



Oskari Ranta

TYÖOHJE PIIRILEVYN VALMISTUKSEEN

TYÖOHJE PIIRILEVYN VALMISTUKSEEN

Oskari Ranta
Opinnäytetyö
Syksy 2012
Tietotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma, langaton tietoliikenne

Tekijä: Oskari Ranta
Opinnäytetyön nimi: Työohje piirilevyn valmistukseen
Työn ohjaaja: Tapani Kokkomäki
Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Syksy, 2012
Sivumäärä: 34 + 3 liitettä

Tässä työssä kirjoitettiin yksityiskohtainen ja tarkka työohje kaksikerrospiirilevyn valmistukseen jyrsimällä. Käyttöohjeen tarkoitus on olla apuna piirilevyn valmistuksen opettelussa sekä tukena työntekijälle, jotta hänen ei tarvitse muistaa kaikkia yksityiskohtia ulkoa. Näin minimoidaan virheiden lukumäärä ja selkeytetään työn tekoa.

Työssä tehtiin video ja posterit, joista käy ilmi, miten piirilevyjä valmistetaan Oulun seudun ammattikorkeakoulussa. Videota ja posteria voidaan esitellä mahdollisille asiakkaille.

Työohjeesta tuli selkeälukuinen kappalejaon sekä hyvän sisällyksen ansiosta. Kuvat eri työvaiheista auttavat myös ymmärtämään paremmin työohjeessa kuvailtuja kohtia. Myös yksityiskohtainen työvaiheiden selittäminen auttaa työn tekijää ymmärtämään tarkasti, mitä milloinkin pitää tehdä.

Posterista tehtiin suomenkielinen sekä englanninkielinen versio. Myös postereihin on lisätty kuvia parantamaan visuaalista ilmettä ja selkeyttämään työvaiheiden ymmärtämistä. Videossa työvaiheet on esitetty selkeästi ja yksinkertaisesti. Näin asiakas saa yleiskuvan siitä, miten piirilevyjä valmistetaan Oulun seudun ammattikorkeakoulussa.

Asiasanat: käyttöohjeet, piirilevyt, piirikortit

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Information Technology, wireless communications

Author: Oskari Ranta

Title of thesis: Instructions how to manufacture a circuit board

Supervisor: Tapani Kokkomäki

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2012

Pages: 34 + 3 appendices

The aim of this thesis was to write a detailed and precise manual for manufacturing multilayer circuit boards. The purpose of this manual is to help to learn how to manufacture circuit boards and to help workers so that they do not have to remember all single details by themselves.

The second aim was to make a video and a poster which show how circuit boards are manufactured at Oulu University of Applied Sciences. This poster and video can be shown to the customers.

The manual is easy to read because of the chapters and a good table of contents. The pictures also help to understand what workers have to do in each stage. In addition, two different posters were done, one in Finnish and the other one in English. There are also pictures of different stages in the posters to improve their appearance and to help the reader to understand those stages. In the video, the work stages are represented simply and clearly so that the customer gets an impression of how double layer circuit boards are manufactured at Oulu University of Applied Sciences.

Keywords: manual, circuit board, circuit card

ALKULAUSE

Kiitokset työn tilaajalle projektisuunnittelija Juha Juutille sekä ohjaavalle opettajalle Tapani Kokkomäelle. Kiitos myös Oulun seudun ammattikorkeakoulun Viestintäpalveluille videon kuvaamisesta sekä editoinnista. Erityiskiitos piirilevyn valmistuksen opettamisesta sekä työvaiheiden tarkasta selostamisesta Auno Latvalehdolle. Lisäksi haluan kiittää Oulun seudun ammattikorkeakoulua tiloista ja välineistä, jotka mahdollistivat työn suorituksen.

30.11.2012

Oskari Ranta

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	8
2 TOIMIVAN TYÖOHJEEN LAATIMINEN	9
2.1 Ennen työohjeen kirjoittamista	9
2.2 Työohjeen rakenne	9
2.2.1 Otsikointi ja sisälllys	10
2.2.2 Johdanto	10
2.2.3 Kappalejako	10
2.2.4 Kuvitus	10
2.2.5 Varoitukset	11
2.3 Työohjeen käyttö	11
3 PIIRILEVYMATERIAALIT JA JUOTOSTAVAT	12
3.1 Piirilevyjen rakennemateriaalit	13
3.2 FR-4-piirilevymateriaali	14
3.3 Piirilevyjen rakenne	14
3.3.1 Yksikerrosrakenne	15
3.3.2 Monikerrosrakenne	15
3.4 Lämmönjohtavuus ja sähköiset ominaisuudet	16
3.5 Fyysinen kestävyys	17
3.6 Juotostekniikat	18
4 KAKSIKERROSPIIRILEVYN VALMISTUS OAMK:SSA	20
4.1 Tiedostojen tuonti ja käsittely	20
4.2 Reikien poraus	21
4.3 Lämpökuparointi	24
4.4 Jyrsintä	28
4.5 Juotteenestopinnoite	29

4.6 Viimeistely	30
5 POSTERI JA VIDEO	31
5.1 Posterit	31
5.2 Video	31
6 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	33
LIITTEET	
LIITE 1. Piirilevyn valmistus -työohje	
LIITE 2. Suomenkielinen posterit	
LIITE 3. Englanninkielinen posterit	

1 JOHDANTO

Työn tilaajana toimi Oulun seudun ammattikorkeakoulun Protopaja. Opinnäytetyön aiheena on työohjeen laatiminen kaksikerrospiirilevyn valmistamiseen käyttäen jrsintätekniikkaa. Työohjetta voidaan käyttää apuna piirilevyn valmistusta harjoiteltaessa. Lisäksi vaadittiin esittelyvideo sekä posterit piirilevyn valmistuksesta Oulun seudun ammattikorkeakoulussa. Esittelyvideon ja posterin avulla voidaan visuaalisesti esittää asiakkaalle, miten piirilevyn valmistus tapahtuu.

Työohjeessa opastetaan kattavasti koko piirilevyn valmistus työvaiheittain. Työohje tehtiin hyvin yksityiskohtaisesti apuna käyttäen kuvankaappauksia tietokoneohjelmista havainnollistamaan paremmin kyseisiä työvaiheita. Posterissa on myös mukana kuvankaappauksia sekä valokuvia eri työvaiheista. Videolla käydään työvaiheet läpi pääpiirteittäin, jotta asiakkaalle jäisi selkeä kuva piirilevyn valmistuksesta.

2 TOIMIVAN TYÖOHJEEN LAATIMINEN

Työohje on tärkeä ja oleellinen osa työn toteuttamista. Sen avulla työntekijä pystyy tekemään ammattimaisesti ja tarkasti kaikki tarvittavat työvaiheet unohtamatta mitään. Työohje auttaa myös noudattamaan työturvallisuutta ja täten vähentää työtapaturmia ja laiterikkoja.

2.1 Ennen työohjeen kirjoittamista

Ennen työohjeen kirjoittamista on hyvä käydä tehtävä työ useampaan kertaan läpi ammattilaisen avustamana. Työtä seurattaessa on hyvä tehdä paljon yksityiskohtaisia muistiinpanoja eri työvaiheista. Jo muistiinpanoja tehdessä on hyvä otsikoida työvaiheet niin, että myöhemmin on helpompi jakaa työ eri osiin. On myös suositeltavaa ottaa kuvankaappauksia ja valokuvia työvaiheista. Näin taataan se, että työohjeesta tulee tarkka eikä mikään työvaihe pääse unohtumaan. On tärkeää myös käydä läpi laitteiden käyttöohjeet ennen työohjeen kirjoittamista, jotta työohjeessa voi mainita tarvittaessa esimerkiksi työkoneisiin liittyviä turvallisuusohjeita. (1, s. 42–49.)

Tätä työohjetta tehdessä seurattiin ammattilaisen piirilevyn valmistamista. Ennen työohjeen kirjoittamista käytiin läpi piirilevyn läpikuparoinnissa tarvittavat kemikaalit. Myös jyrsimen käyttöohjeeseen tutustuttiin.

2.2 Työohjeen rakenne

Toimiva työohje on selkeä, kattava sekä yksityiskohtainen. Toimivan työohjeen avulla kenen tahansa alan ammattilaisen tai opiskelijan pitäisi pystyä tekemään työ ilman aikaisempaa kokemusta. Erilaisia tyyliä työohjeen kirjoittamiseen on useita, mutta seuraavaksi käydään läpi tässä työssä käytetty tyyli. Työohje on hyvin samanlainen tyyliltään kuin opinnäytetyö, sillä se on selkeä ja helposti ymmärrettävä. (1, s. 244–245.)

2.2.1 Otsikointi ja sisälllys

Työohjeen otsikon tulee kiteyttää selkeästi tehtävä työ. Työohjeen alussa on hyvä olla sisällysluettelo. Sisällysluettelo helpottaa yksittäisten työvaiheiden etsimistä, jos esimerkiksi halutaan tarkistaa tietty työvaihe. Sisällysluettelopohja on vastaavanlainen kuin opinnäytetyössä. (1, s. 248, 299–300.)

2.2.2 Johdanto

Työohjeen johdannossa kerrotaan tiivistetysti työvaiheet, välineet sekä muut erityishuomiota vaativat toimenpiteet ennen työhön ryhtymistä. Näin vältetään yllätyksiltä kesken työn teon. Johdannossa on myös hyvä olla esimerkiksi kaavio tai kuvaaja työvaiheista. Kuvaaja helpottaa ymmärtämään, minkälaisia työvaiheita tuleva työ pitää sisällään. Kuvaajan vaiheet kannattaa nimetä samoin, kuin niille tarkoitetut kappaleet on työohjeessakin nimetty. Tällä helpotetaan ymmärtämään, mitä työvaihetta mikäkin kohta kuvaajassa tarkalleen tarkoittaa. (1, s. 248–254.)

2.2.3 Kappalejako

Työohjeen selkeyden kannalta on hyvä laittaa jokainen työvaihe omaksi kappaleekseen. Tarvittaessa kannattaa myös alaotsikoida kappaleita. Tällä tavoin helpotetaan tiettyjen kohtien löytämistä työohjeesta. Myös ulkoasusta tulee hyvin selkeää, kun kappalejako on tehty huolella. (1, s. 302–304.)

2.2.4 Kuvitus

Työohjeessa on hyvä olla kuvia eri työvaiheista selkeyttämässä asian ymmärrettävyyttä. Kuvat pitää nimetä selvästi, jotta työn tekijä tietää aina, mihin työn vaiheeseen ne liittyvät. On myös hyvä viitata tekstissä kuviin. Kuvina voi käyttää kuvan kaappauksia tietokoneelta, piirroksia tai valokuvia eri työvaiheista. (1, s. 311.)

2.2.5 Varoitukset

Työohjetta kirjoittaessa pyrittiin myös lisäämään työohjeeseen varoituksia, jos työssä ollaan tekemisissä vaarallisten kemikaalien tai laitteiden kanssa. Myös jos työssä käytettiin monimutkaisia laitteita, joiden toiminta vaati erityistä tietämystä, työohjeeseen lisättiin huomautus lukijalle laitteiden käyttöohjeeseen tutustumisesta ennen työn aloittamista. Näillä toimilla pyrittiin siihen, että työn suoritus olisi mahdollisimman turvallista sekä mahdollisilta laiterikoilta välttyttävään.

2.3 Työohjeen käyttö

Tässä työssä laaditun työohjeen tarkoitus on pääasiassa olla apuna piirilevyn valmistuksen opettelussa. Työohjetta voi myös käyttää, jos ammattikorkeakoulussa on laboratoriotyönä piirilevyn valmistus. Työohjetta on kuitenkin hyvä pitää myöhemminkin mukana työtä tehdessä, jotta mikään työvaihe ei unohdu. Näin taataan aina ammattimaisesti ja huolella valmistetut piirilevyt. Työohjeen kirjoittamisen jälkeen on hyvä pyytää testihenkilöä valmistamaan piirilevy tämän uuden työohjeen perusteella tai pyytää ammattilaisen käymään työohje tarkasti läpi kohta kohdalta asiavirheiden varalta. Tällä selvitetään, että työohje on ymmärrettävä ja helposti seurattava. (1, s. 49–56.)

3 PIIRILEVYMATERIAALIT JA JUOTOSTAVAT

Piirilevyjen rakennemateriaalit jaetaan FR-luokan (flame retardant) eli palonkestävyyden mukaan. Mitä isompi FR-luku materiaalilla on, sitä parempi palonkestävyys piirilevyllä on. Kuvassa 1 on listattu eri FR-luokat sekä niiden ominaisuudet. (2.)

Grade	Resin	Reinforcement	Flame Retardant
XXXPC	Phenolic	Cotton Paper	No
FR-2	Phenolic	Cotton Paper	Yes
FR-3	Epoxy	Cotton Paper	Yes
FR-4	Epoxy	Woven Glass	Yes
FR-5	Epoxy	Woven Glass	Yes
FR-6	Polyester	Mat Glass	Yes
G-10	Epoxy	Woven Glass	No
CEM-1	Epoxy	Cotton Paper/ Woven Glass	Yes
CEM-2	Epoxy	Cotton Paper/ Woven Glass	No
CEM-3	Epoxy	Woven Glass/ Mat Glass	Yes
CEM-4	Epoxy	Woven Glass/ Mat Glass	No
CRM-5	Polyester	Woven Glass/ Mat Glass	Yes
CRM-6	Polyester	Woven Glass/ Mat Glass	No
CRM-7	Polyester	Mat Glass/ Glass Veil	Yes
CRM-8	Polyester	Mat Glass/ Glass Veil	No

KUVA 1. Piirilevyjen FR-luokat (3, s. 118)

3.1 Piirilevyjen rakennemateriaalit

Piirilevyjen materiaalit vaikuttavat levyjen hintaan sekä laatuun. Piirilevyateriaali voidaan valita tuotteen käyttötarkoituksen mukaan. Yleisimpiä piirilevyjen rakennemateriaaleja ovat

- epoksilasikuitu
- polyimidi
- fenoliharts
- keraamiset materiaalit. (2.)

Epoksilasikuitu on yleisin piirilevyissä käytetty materiaali. Tämä materiaali on epoksimuovia, jota on vahvistettu lasikuidulla. Epoksilasikuidun lämpölaajeneminen on vähäistä 125 °C:seen saakka, joka on yläraja tälle materiaalille. Tämä materiaali on mekaanisesti hyvin kestävä ja hinta on myös kohtuullinen. (2; 3, s. 118–123.)

Polyimidi on ominaisuuksiltaan hyvin samanlainen kuin epoksilasikuitu, mutta siinä lämpölaajeneminen on pienempää. Polyimidi kestää lämpöä hyvin. Sen lasisiirtymälämpötila on 220 °C – 260 °C. Tämä materiaali on myös hyvin kestävä mekaanisesti. Polyimidiä käytetään sotateollisuudessa sekä muissa käyttökohteissa, joissa tarvitaan materiaalilta hyvää lämmönsietokykyä. (2; 3, s. 144.)

Fenoliharts on halpaa paperimassapohjaista materiaalia. Tätä materiaalia ei enää nykyisin käytetä. FR-2 koostuu fenolihartsista ja paperista. Leikkauksien ja reikien tekoon ei tarvita poraa. Fenoliharts on mekaanisesti heikkoa, sillä se vääntyy ja murtuu hyvin helposti. Siinä on suuri lämpölaajenemiskerroin. Se ei myöskään kestä lämpöä hyvin ja folio kiinnittyy siihen huonosti. (2; 3, s. 143.)

Keraamisia piirilevyateriaaleja on useita. Yleisin niistä on alumiinioksidi. Keraamisilla materiaaleilla on hyvin pieni lämpölaajenemiskerroin (sama kuin keraamisilla komponenteilla). Lämmönjohtavuus keraamisilla materiaaleilla on hyvä, mutta siitä voi olla haittaa juotosvaiheen aikana. Mekaanisesti nämä materiaalit ovat heikkoja, sillä ne murtuvat helposti. (2; 3, s. 103.)

