/ Applikaatit	
7	Ympäristökysymykset	
8	Turvallisuuskysymykset (myös laboratoriossa)	
9	Harjoitukset - Suunnittelu	
10	Harjoitukset - Suunnittelu	
11	Harjoitukset - Valmistus	
12	Harjoitukset – Valmistus ja Analysointi	
13	Raportointi	
14	Yhteenveto	
15	Tentti	

Laboratorioharjoitus

Laboratoriossa opiskelija tutustuu painettavan elektroniikan tuotantolaitteisiin sekä osallistuu suunnittelemansa pienimuotoisen laitteen tai rakenteen valmistukseen. Laboratorioharjoituksestaan opiskelija tekee ”suunnittelupöytäkirjan”, ”koeajosuunnitelman” sekä ”yhteenvetoraportin”. Harjoitus on samansisältöinen TTY:n laboratorioharjoituksen kanssa.