3.2 FR-4-piirilevymateriaali

Yleisin käytetty piirilevymateriaali on FR-4-epoksilasikuitu. Se koostuu lasikuitusäikeistä sekä epoksihartsista. Tällä piirilevymateriaalilla on hyvät mekaaniset sekä sähköiset ominaisuudet. Myös lämmönsietokyky on FR-4-materiaalilla hyvä. Sen lasisiirtymälämpötila T_g voi vaihdella välillä 110 °C – 200 °C. Materiaalin palamisenesto-ominaisuuksia voidaan muokata fosforipohjaisilla aineilla, alumiinihydroksidilla sekä ei-halogeenipohjaisilla aineilla. FR-4-materiaalin hajoamislämpötila T_d on yleensä noin 320 °C. Edellä mainittujen ominaisuuksien ansiosta FR-4-materiaalia käytetäänkin usein esimerkiksi autoissa, tietokoneissa ja matkapuhelimissa sekä muissa vaativissa käyttökohteissa. FR-4-materiaalin tuottaminen on halpaa sekä yksinkertaista, sillä siinä olevia materiaaleja epoksihartsia sekä lasikuitukudosta käytetään muuallakin kuin teollisuuden tuotteissa. Kuvassa 3 on FR-4 materiaalin ominaisuuksia. (2; 3, s. 118, 127–128; 4; 5; 6.)

	Lasisiirtymälämpötila	Hajoamislämpötila	Lämpölaajeneminen	
	T_g (°C)	T_d (°C)	Z-akseli (ppm/°C)	X/Y-akseli(ppm/°C)
FR-4-epoksi	140-210	315	175	13-16

KUVA 3. FR-4-materiaalin ominaisuuksia (3, s. 167)

3.3 Piirilevyjen rakenne

Piirilevyjen rakenteita on useita erilaisia. Rakenne määräytyy levyn käyttökohteen mukaan. Yksinkertaisissa käyttökohteissa riittää yksi kerros, kun taas monimutkaisemmat käyttökohteet tarvitsevat useampia kerroksia piirilevyssä, jotta vaativimmatkin kytkennät saataisiin suoritettua. (2.)

3.3.1 Yksikerrosrakenne

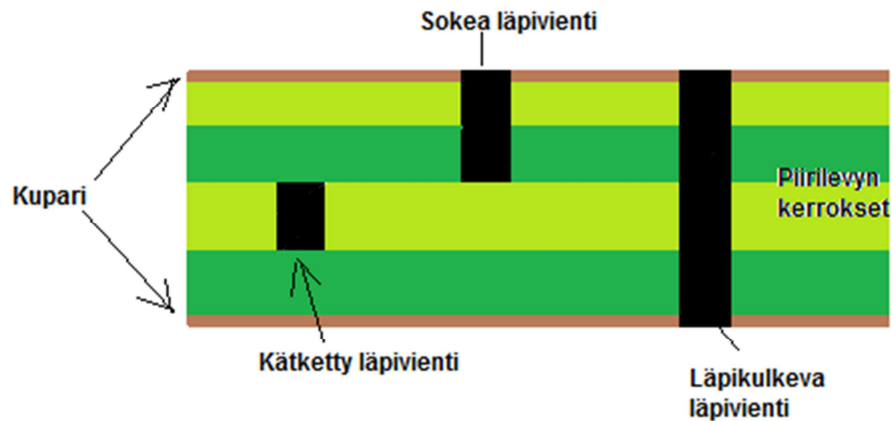
Yksikerrosrakenteessa voidaan käyttää yksipuoleista kuparointia, jossa kuparointi tulee vain piirilevyn yhdelle puolelle. Tällainen kuparointi on hyvin helppo ja halpa suunnitella sekä toteuttaa. Näin ollen se sopiikin yksinkertaisiin käyttökohteisiin. Myös massatuotannossa tämä rakenne on hyvin hyödyllinen. Yksipuolisessa kuparoinnissa reikään asennettavien komponenttien juotosten luotettavuus on huono, mutta sitä voi parantaa läpikuparoinnilla. (2; 3, s. 106–107.)

Yksikerrosrakenteessa on myös mahdollista käyttää kaksipuoleista kuparointia. Tässä kuparointi tulee piirilevyn molemmille puolille. Eri kuparikerrokset yhdistetään toisiinsa läpikuparointia käyttäen. Luotettavuus komponenttien juotoksissa on tämän ansiosta hyvä. (2; 3, s. 106–107.)

3.3.2 Monikerrosrakenne

Monikerrosrakenteessa johdinvetoja on mahdollista olla piirilevyn sisällä. Tällainen rakenne saadaan aikaan aikaan liittämällä useita yksikerroslevyjä päällekkäin. Kerroksia on mahdollista olla useita kymmeniä, mutta yleensä käytetään 4–10 kerrosta. Monimutkaisiin kytkentöihin on käytännössä pakko käyttää monikerrosrakennetta. Monikerrosrakenteessa on kolmea erilaista läpivientä:

- kätkeyty läpivienti
- sokea läpivienti
- läpikulkeva läpivienti (kuva 2). (2; 3, s. 107–109.)



KUVA 2. Erilaiset läpiviennit (2)

Kätkeyty läpivienti yhdistää levyn sisällä olevia kerroksia. Tätä läpivienttiä ei näy ulospäin ollenkaan. Sokea läpivienti on havaittavissa vain levyn toiselta puolelta, eli läpivienti ulottuu levyllä esimerkiksi ylimmän kerroksen, mutta ei koko levyn läpi. Läpikulkeva läpivienti menee läpi koko levystä. (2; 3, s. 108–109.)

3.4 Lämmönjohtavuus ja sähköiset ominaisuudet

Piirilevymateriaaleja jaetaan eri luokkiin niiden lämpölaajenemiskertoimien mukaan. Lasisiirtymälämpötila T_g on lämpötila, jossa piirilevyn hartsi muuttuu kovasta ja lasimaisesta pehmeäksi. Lämmitys yli materiaalin lasisiirtymälämpötilan ei tuhoa sen ominaisuuksia, vaan ne palaavat ennalleen lämpötilan laskettua. Lämpölaajeneminen on erilaista eri akseleilla. Tämä johtuu lasikuidun kutomis-suunnasta. Käsiteltäviä akseleita ovat x, y ja z. (3, s. 123–124; 11, s. 285, 335.)

Hajoamislämpötila T_d tarkoittaa lämpötilaa, jossa materiaali menettää painoaan kemiallisten sidosten peittämissä myötä. T_d arvo on se lämpötila, jossa materiaali on menettänyt 5 % alkuperäisestä painostaan. (3, s. 126–127.)

Time to delamination -arvo tarkoittaa tietynlaisissa testeissä saatua aikaa, jolla esitetään tietyn piirilevymateriaalin kyky vastustaa hajoamista. Näissä testeissä materiaalia lämmitetään 266 °C:seen, 280 °C:seen tai 300 °C:seen termokemiallisessa analysaattorissa ja mitataan aikaa, kuinka kauan materiaali kestää, ennen kuin se alkaa kupruilla ja sen liitokset hajota. (3, s. 126–127, 170–172.)

Piirilevyillä on dielektrisyyskerroin, jolla kuvataan piirilevyn ominaisuuksia toimia eristeenä. Dielektrisyyskerroimeen voivat vaikuttaa kosteus, taajuus sekä lämpötila. Samallakin materiaalilla voi siis olla hieman eri dielektrisyyskerroin edellä mainituista tekijöistä riippuen. Dielektrisyyskerroin vaihtelee FR-4-materiaaleilla sekä eri olosuhteissa 3,7–4,7:n välillä. (3, s. 177–178.)

3.5 Fyysinen kestävyys

Piirilevymateriaalien mekaanisia ominaisuuksia testataan usealla eri tavalla. Näitä tapoja ovat kuparin kuorintalujuus, taivutuslujuus, kosteuden imeytyminen sekä materiaalin kemiallinen kestävyys. (3, s. 170–180.)

Kuparin kuorintalujuutta testaan, jotta saadaan selville, kuinka tiukasti kupari on kiinni laminaatissa. Kuparin kuorintalujuustestejä tehdään eri lämpötiloissa sekä materiaalin altistuttua eri kemikaaleille. Tässä testissä kuparia kuoritaan irti laminaatista. Sitten kuoritun kuparin päähän asetetaan mittari, jolla mitataan kuinka paljon voimaa kuparin irti repiminen vaatii. Lopputulos lasketaan jakamalla minimikuorma kuoritun kaistaleen leveydellä.

Taivutuslujuutta testataan, jotta saadaan selville, kuinka paljon taivutusta materiaali kestää, ennen kuin se katkeaa. Taivutuslujuustestissä levy asetetaan tukien päälle ja levyn keskelle laitetaan tietyn painoinen kuorma. Kuormana voidaan käyttää myös laitetta, jonka voimaa voidaan säätää. (3, s. 175.)

Kosteuden imeytymistestejä on tärkeä tehdä, sillä kosteus voi aiheuttaa vikoja imeytyessään materiaaliin. Tässä testissä piirilevymateriaali upotetaan veteen 24 tunniksi. Tämän jälkeen se kuivataan ja punnitaan. Sitten levy upotetaan veteen uudelleen ja mittaus suoritetaan uudelleen. Näitä tuloksia vertaamalla saadaan selville, kuinka paljon nestettä materiaaliin imeytyy. (3, s. 175–176.)

Piirilevymateriaalin kemiallisen kestävyuden testi on lähes sama kuin kosteuden imeytymisen. Tässä testissä piirilevymateriaali upotetaan veden sijasta metyleenikloridiin. Tämän jälkeen tarkastellaan, kuinka paljon tätä kemikaalia imeytyy piirilevymateriaaliin. (3, s. 176.)

3.6 Juotostekniikat

Piirilevyjen juottamiseen on useita eri tekniikoita. Juotostekniikka valitaan usein komponenttien sekä piirilevymateriaalien mukaan. Piirilevysuunnittelussa on myös huomioitava, mitä juotostapaa tullaan käyttämään. Seuraavaksi on esitelty yleisimpiä juotostekniikoita:

- aaltojuotos
- höyryfaasijuotos
- infrapunajuotos
- kuumahihnajuotos
- kuumailmajuotos. (2.)

Aaltojuotos on tarkoitettu lähinnä reikään asennettaville komponenteille, joten jos aiotaan käyttää pintaliitoskomponentteja, se täytyy huomioida jo piirilevyä suunnitellessa. Aaltojuotos ei vaadi erillistä juotospastaa. (2.)

Höyryfaasijuotoksessa juotospasta sulatetaan piirilevylle erikoisnesteen höyrystä. Höyryn lämpötila on noin 200 °C. Juotospasta on pehmeää ja raemaista. Lämmitettäessä juotospastaa tarpeeksi se sulaa. Kun juotospasta taas jäähtyy, se kovettuu ja näin saadaan komponentti tukevasti juotettua. Höyryfaasijuotosta käytetään pintaliitostekniikassa. Tämä juotostekniikka on hitaampi kuin aaltojuotos. (2.)

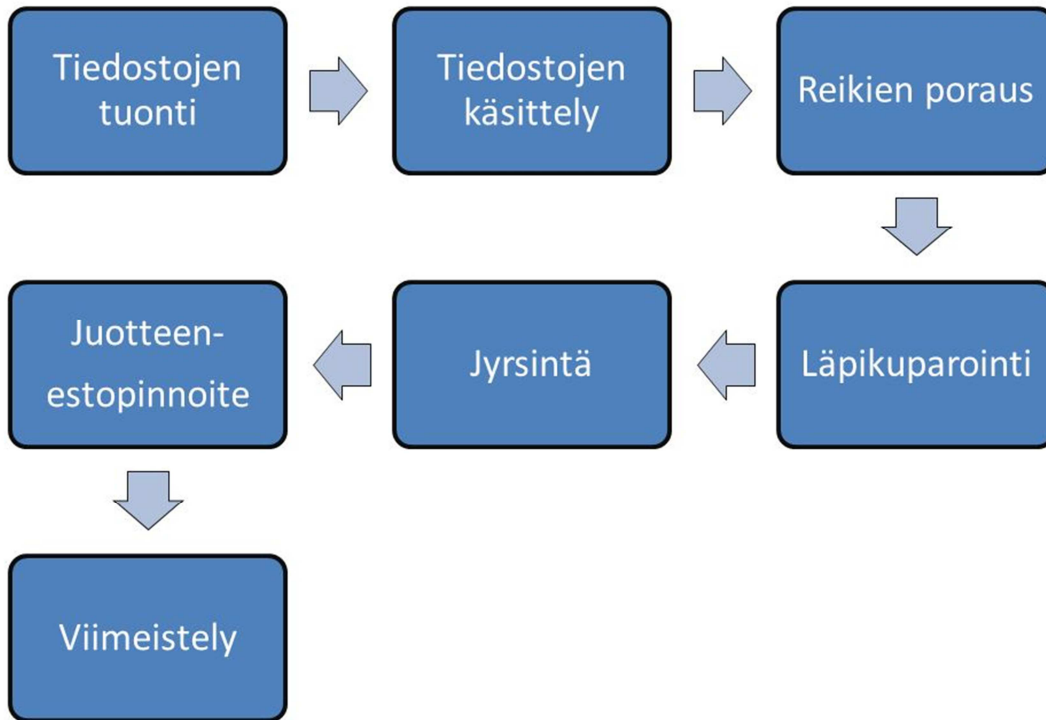
Infrapunajuottamisessa juotospasta sulatetaan piirilevyille valolla tai säteilyllä. Komponenttien sijoittelussa pitää huomioida, että mikään komponentti ei varjosta toisen komponentin juotoskohtaa. Tällä tavoin taataan se, että kaikki komponentit saavat saman verran lämpösäteilyä. (2.)

Kuumahihnujuottamista käytetään ainoastaan keraamisille piirilevyille. Tässä juotostekniikassa piirilevyä lämmitetään altpäin. Näin piirilevyn päällä oleva juotospasta sulaa levyille. (2.)

Kuumailmajuotos on nykyisin teollisuudessa eniten käytetty juotosmenetelmä. Juottaminen tapahtuu kuumailmavyöhykeuuneissa, joiden sisällä levy kulkee liukuhihnalla. Uunien eri osissa on useita eri lämpötiloja, joita juotoksessa tarvitaan. (2.)

4 KAKSIKERROSPIIRILEVYN VALMISTUS OAMK:SSA

Kaksikerrospiirilevyn valmistus sisältää useita eri työvaiheita. Työvaiheet on kuvattu kuvassa 4 vasemmalta ylhäältä alkaen. Työvaiheet ovat tarkemmin esiteltynä itse työohjeessa (liite 1).

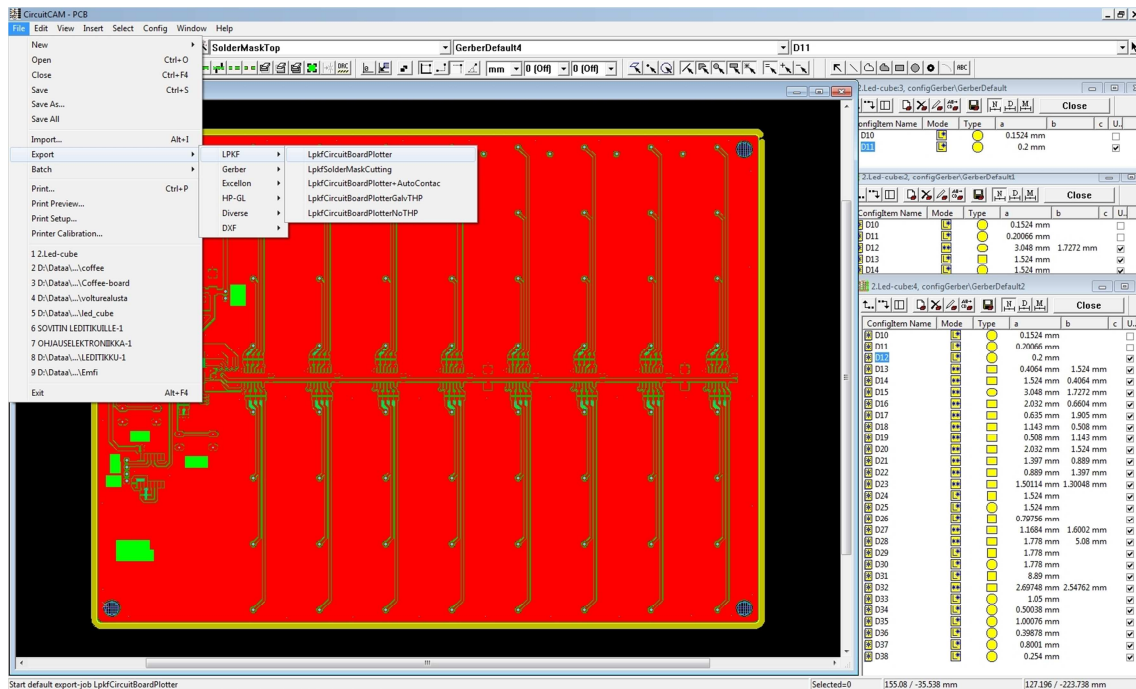


KUVA 4. Työvaiheet

4.1 Tiedostojen tuonti ja käsittely

Tiedostojen tuonnilla tarkoitetaan asiakkaalta saadun piirilevyn layoutin avaamista CircuitCam-ohjelmalla. CircuitCam on ohjelma, jota käytetään piirilevyn valmistuksessa. CircuitCamilla muokataan esimerkiksi piirilevyn suunnitteluun tarkoitettujen ohjelmien, kuten OrCAD tai Eagle, avulla piirrettyjä piirilevyn layouteja. CircuitCamilla määrätään, mitä jysitään ja millä terillä jysitään. Ensimmäisenä ohjelmalla muokataan jysintään käytettävät terät siten, että erilaisia teriä tarvitsisi käyttää mahdollisimman vähän.

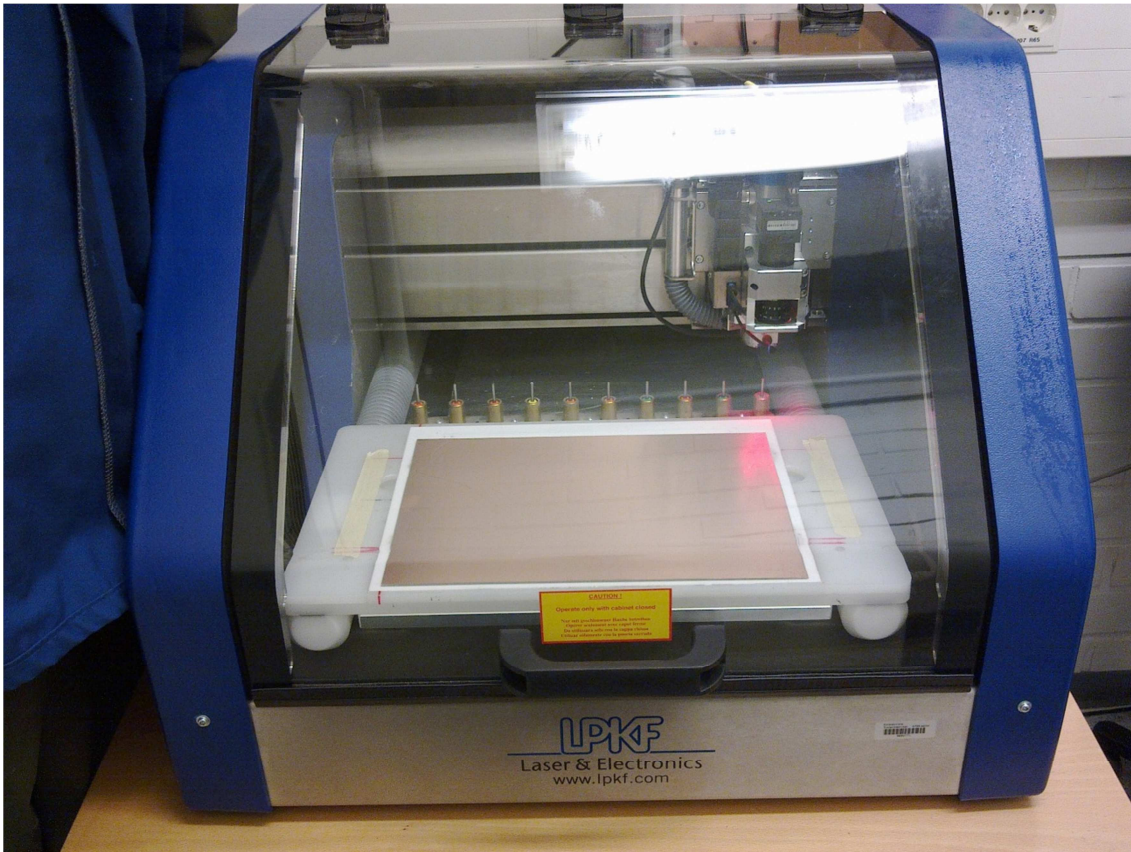
Seuraavaksi on vuorossa insulointivaihe. Tässä vaiheessa poistetaan turhat jyrstävät alueet, kuten esimerkiksi reunaviivan jyrstintää ei tarvitse suorittaa piirilevyn jokaiselle kerrokselle. Tässä työvaiheessa voi myös muokata piirilevylle tulevien pädien, eli piirilevyllä olevien juotoskohtien kokoa sekä asentoa tarvittaessa. Työvaiheet toistetaan levyn jokaiselle kerrokselle. Tavoitteena näillä toimenpiteillä on vähentää turhaa jyrstintätyötä, jolloin piirilevyn hinta pysyy matalampana. Lopuksi CircuitCamilla määritetään vielä levyn irrotus ahiosta. Näiden työvaiheiden jälkeen tarkastetaan, että kaikki on kunnossa, ja luodaan BoardMaster-ohjelmalle menevä tiedosto. Kuvassa 5 näkyy yleiskatsaus CircuitCam-ohjelmasta.



KUVA 5. CircuitCam-ohjelman käyttöliittymä

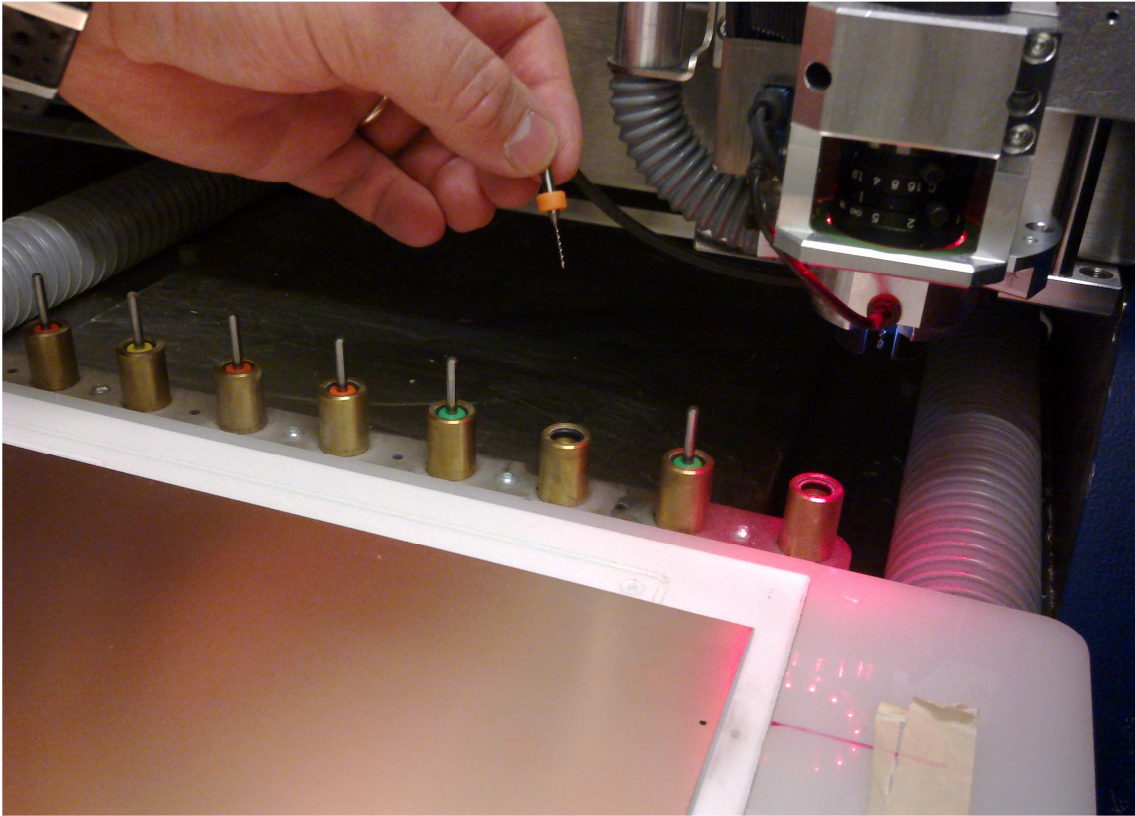
4.2 Reikien poraus

Piirilevyn porataan reiät jyrstimellä ennen läpikuparointia. Jyrstimenä käytetään LpKF ProtoMat S100 -laitetta (kuva 6). Jyrstin ei käytä uusinta lasertekniikkaa vaan vanhempaa terillä tehtävää jyrstintää. Suurin ero laserlaitteisiin on nopeudessa sekä desibeleissä. Laserlaitteet ovat huomattavasti nopeampia sekä hiljaisempia.

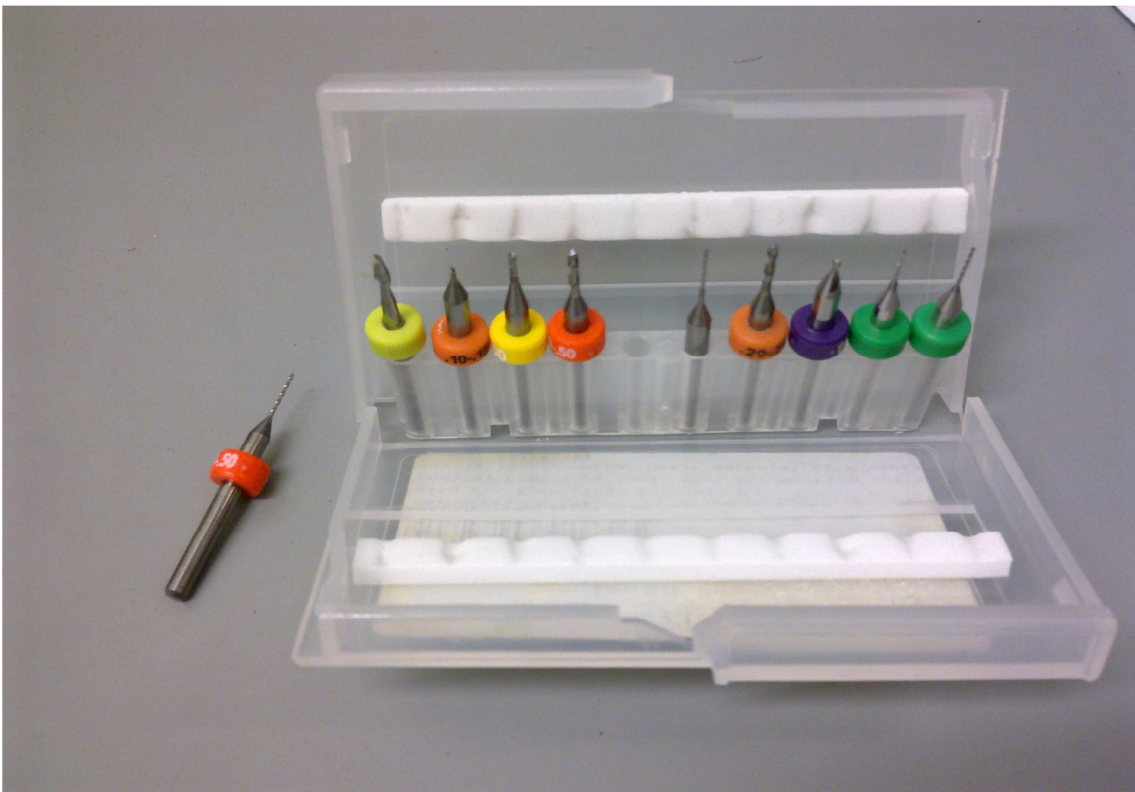


KUVA 6. LPKF ProtoMat S100 -jyrsin

Tämä jyrsimen terän pyörimisnopeus on jopa 100 000 rpm, joten jyrsinnän laatu ja nopeus ovat hyviä. Jyrsimessä on makasiini kymmenelle terälle. Laite vaihtaa itse tarvittavan terän makasiinista. Tämä nopeuttaa työn tekemistä, sillä työtä ei tarvitse keskeyttää manuaalisen teränvaihdon ajaksi. Kuvassa 7 näkyy jyrsimen terämakasiini. Terät ovat merkattuna sekä terän koodilla että myös erivärisellä renkaalla terän ympärillä. Eri värikoodit tarkoittavat eri käyttötarkoitusta terälle. Näitä käyttötarkoituksia voivat olla esimerkiksi reikien poraus, itse jyrsintä tai levyn irrotus ahiosta. Kuvassa 8 näkyy teriä, joita esimerkiksi voidaan käyttää jyrsintätöissä. Terät valmistetaan yleensä kovametallista, joka on komposiittimateriaali. Se tehdään volfram-karbidista ja sidosaineena toimii koboltti. Kovametalli kestää kulumista jopa 100 kertaa paremmin terästyökaluihin verrattuna. Terien täytyy olla hyvin teräviä, jotta reiät olisivat siistejä eikä poraus repisi piirilevyn pintaa. (7; 8, s. 94; 13.)



KUVA 7. Jyrsimen terämakasiini



KUVA 8. Jyrsimen teriä

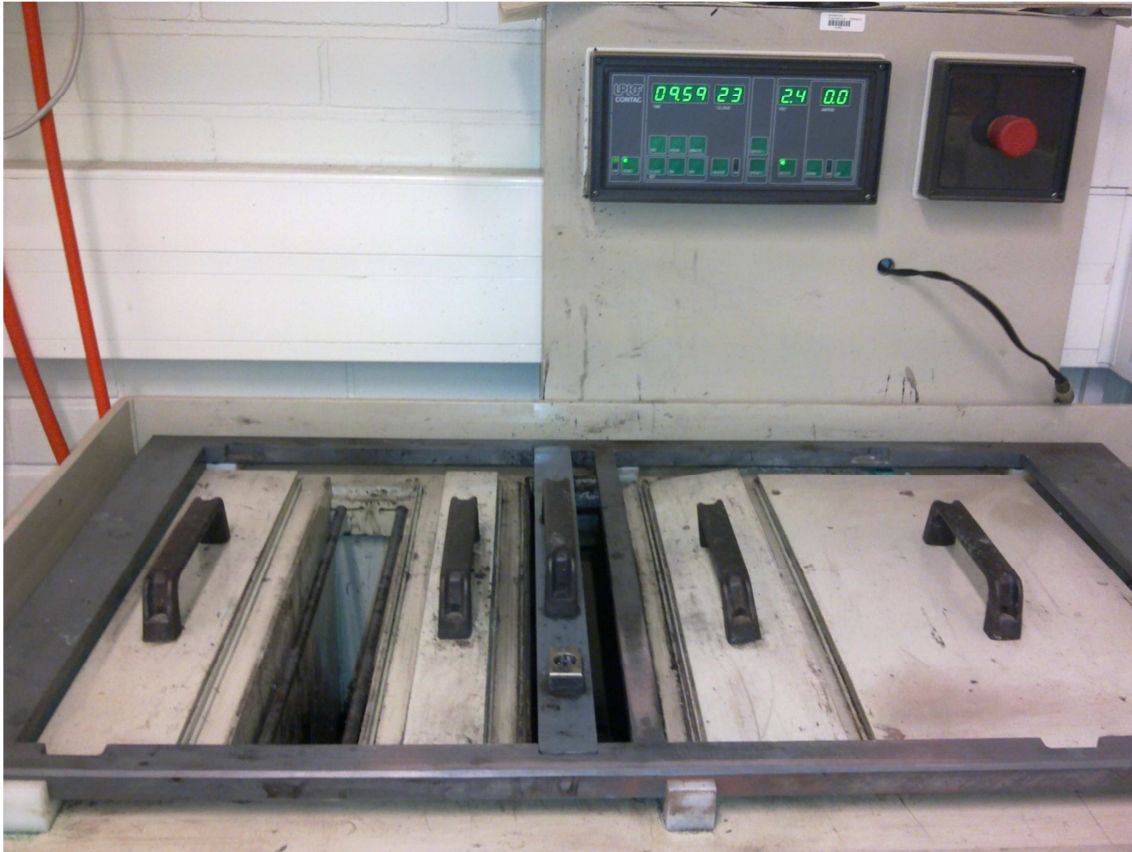
Jyrsimessä käytetään ilmanpainetallaa, jolla taataan se, että piirilevyyn ei koske mikään muu kuin laitteen jyrsintäterä. Tämä estää piirilevyn naarmuuntumisen. Piirilevyn aihio kiinnitetään jyrsimeen vakuumilla, joten mitään kiinnitysosia ei tarvita. Jyrsinnän laadunseuranta on helppoa reaaliajassa, sillä laitteessa on terän yläpuolella valo, jonka ansiosta työstettävään kohtaan ei tule varjoja. Myös jyrsimen suojakansi on läpinäkyvä. Jyrsin on myös turvallinen, sillä terä ei ala pyöriä, jos kansi on auki, ja työ keskeytyy heti, jos kannen avaa yllättäen. On huomioitava, että jos kannen avaa kesken työn, BoardMaster saa virhekoodin. Tämä virhekoodi voi olla niin paha, että jyrsinnän voi joutua aloittamaan kokonaan alusta.

ProtoMat S100 -jyrsin liitetään tietokoneeseen normaalilla USB 2.0 -kaapelilla. Laitteessa on piirilevyn kohdistamiseen käytettävä kamera, jonka kuvan näkee tietokoneen ruudulta BoardMaster-ohjelmalla. Kameran avulla kohdistaminen sujuu lähes automaattisesti. (7.)

BoardMaster on ohjelma, jolla hallitaan jyrsintä. BoardMasterilla avataan CircuitCamilla luotu työtiedosto. Piirilevy tulee näkyviin BoardMasteriin. BoardMasterilla ohjataan jyrsin poraamaan kaikki piirilevyn läpi menevät reiät, jonka jälkeen levy läpikuparoidaan.

4.3 Lämpikuparointi

Lämpikuparointiin käytetään LPKF Contact -lämpikuparointilaitetta (kuva 9). Tällä laitteella lämpikuparointi tapahtuu kemiallisesti happoliuoksessa. Lämpikuparoinnin tarkoituksena on muodostaa kuparia piirilevylle porattujen reikien sisäpinnalle, jotta sähkövirta kulkisi niiden kautta.



KUVA 9. LPKF Contact -läpikuparointilaite

Läpikuparoinnissa on kolme työvaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa levy puhdistetaan kahdessa eri pesuaineliuoksessa, jotta kaikki epäpuhtaudet kuten rasva ja muu levyn pintaan tarttunut lika saadaan varmasti pois. Käytettäviä pesuaineita voivat esimerkiksi olla LPKF Cleaner 110 ja LPKF Cleaner 210. Levy pestään useaan kertaan työvaiheiden välissä. Seuraava työvaihe on aktivaattorin lisäys. Levyä pidetään aktivaattoriliuoksessa, jotta aktivaattoria menisi jokaisen reiän sisäpinnalle. Aktivaattorina käytetään LPKF Activator 310 -ainetta. Aktivaattori on hiilipitoista kemikaalia.

Hiili johtaa sähköä, joten tämän aineen tartuttua levyn reikien sisäpinnalle niistä tulee sähköä johtavia ja näin ollen myöhemmässä työvaiheessa saadaan elektrolyysi alkuun myös reikien sisäpinnalla. Tämän työvaiheen jälkeen levyn pinta puhdistetaan tislattulla vedellä. Veden pitää olla tislattua, jotta siinä ei olisi epäpuhtauksia, kuten kvartssia, kalsiumia, rautaa, kloridia ja magnesiumia, jotka voivat olla haitaksi läpikuparoinnissa. Kuvassa 10 levy on otettu aktivaattoriliuoksesta ja sen pinnasta pyyhitään ylimääräinen aine pois lastalla.

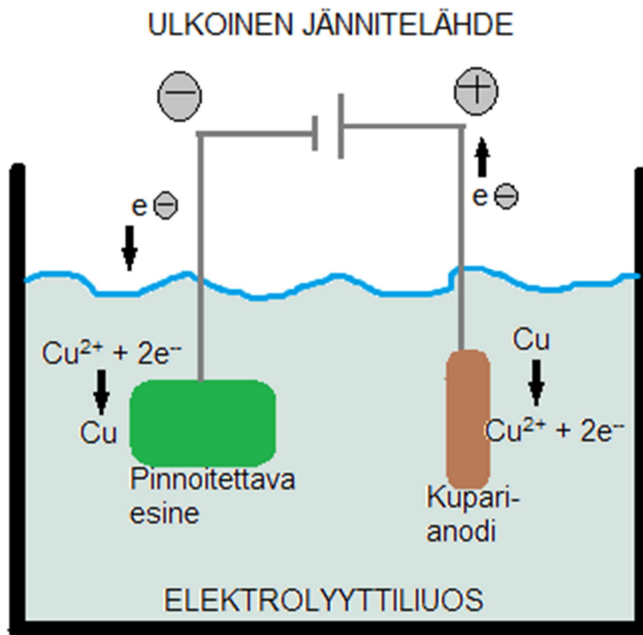


KUVA 10. Ylimääräinen aktivaattori pyyhitään pois levyn pinnasta lastalla

Viimeinen työvaihe on itse kuparointi. Elektrolyyttinen kuparointi tapahtuu siis liuoksessa, joka sisältää muun muassa rikkihappoa sekä suolahappoa. Liuoksen pohjalla on kupariharkko. Jotta kupari saataisiin tarttumaan levyille, kiinnitetään levyyn kaapeli, jonka kautta siihen annetaan sähkövirtaa. Myös liuoksessa olevalle kupariharkolle johdetaan sähkövirtaa. Sopiva sähkövirran suuruus on noin 6–8 ampeeria. Jännite pidetään noin 0,5 voltissa.

Kuparin muodostuminen levyn reikiin kestää noin kaksi tuntia. Itse työohjeessa on tarkemmin mainittu työturvallisuudesta kemikaalien käsittelyssä.

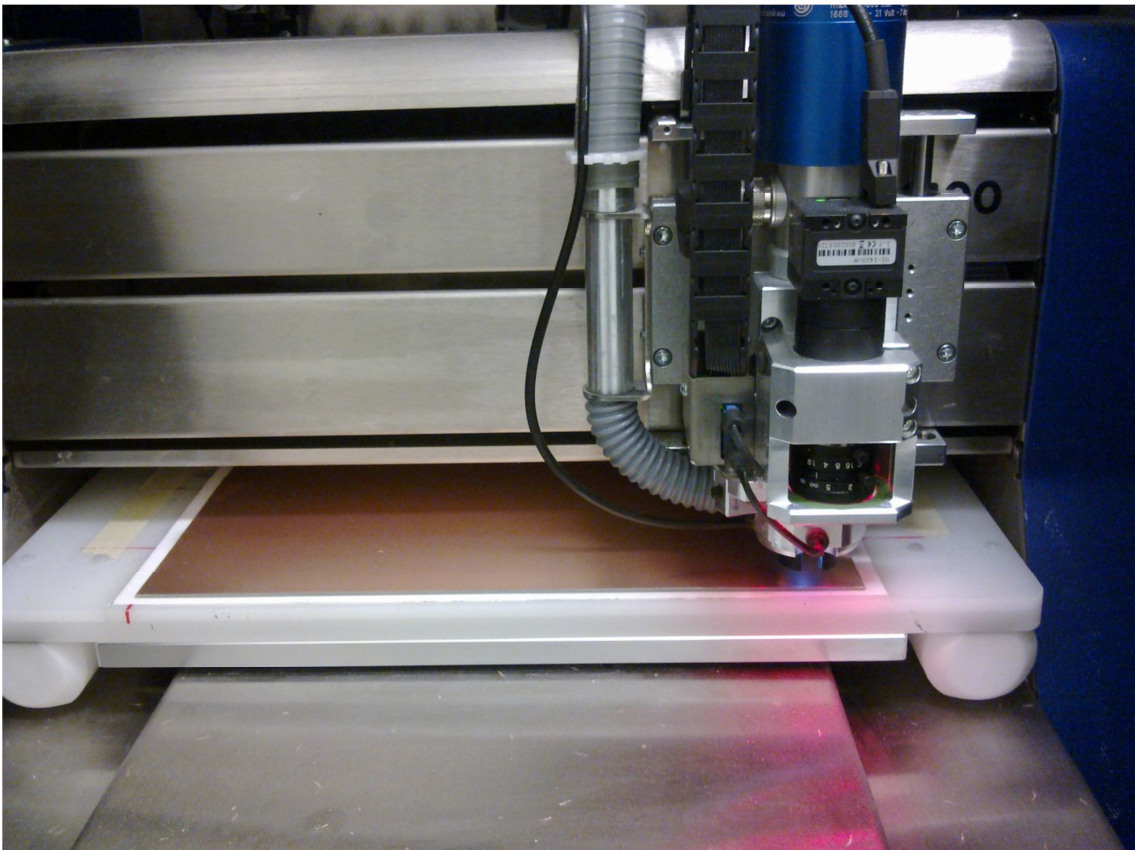
Piirilevyn läpikuparointi perustuu elektrolyysiin. Elektrolyysi on kemiallinen reaktio, jossa tapahtuu hapettumispelkistymisreaktio laittamalla sähkövirta kulkemaan ioneja sisältävän liuoksen lävitse (kuva 11). Tässä tapauksessa liuos sisältää muun muassa suola- ja rikkihappoa. Kuparin muodostuminen tapahtuu katodilla, joka on negatiivisesti varautunut. Se vastaanottaa positiivisia ioneja, jotka sitten pelkistyvät. Liuoksessa on rikkihappoa siitä syystä, että se johtaisi paremmin sähköä. Kuparoinnin tasaisuuteen eli laatuun vaikuttavat liuoksen lämpötila, liuoksen puhtaus, aika sekä virran tasainen jakautuminen piirilevyllä. (3; 9, s. 1–4, 6–7; 10; 11, s. 196; 11.)



KUVA 11. Sähkökemiallinen kuparointi (11, s. 196)

4.4 Jyrsintä

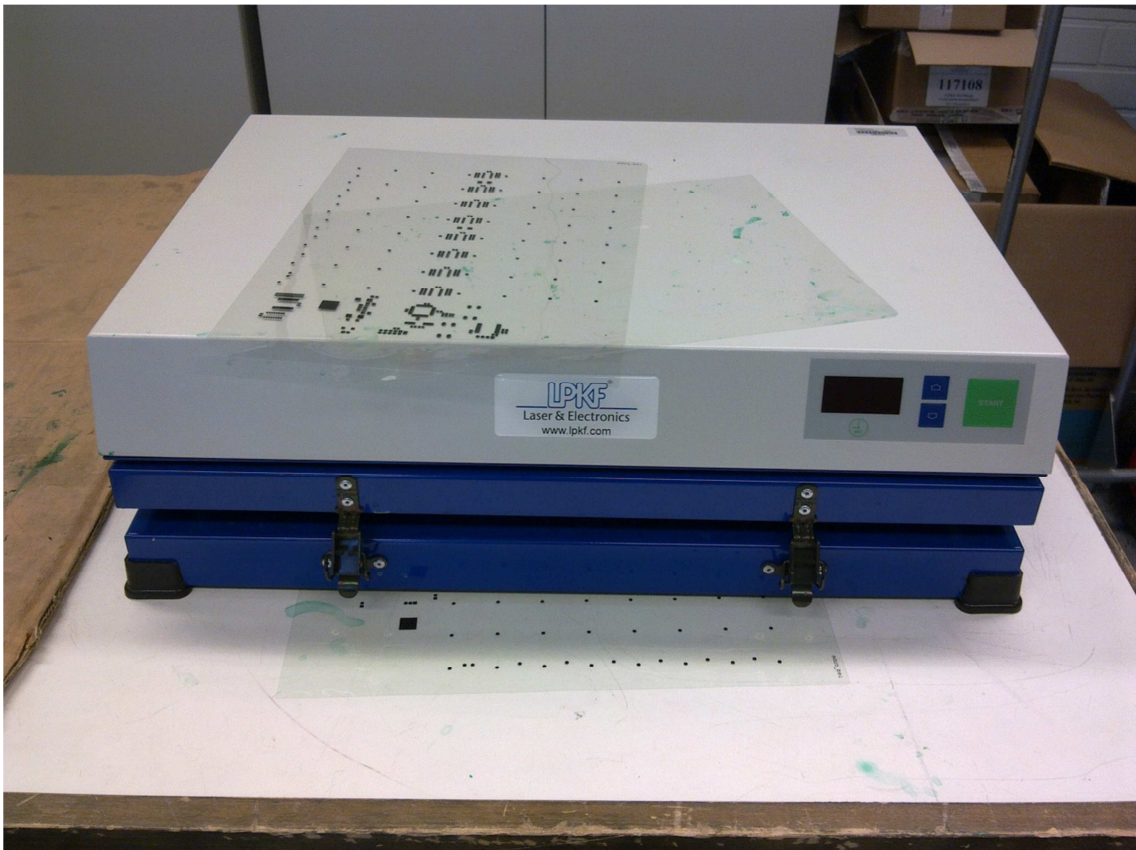
Jyrsintä vaiheessa CircuitCamilla luotu työtiedosto avataan BoardMaster-ohjelmalla. BoardMaster on kattava jyrsimen hallintaohjelma. BoardMasterissa näkyy kuvaa jyrsimessä olevasta kamerasta. Tämän kuvan sekä aikaisemmin porattujen kohdistusreikien avulla on helppo kohdistaa levy aina oikeaan paikkaan sen jälkeen, kun sitä on siirrelty. BoardMaster ilmoittaa myös, jos jokin terä on loppuun käytetty tai jos jyrsimen makasiinissa ei ole tarvittavia teriä. Ennen jyrsinnän aloittamista voidaan BoardMasterilla manuaalisesti jyrsiä pieni testialue, jotta nähdään, onko jyrsintäsyvyys oikea. Kun syvyys on säädetty oikeaksi, itse jyrsintä hoituu täysin automaattisesti BoardMasterin avulla. Ainoastaan levyn kääntäminen täytyy hoitaa manuaalisesti. Ohjelma ilmoittaa, kun jyrsintä on valmis, sekä siihen kuluneen ajan. Kuvassa 12 on juuri aloitettu jyrsintätyö.



KUVA 12. Jyrsinnän aloitus

4.5 Juotteenestopinnoite

Juotteenestopinnoituksen tarkoituksena on estää tinaa tai muiden juotosaineiden tarttumista muualle kuin halutuille alueille piirilevyssä. Tällä vähennetään oikosulkujen sekä muiden virheiden määrää komponentteja juottaessa. Levyn pintaan levitetään telalla kovetinaineesta ja väriaineesta tehty seos. Tässä seoksessa oleva kovetinaine on UV-herkkää. Lämmitysuunin sekä UV-valotuslaitteen avulla juotteenestopinnoite kovetetaan levyn pintaan. Lämmitysuunissa levy lämmitetään 80 °C:seen sen jälkeen, kun väri- ja kovetusaine on levitetty levyn pintaan. Lämmityksen jälkeen levy asetetaan UV-valotuslaitteeseen. Valotusaika, jolla UV-herkkä aine kovettuu, on noin yksi minuutti. Valotusvaiheessa on kuitenkin muistettava suojata alueet, joihin aineen ei haluta kovettuvan. Näitä alueita ovat esimerkiksi juotosalueet. Kuvassa 13 on LPKF:n UV-valotuslaite sekä pädien suojaamiseen käytettäviä kalvoja.



KUVA 13. LPKF:n UV-valotuslaite

UV-valotuksen jälkeen levyn pinnasta pestään kovettumaton aine pois käyttäen vettä sekä LPKF Developer -ainetta, joka on natriumkarbonaattia eli soodaa. Pesun jälkeen levy lämmitetään vielä 160 °C:seen lämmitysuunissa. On huomioitavaa, että käytetyt pensselit ja astiat on puhdistettava asianmukaisesti käytön jälkeen. Puhdistamiseen käytetään vettä sekä LPKF Conditioner -ainetta, joka on sitruunahappoa.

4.6 Viimeistely

Viimeinen vaihe piirilevyn valmistuksessa on levyn irrotus ahiosta. Tämä toimenpide suoritetaan jyrsimellä BoardMasteria käyttäen. Jyrsin irrottaa levyn CircuitCamissa määrätyllä tavalla ahiosta. Yleensä jätetään yksi kulma leikkaamatta, jotta levy pysyisi paikoillaan koko työn ajan. Viimeinen kulma irrotetaan käsin kääntämällä. Lopuksi on hyvä vielä hioa terävät reunat levystä turvallisuuden vuoksi. Näin piirilevy on saatu valmiiksi.

5 POSTERI JA VIDEO

Työohjeen lisäksi tehtiin posterit sekä video piirilevyn valmistamisesta Oulun seudun ammattikorkeakoulussa. Näitä käytetään havainnollistamaan asiakkaalle, miten piirilevyn valmistus pääpiirteittäin tapahtuu.

5.1 Posterit

Postereita tehtiin kaksi kappaletta, toinen suomeksi ja toinen englanniksi (liite 2 ja 3). Postereista käy ilmi selkeästi eri työvaiheet piirilevyn valmistuksessa. Asian selkeyttämiseksi sekä postereiden visuaalisen ilmeen parantamiseksi niihin sijoitettiin kuvia eri työvaiheista. On myös tärkeää ottaa huomioon lukijoiden tietämys asiasta. Postereihin vältettiin kirjoittamasta liian monimutkaisia tai yksityiskohtaisia asioita. Myös ammattisanastoa vältettiin jos mahdollista. Posterit ovat nähtävissä Oulun seudun ammattikorkeakoulun käytävällä olevalta näytöltä.

5.2 Video

Video on hyvä lisä esimerkiksi esiteltäessä piirilevyn valmistusta. Video löytyy Oulun seudun ammattikorkeakoulun piirilevyjen tuotantosivuilta osoitteesta: <http://www.oamk.fi/~alatvare/piirilevyt>. Videon kuvasi ja editoi Oulun seudun ammattikorkeakoulun Viestintäpalvelut eli VIP, sillä heillä on alan osaamista sekä tarvittavat laitteet.

Ennen kuvaamista täytyi käydä läpi, mitä osia työvaiheista on tärkeä näkyä videolla, jotta asiakas saisi selkeän kuvan tehtävästä työstä. Oli myös tärkeä käydä tarkastamassa kuvauspaikat etukäteen, jotta valaistus sekä kuvakulmat saatiin selvitettyä. Kuvaaminen tapahtui samalla, kun piirilevyä valmistettiin asiakkaalle. Näin ollen uusintaottoja ei juurikaan voitu tehdä. Jokaisesta työvaiheesta kuvattiin pätkiä, jotka sitten editoitiin yhdeksi noin kahden minuutin mittaiseksi videoksi.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä kirjoitettiin työohje piirilevyn valmistukseen sekä tehtiin suomen- ja englanninkielinen posterit ja video piirilevyn valmistamisesta Oulun seudun ammattikorkeakoulussa. Töiden tilaajana toimi Oulun seudun ammattikorkeakoulun Protopaja.

Työohje toimii apuna piirilevyn valmistusta harjoitellessa sekä myöhemmin muistiapuna työtä tehdessä. Työohjeen pitää olla hyvin yksityiskohtainen ja tarkka. Selkeyttä ohjeeseen lisäsi kuvankaappaukset sekä valokuvat eri työvaiheista. Posterin ja videon tarkoitus on esitellä asiakkaille, miten piirilevyn valmistus Oulun seudun ammattikorkeakoulussa pääpiirteittäin tapahtuu. Posterit piti tehdä sekä suomeksi että englanniksi. Postereiden ulkoasua saatiin parantua valokuvilla eri työvaiheista. Videon kuvasi ja editoi Oulun seudun ammattikorkeakoulun Viestintäpalvelu, joilla on alan kokemusta sekä ammattikäyttöön tarkoitettuja laitteita. Tästä syystä videosta tuli selkeä, tyylikäs ja ammattimainen.

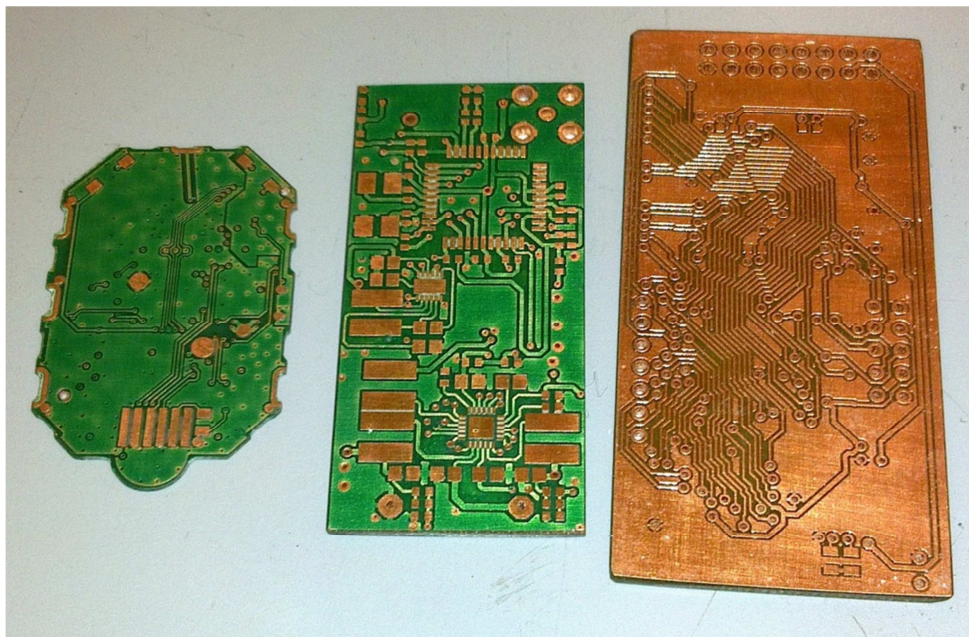
Haluttuihin tuloksiin päästiin. Työ eteni suunnitellulla tavalla alusta loppuun ja suuremmilta ongelmilta vältyttiin. Kaikki osapuolet olivat tyytyväisiä tuloksiin. Työn alussa seurattiin ammattilaisen työtä ja kirjoitettiin muistiinpanoja. Tämä toimi hyvänä pohjana työohjeen kirjoittamiseen. Työtä tehdessä opittiin paljon uutta asiaa kaksikerrospiirilevyn valmistamisesta, sillä kaikki käytetyt laitteet olivat ennestään täysin tuntemattomia. Kirjoittaessa jouduttiin tutustumaan myös laitteiden käyttöohjeisiin. Tällä tavoin saatiin parempi kuva laitteiden ja kemikaalien turvallisuudesta koskevista asioista. Työtä voisi kehittää pidemmälle tekemällä kehityssuunnitelman itse piirilevyn valmistukseen. Se voisi sisältää esimerkiksi suunnitelman siitä, miten tuotannon tehokkuutta voitaisiin lisätä ja näin ollen hankkia lisää asiakkaita.

LÄHTEET

1. Hirsijärvi, S. – Remes, P. – Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. 13. osin uudistettu painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.
2. Honkanen, H. Piirikorttien rakennemateriaalit ja rakenne. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Saatavissa: http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/PCBS_Piirilevysuunnitelu.pdf. Hakupäivä 10.9.2012.
3. Coombs, Jr C. 2008. Printed Circuits Handbook. 6. painos. USA: The McGraw Hill Companies
4. FR-4 PCB laminate = Flame Retardant. 2010. Airborn. Saatavissa: <http://www.airborn.com.au/method/fr4pcb.html>. Hakupäivä 12.9.2012.
5. FR-4 Laminate. 2002. IML Group PLC. Saatavissa: <http://www.emtworldwide.com/article.aspx?ArticleID=8609>. Hakupäivä 12.9.2012.
6. Helms, S. 2010. Properties of FR-4 circuit board material. Saatavissa: http://www.ehow.com/list_7549743_properties-fr4-circuit-board-material.html. Hakupäivä 14.9.2012.
7. LPKF ProtoMat® S100. LPKF Laser & Electronics. Saatavissa: <http://www.lpkfusa.com/protomat/s100.htm>. Hakupäivä 14.9.2012.
8. In-House Rapid PCB Prototyping, Product Catalog. LPKF Laser & Electronics. Saatavissa: <http://www.nylund.fi/media/tuoteliitteet/lpkf/1026-product-catalog-20111.pdf>. Hakupäivä 14.9.2012.

9. Teeriaho, J. 2011. Sähkökemian. Rovaniemen ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://ta.ramk.fi/~jouko.teeriaho/kemia5.pdf>. Hakupäivä 21.9.2012.
10. Kalsi, L. Elektrolyysi. Ottavan Opisto. Saatavissa: http://opinnot.internetix.fi/fi/muikku2materiaalit/lukio/ke/ke4/2_sahkokemia/2_5_elektrolyysi?C:D=hNlb.hng9&m:selres=hNlb.hng9. Hakupäivä 21.9.2012.
11. Anttila, A.-M. – Karppinen, M. – Leskelä, M. – Mölsä, H. & Pohjakallio, M. 2008. Tekniikan kemia. 10. painos. Helsinki: Edita Prima.
12. Safety Data Sheet. LPKF Laser & Electronics. Saatavissa: http://www.lpkfusa.com/downloads/support/docs/man_msds.pdf. Hakupäivä 20.11.2012.
13. Kovametalli- ja keraamituotteet. Kovametalli-IN Oy. Saatavissa: <http://www.kovametalli-in.fi/valmistus.html>. Hakupäivä 2.10.2012.

PIIRILEVYN VALMISTUS



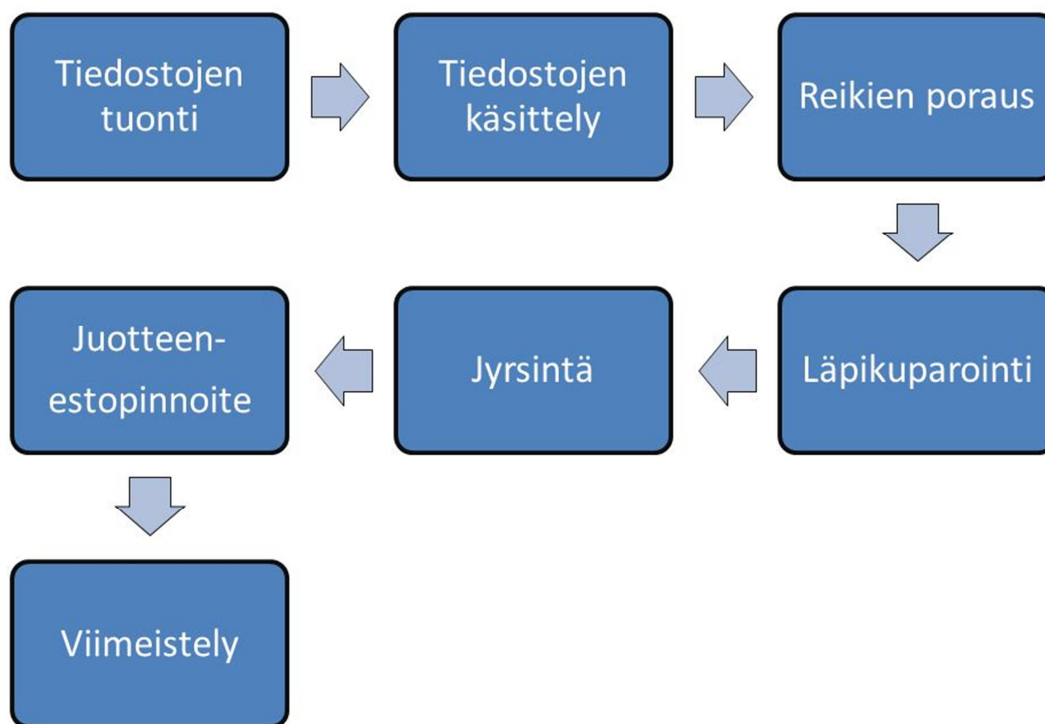


SISÄLLYS

SISÄLLYS	2
1 JOHDANTO	3
2 TYÖOHJE	4
2.1 Import	4
2.2 Insulointi	6
2.3 Levyn ahiosta irrotuksen säätö	10
2.4 Tarkistus	11
2.5 Export	12
2.6 BoardMaster	12
2.7 Läpikuparointi	18
2.8 Jyrsintä	19
2.9 Juotteenestopinnoite	22
2.10 Levyn irrotus ahiosta	23

1 JOHDANTO

Tämä on työohje kaksikerrospiirilevyn valmistukselle jyrsimällä. Työssä käytetään Windows-ohjelmia CircuitCam ja BoardMaster. Muita työssä käytettäviä välineitä ovat LPK ProtoMat S100 -jyrsin, LPKF Contact -läpikuparointilaite, lämmitysuuni sekä LPKF:n UV-valotuslaite. Tässä työohjeessa on yksityiskohdaisesti vaihe vaiheelta neuvottu, miten valmistaa kaksikerros piirilevy vaivatta ja ammattimaisesti. Kuvasta 1 näkyvät valmistuksen eri työvaiheet.



KUVA 1. Työvaiheet



2 TYÖOHJE

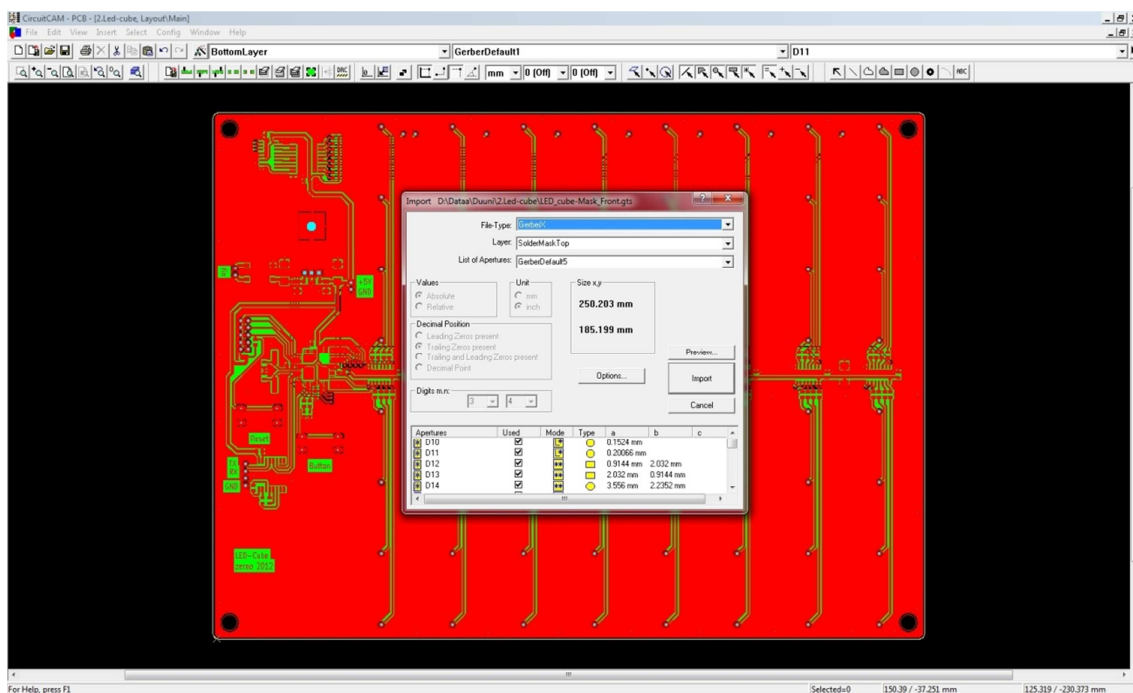
Seuraa työohjetta tarkkaan. Työohjeessa on kuvankaappauksia apuna selvittämään työvaiheita. Tarvittaessa kysy apua asiantuntijalta.

2.1 Import

Ensimmäinen työvaihe on importointi eli tiedostojen tuonti CircuitCam -ohjelmaan. Avataan CircuitCam-ohjelma tietokoneella. Aloitetaan tuomalla asiakkaalta saadut tiedostot CircuitCamiin. Tiedostot ovat erinimisiä riippuen ohjelmasta, jolla piirilevyä on suunniteltu. Ohjelmia, joilla piirilevyjä voi suunnitella, ovat esimerkiksi Eagle ja OrCAD. Tiedostopäätteitä voivat olla esimerkiksi .gts, .gbs, .drl, .gbr ja .gbl.

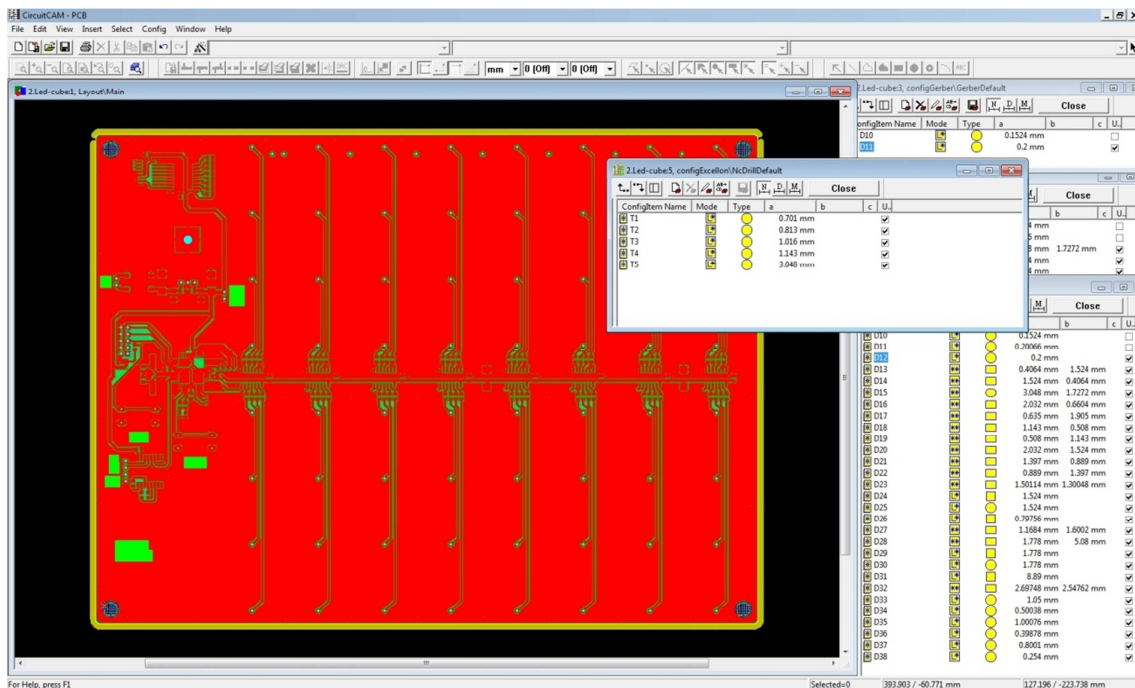
On hyvä muistaa tallentaa työ usein, jotta ongelmatilanteissa on uusin varmuuskopio aina tallella. Tiedostot avataan painamalla vasemmasta ylälaidasta "File -> Import" ja valitsemalla tarvittavat tiedostot. "Preview"-kohdasta voi tarkistaa layerin eli kerroksen ennen sen tuontia. Ensimmäisenä valitaan .gbr, joka sisältää levyn reunaviivan. Sitten avataan "layer"-valikosta "Board Outline" ja painetaan "Import". Tämän jälkeen poistetaan ylimääräiset viivat ja jätetään jäljelle vain reunaviiva. Seuraavana tuodaan .gbl-tiedosto ja valitaan layeriksi "Bottom Layer" eli niin sanottu juotospuoli. Sen jälkeen tuodaan .drl ja layeriksi valitaan "Drillplated". Tässä vaiheessa on hyvä tarkistaa "Size xy"-ruudusta, että levyn koko on oikea. On myös hyvä tarkistaa, että levyn reiät ovat oikeissa kohdissa. Seuraavana tuodaan .gtl-tiedosto ja layeriksi valitaan "Top Layer". Jos on tarvetta, "List Of Apertures"-kohdasta voi muokata pädejä esim. jos pädit ovat väärässä asennossa yms.

Tämän jälkeen tuodaan .gbs-tiedosto ja valitaan layeriksi "Soldermask Bottom". Viimeisenä tiedostona tuodaan .gts ja layeriksi valitaan "Soldermask Top" kuten kuvassa 2. Jos asiakas haluaa piirilevylle painettua tekstiä, tässä vaiheessa tuodaan niille tarkoitetut tiedostot. Tätä vaihetta ei ohjeen esimerkkityössä ole.



KUVA 2. .gts-tiedoston tuonti

Tässä vaiheessa on myös hyvä tarkistaa käytettävät terät ja muokata listaa tarvittaessa. Avataan "Config -> Format Configurations -> Excellon Tool List". Sieltä valitaan "Ncdrill Default". Aukeaa kuvan 3 mukainen ikkuna, jossa näkyvät käytettävät poranterät. Jos listassa on turhan paljon eri teriä pienillä koeroilla, kokoja voi pyöristää ylös- tai alaspäin, että saadaan vähennettyä terien määrää.



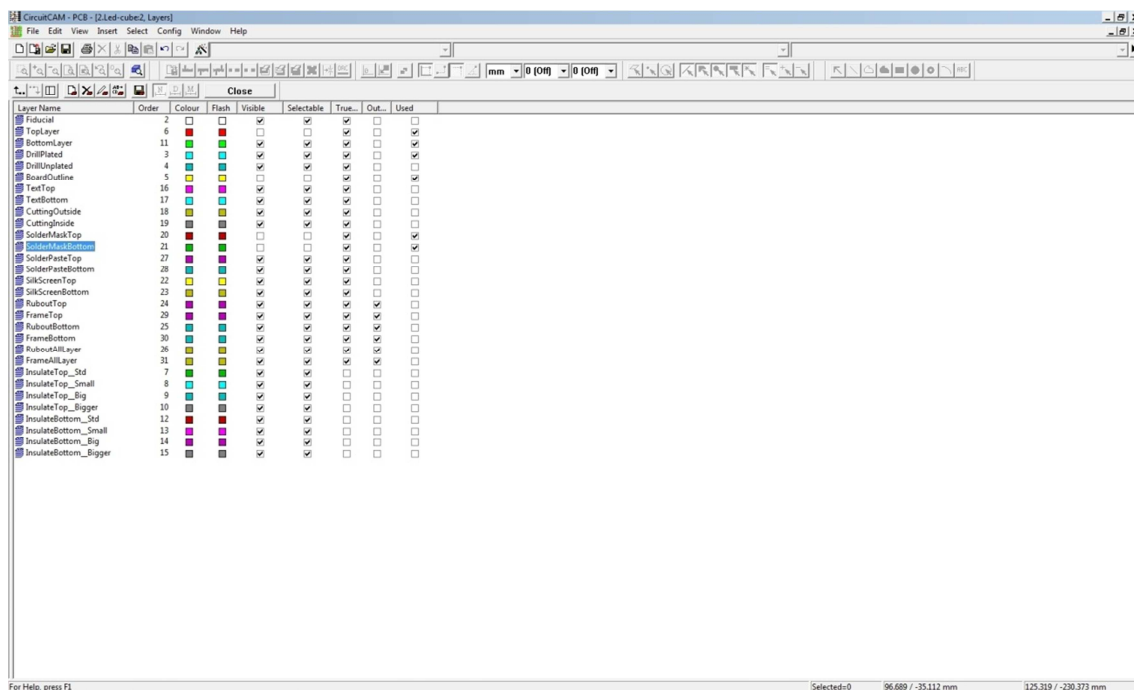
KUVA 3. NCDrillDefault-valikko

2.2 Insulointi

Importoinnin jälkeen seuraava työvaihe on insulointi. Aloitetaan valitsemalla "View -> layers". Sieltä valitaan layerit yksi kerrallaan. Valinta tapahtuu poistamalla ruksit muiden kuin käsiteltävän layerin "visible"-laatikosta, kuten kuvassa 4 on nähtävissä. Käsiteltäviä layeriteitä ovat esimerkiksi top, bottom, drill, mask ja outline.

Piirilevyn valmistus -työohje

LIITE 1/7

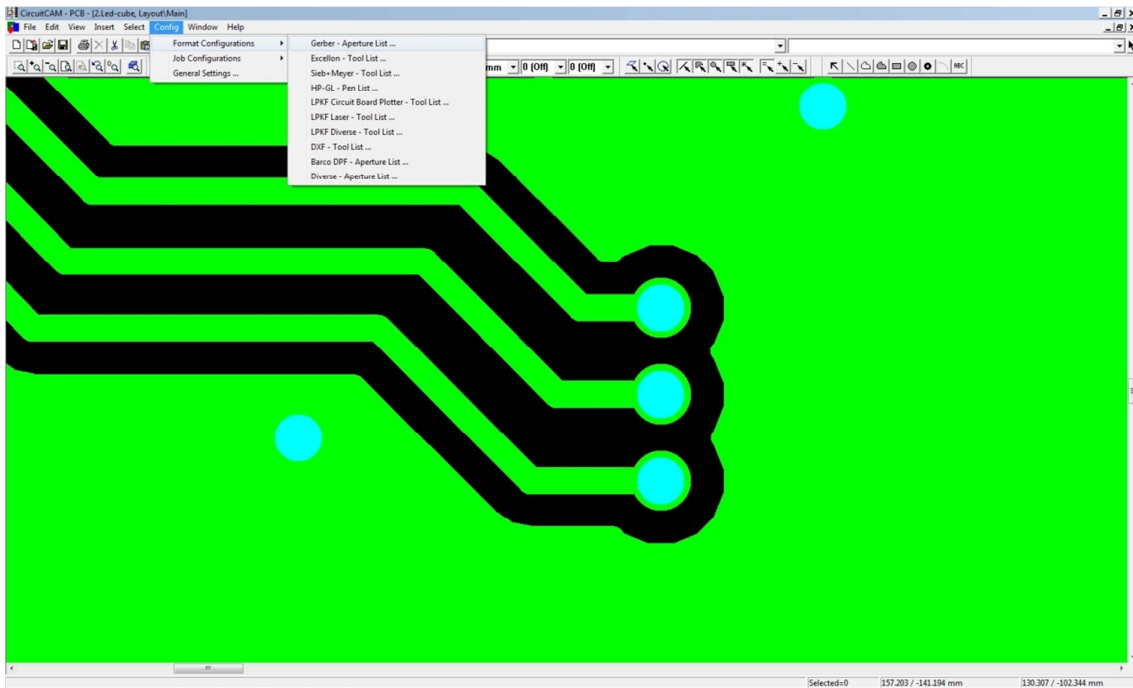


KUVA 4. Layerit eli kerrokset

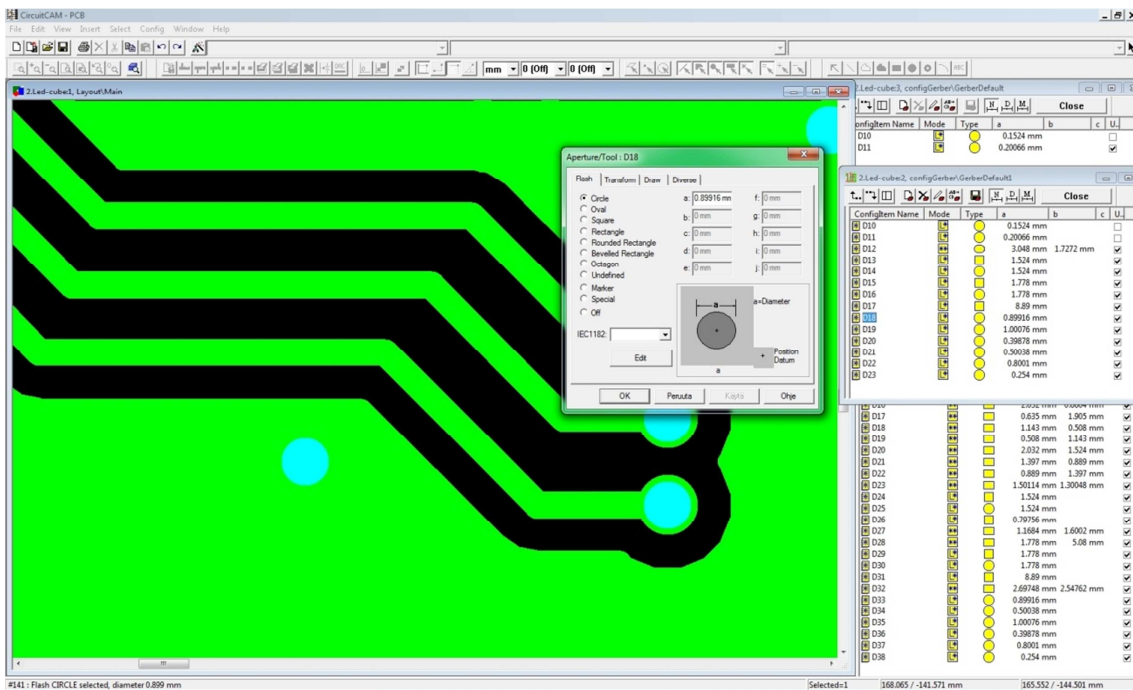
Jos ohjelma on piirtänyt levyn jokaiselle kerrokselle reunaviivan, se täytyy poistaa. Tämä toimenpide tehdään sen takia, että saadaan turhat jyrkennät minimiin. Piirilevyn valmistuksessa laskutus perustuu jyrkennän määrään. Jos on tarvetta säätää pädien kokoja, avataan kuvan 5 mukaisesti "Config -> Format Configurations -> Gerber - Aperture List". Sieltä valitaan tarvittavat Aperture-listat. Yleensä nämä ovat "Gerber Default", "Gerber default1" ja "Gerber default2". Ylhäällä näkyy alasettovalikossa layer, aperture-lista ja valittu pädi. Kuvan 6 mukaisesti klikattaessa hiiren oikealla haluttua pädiä Aperture-listalta ohjelma avaa tiedot valitusta pädistä. Tätä kautta voi esimerkiksi muokata pädien kokoa.

Piirilevyn valmistus -työohje

LIITE 1/8



KUVA 5. Gerber – Aperture List

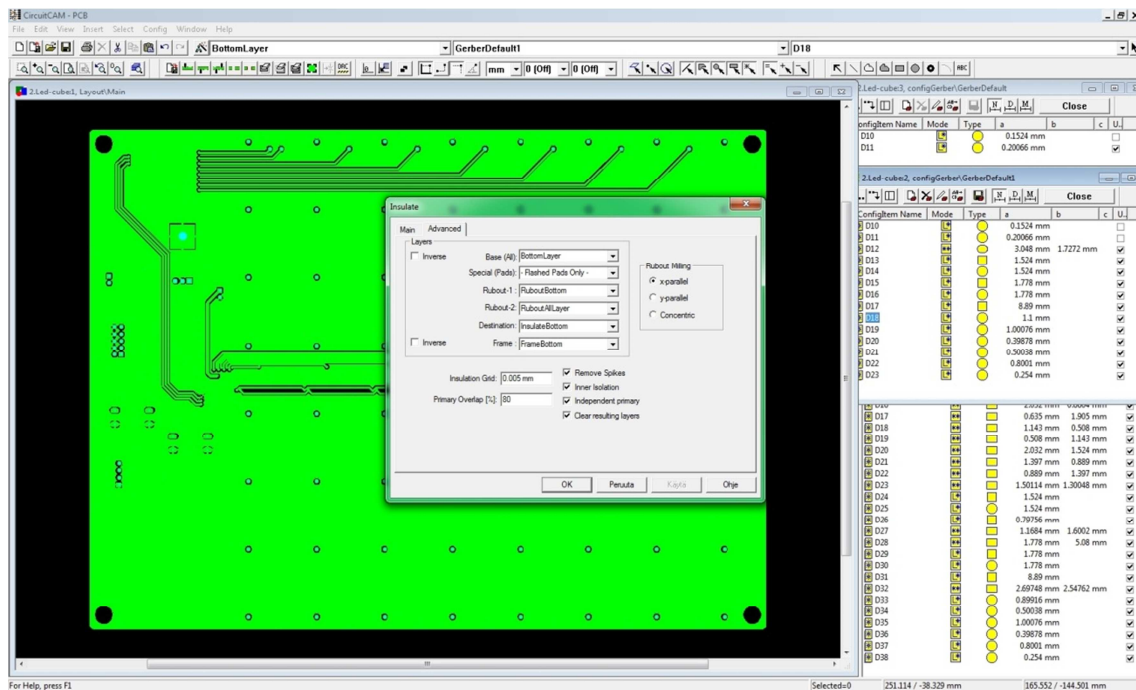


KUVA 6. Valitun päidin tiedot

Piirilevyn valmistus -työohje

LIITE 1/9

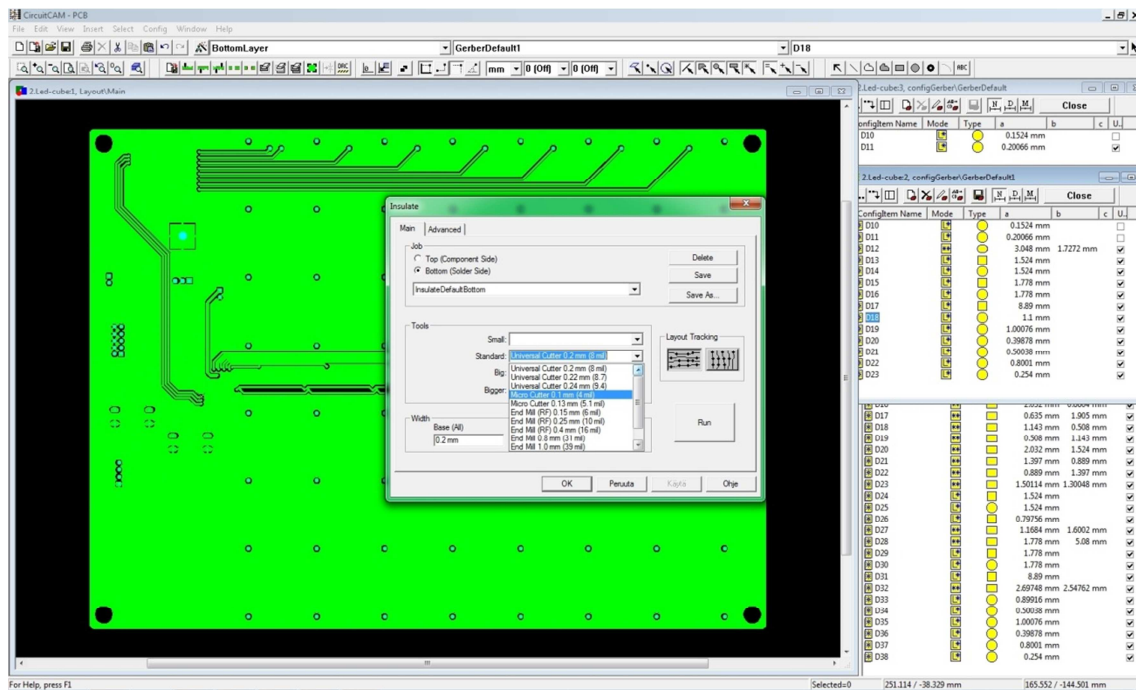
Seuraavaksi avataan "Edit -> Insulate" ja valitaan "Bottom". Laitetaan ruksi koh-
taan "Remove Spikes" kuvan 7 mukaisesti. Tämä sen takia, että jyrshintävai-
heessa piirilevyltä poistetaan "piikit" esimerkiksi jyrshintäkohtien välistä. Kuten
kuvassa 8 nähdään, "Tools"-valikosta valitaan käytettävät terät/teräkoot.
"Width"-kohdasta voi muuttaa eristeväliä ja pädien ympärillä olevaa väliä. Lo-
puksi painetaan "RUN". Sen jälkeen tarkistetaan, että kaikki näyttää siltä miltä
pitääkin.



KUVA 7. Insulate Main -valikko

Piirilevyn valmistus -työohje

LIITE 1/10



KUVA 8. Insulate Advanced -valikko

Nämä insulointivaiheet toistetaan jokaiselle kerrokselle (layerille). Jos piirilevylle halutaan jyrsimellä tehtävää tekstiä, valitaan halutut tekstit ja alasettovalikosta valitaan layeriksi "Text Top" tai "Text Bottom" sen mukaan kummalla puolella teksti on. Jos tekstien päällä on ylimääräisiä jyrshintä kohtia, ne voidaan poistaa.

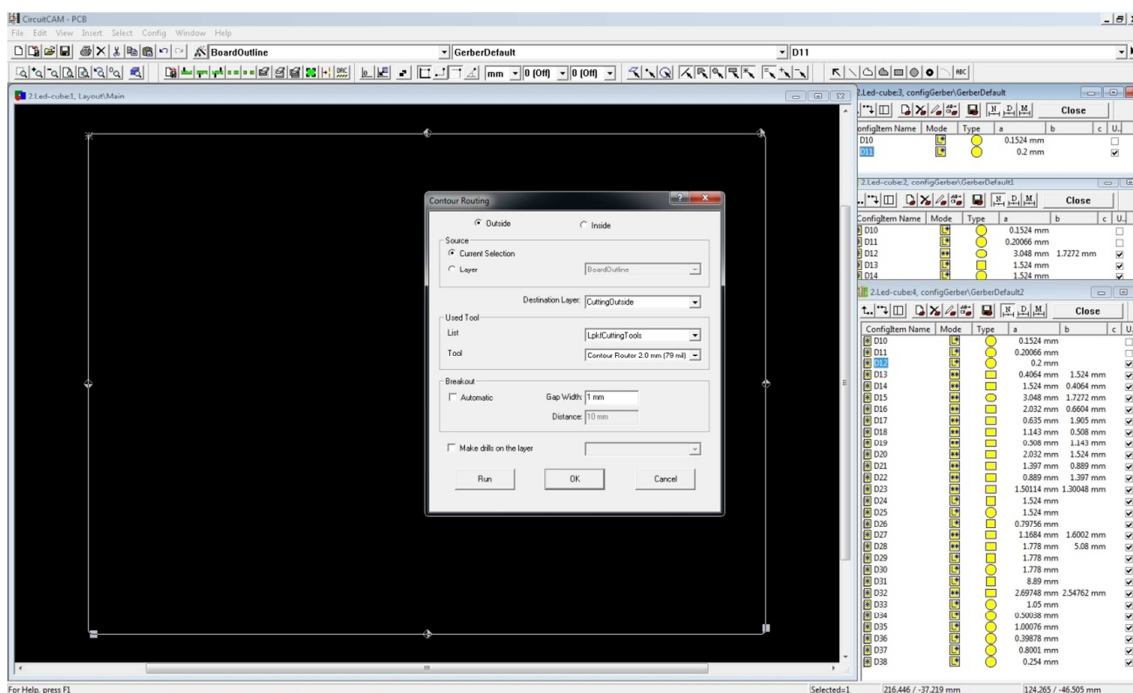
2.3 Levyn ahiosta irrotuksen säätö

Seuraavana työvaiheena on säätää ohjelmalla levyn irrotus ahiosta. Valitaan alasettovalikosta "Board outline". Työkaluksi valitaan "Contour routing". Ohjelma avaa ikkunan, josta valitaan "outside". Tämä valikko näkyy kuvassa 9. Sitten painetaan "RUN". Seuraavaksi klikataan hiirellä levyn reunaviivaa esimerkiksi vasemmasta yläkulmasta.

Piirilevyn valmistus -työohje

LIITE 1/11

Tämä aktivoi kulman. Sitten valitaan ”Breakout Tab” ja näin valittuun kohtaan reunaviivalla tulee ”lovi”. Tämä estää levyä tippumasta aihioista, kun reunaviivaa leikataan. Sama työvaihe toistetaan myös toiseen yläkulmaan.



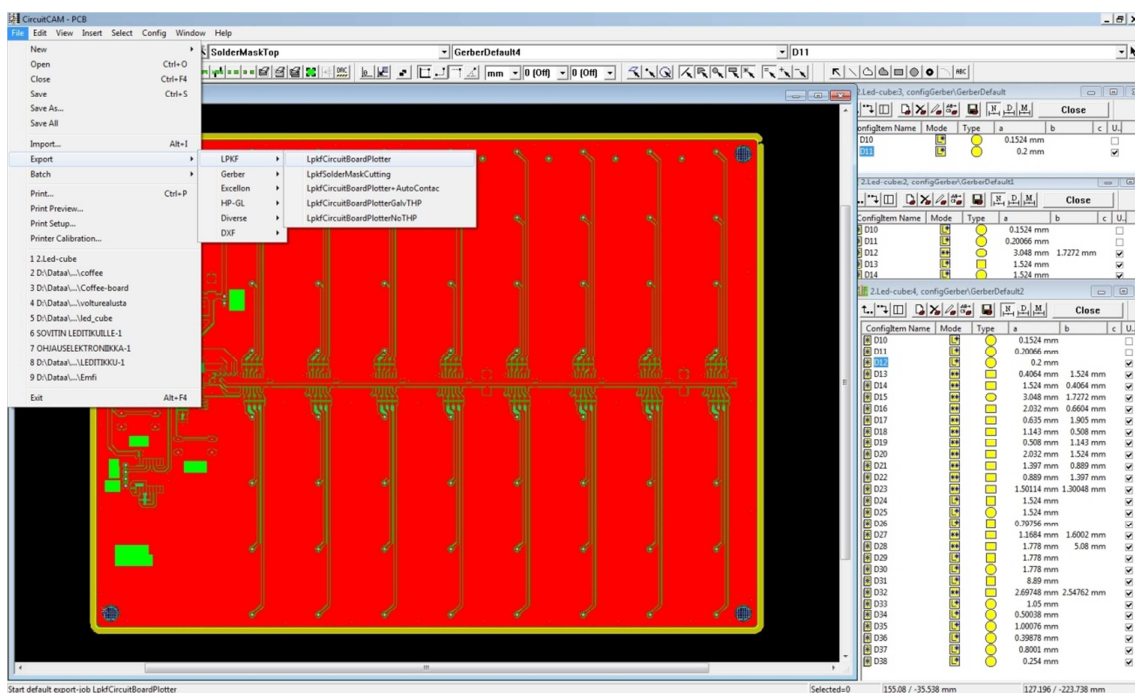
KUVA 9. Contour Routing -valikko

2.4 Tarkistus

”View”-valikosta ”View Layers”-kohdasta laitetaan näkyviin muokattuja kerroksia (Drill Solder Mask Top ja Bottom) ruksaamalla kohdat ”Visible” ja ”Selectable”. Sitten tarkistetaan, että juotteenestopinnoite (solder mask) ja reiät ovat oikeilla paikoilla. Lopuksi laitetaan näkyviin bottom- ja insulointikerrokset.

2.5 Export

Viimeinen työvaihe CircuitCamilla on valmiiden tiedostojen ”tulostus” eli exportointi. Valitaan ”File -> Export -> LPKF -> LPKF Circuit Board Plotter” kuten kuvassa 10. Tämä luo .LMD-tiedoston. Ohjelma avaa raportin, josta näkee esimerkiksi jrsittävät millimetrit sekä varoitukset, jos ohjelma huomaa jotain varoitettavaa. Hinnoittelu siis tapahtuu jrsittyjen millimetrien mukaan.

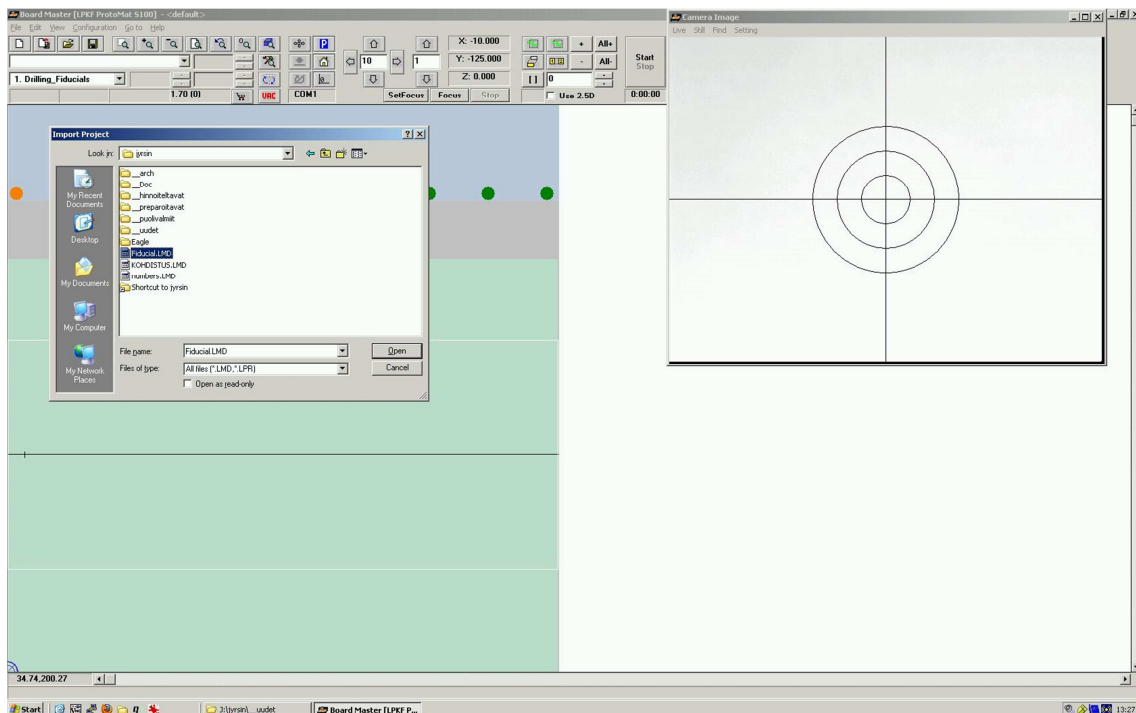


KUVA 10. .LMD-tiedoston luonti

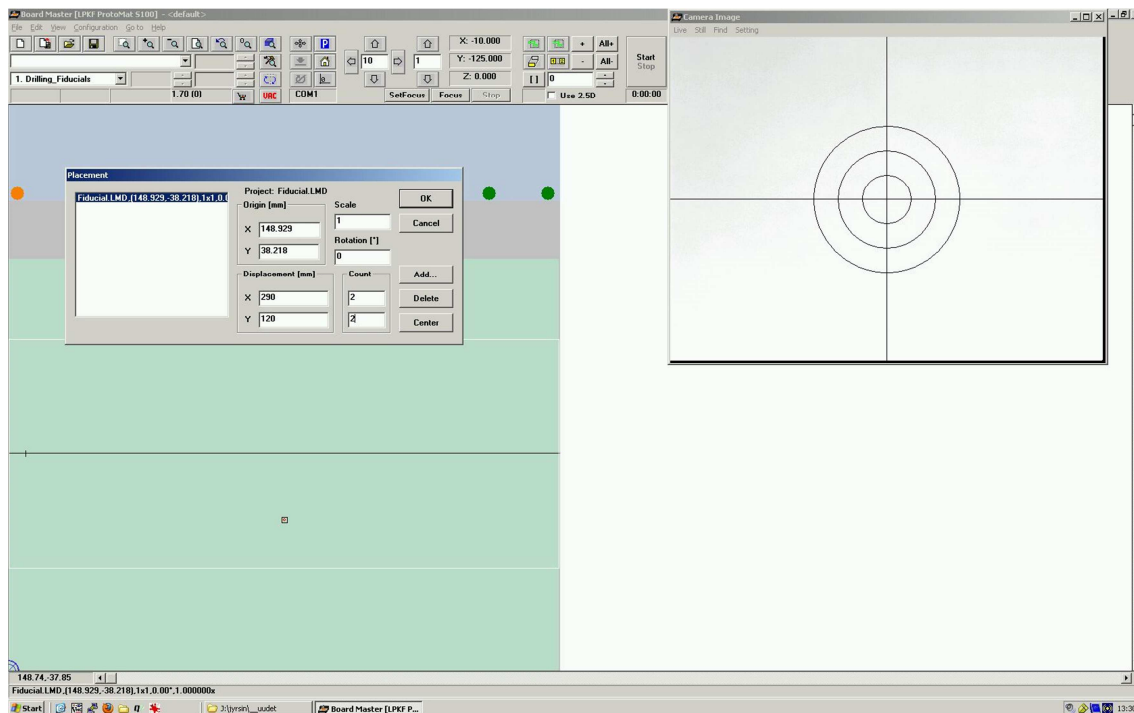
2.6 BoardMaster

Myös BoardMaster-ohjelmassa on suositeltavaa tallentaa työ usein. Työ tallentuu .JOB-tiedostoksi. Aluksi laitetaan jrsimeen virta, paineilma ja imuri päälle (imurin voi myös käynnistää vasta juuri ennen jrsinnän aloittamista). Avataan BoardMaster-ohjelma, joka tarkastaa heti 0-kohdan jrsimestä. BoardMaster kysyy, onko jrsimessä terää.

Tämän jälkeen tulee tarkistaa, ettei jyrsimessä ole terää. Seuraavaksi tuodaan tiedostot BoardMasteriin valitsemalla kuvan 11 mukaisesti "Import -> LMD/LPR". Sieltä valitaan fiducial.LMD. Fiducial on kohdistusmerkki. Klikataan hiiren oikealla näppäimellä fiducialia (pieni neliö ruudun keskivaiheilla). Kun klikataan, aukeaa "Placement", jolla muokataan asento. Ruudulle ilmestyy "laatikko", joka siirretään keskelle apuviivojen avulla. Työvaihe näkyy kuvassa 12. Seuraavaksi avataan "import -> LMD/LPR" ja sieltä valitaan työstettävä .LMD-tiedosto eli tiedosto, joka tulostettiin (export) CircuitCamilla. Kun valinta on tehty, ruudulle ilmestyy piirilevy. Levy siirretään myös keskelle.



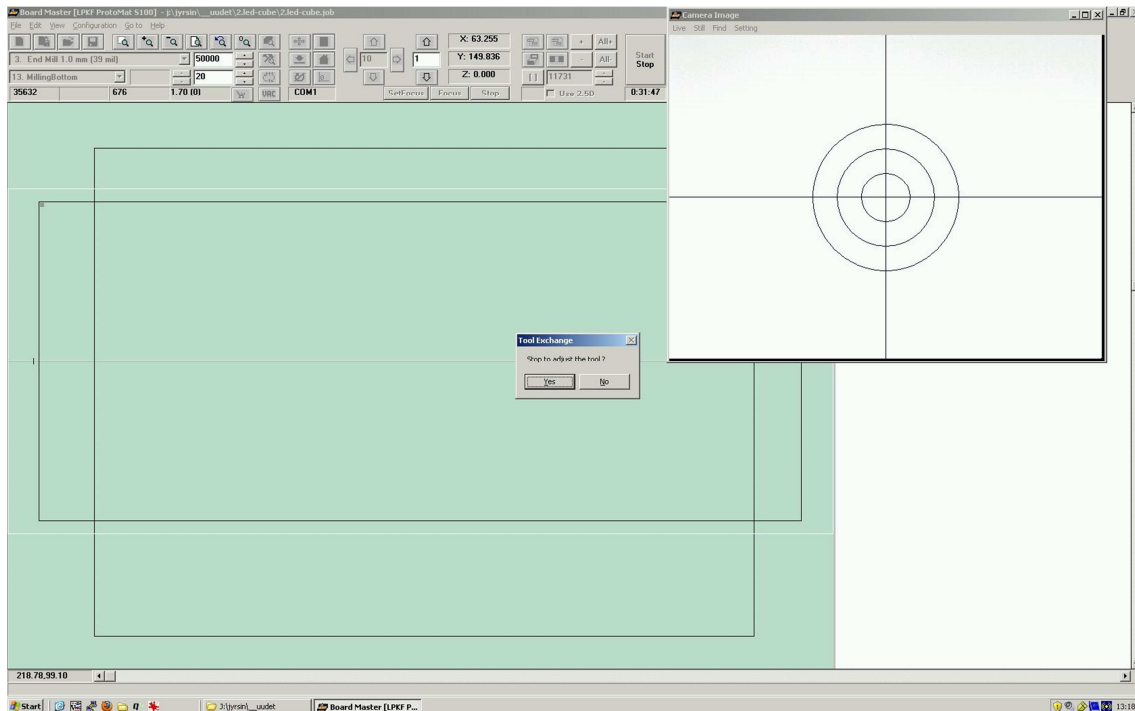
KUVA 11. Fiducial.LMD-tiedoston tuonti



KUVA 12. Placement-valikko

Tämän jälkeen painetaan ruudun yläalaidassa olevaa "P"-näppäintä, jolloin jyrsin menee niin sanottuun "pause"-tilaan. Kun jyrsin on tässä tilassa, sen kansi voidaan aukaista ja laittaa aihio paikoilleen. Aihio laitetaan mahdollisimman keskelle apuviivojen avulla. Seuraavaksi tarkistetaan, että kohdistustiedosto osuu aihiolle. Sen näkee kamerakuvasta oikealla ylhäällä olevasta ruudusta. Kuvassa näkyvä tumma alue on levyn reuna. Seuraavaksi tarkistetaan, osuuko jyrsitävä levy aihiolle. Tämä tehdään siirtämällä levyä koneella ja katsomalla jyrsimestä, että paineilmatalla on kokonaan aihion päällä.

Seuraavassa työvaiheessa tehdään kohdistusmerkinnät piirilevyn nurkkiin. Ensin valitaan alasetovalikosta vasemmalta ylhäältä "Marking Drills". Sitten valitaan kaikki painamalla "All+" ja painetaan "Start". Ohjelmassa aukeaa kuvan 13 mukainen ikkuna, jossa ohjelma kysyy, tarviiko terää säätää.

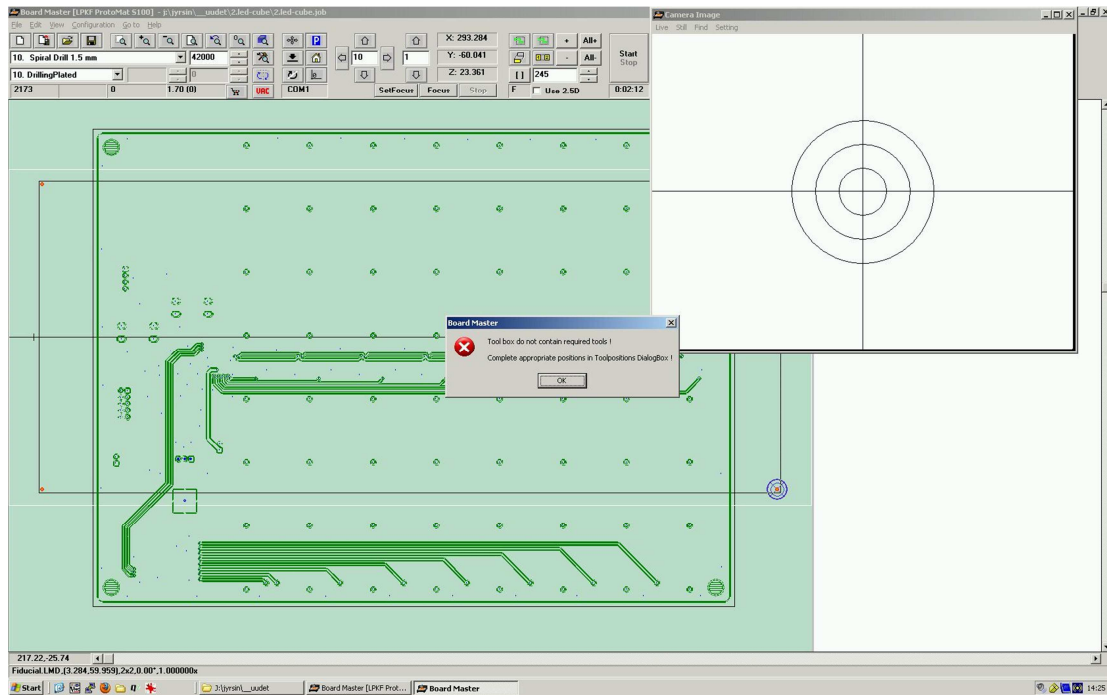


KUVA 13. Tool Exchange

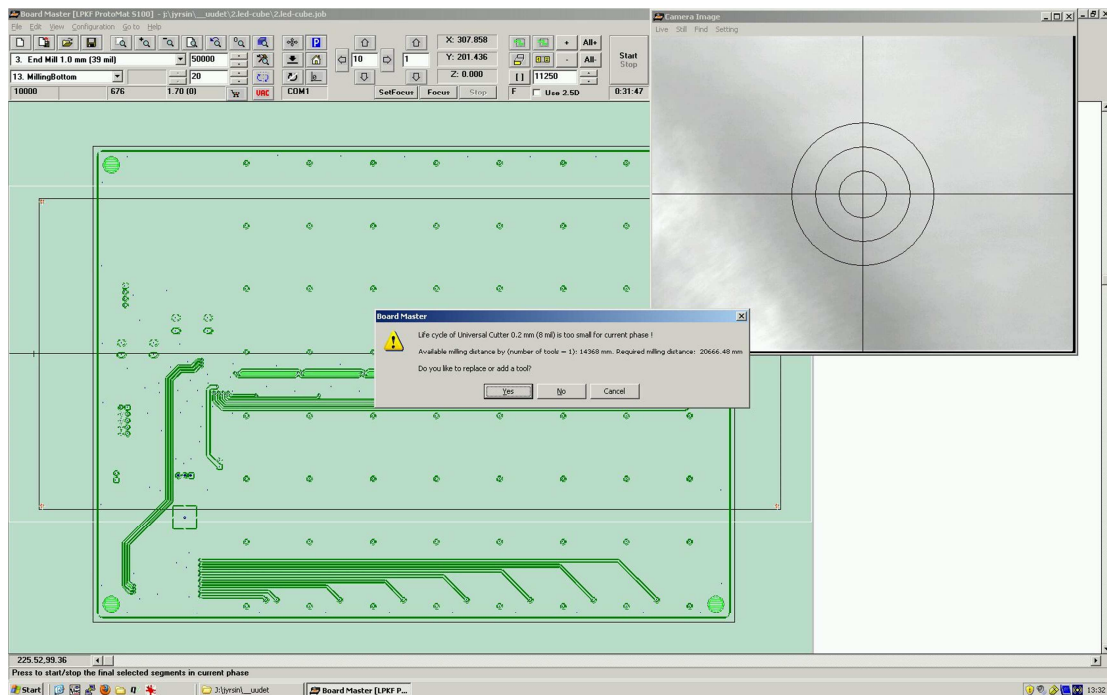
Jos ei ole tarvetta säätää sitä, mennään eteenpäin. BoardMaster ilmoittaa, kun reiät ovat valmiit. Seuraavaksi valitaan alasetoalistasta ”Drilling Plated”, jolla varsinaiset poraukset tehdään. Taas valitaan kaikki painamalla ”All+” ja aloitetaan poraus painamalla ”Start”. Tässä vaiheessa ohjelma ilmoittaa, jos jyrsimessä ei ole oikean kokoisia teriä makasiinissa tai jos jollain terällä on jyrsitty sen maksimi jyrsintämäärä. Kuvissa 14 ja 15 on esitetty nämä vaiheet.

Piirilevyn valmistus -työohje

LIITE 1/16



KUVA 14 Tarvittavaa terää ei ole makasiinissa

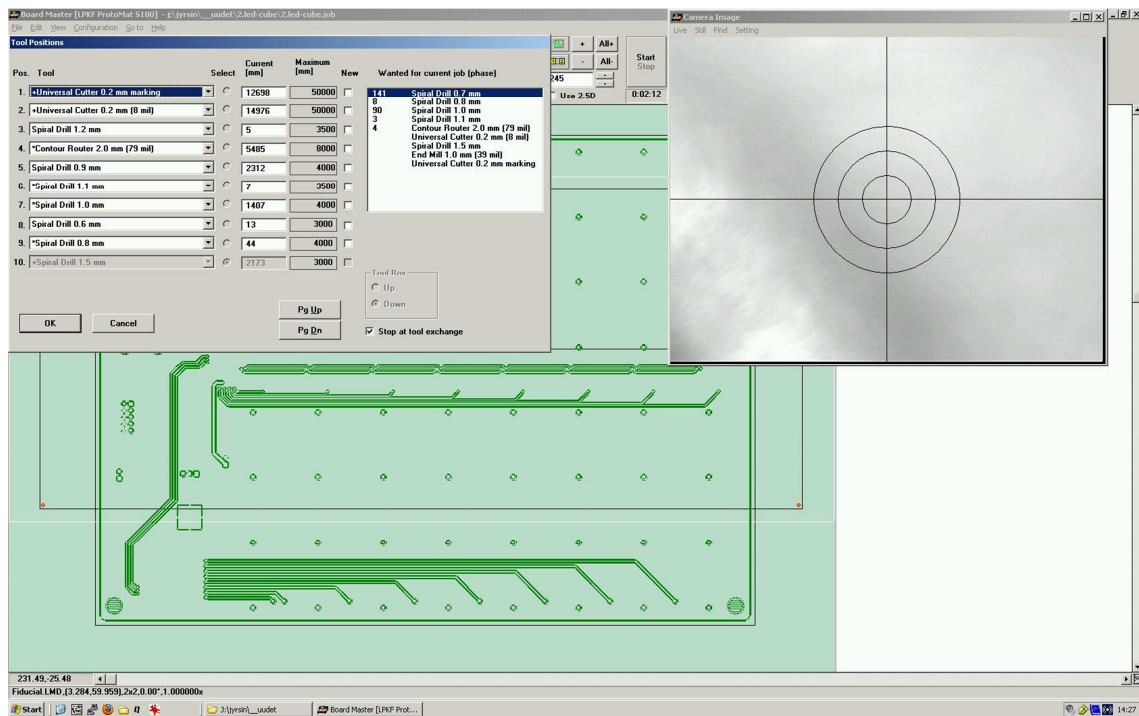


KUVA 15. Terän jyrshintämillimetrit ovat täynnä

Piirilevyn valmistus -työohje

LIITE 1/17

Jotta teriä voi lisätä, täytyy jyrsein laittaa pause-tilaan painamalla "P"-näppäintä. BoardMasterissa aukeaa kuvan 16 mukainen ikkuna, jossa kerrotaan, mitä teriä työssä tarvitaan ja mitä teriä jyrsimen makasiinissa on tällä hetkellä. Laitetaan tarvittavat terät jyrsimen makasiiniin ja kerrotaan ohjelmalle, mitkä terät laitettiin ja mihin kohtaan makasiinissa. Sitten painetaan "OK", jolloin poraus alkaa. BoardMaster ilmoittaa, kun poraus on valmis. Sen jälkeen tarkistetaan silmä-
määräisesti, että reiät ovat läpi levystä.



KUVA 16. Käytössä olevat ja tarvittavat terät



2.7 Lämpökuparointi

Seuraava työvaihe on lämpökuparointi, jossa on tarkoitus saada kuparia myös reikien sisäpinnalle, jotta virta pystyisi kulkemaan levyn puolelta toiselle. Lämpökuparoinnissa käytettävä happo on syövyttävää, joten on suositeltavaa käyttää suojavälineitä ja noudattaa yleisiä työturvallisuusohjeita. Ensimmäiseksi levyn pinta hiotaan karhunkielellä. Karhunkieli poistaa hapettumat, epäpuhtaudet sekä poratessa tulleet ”kohoumat” levyn pinnasta. Tämän jälkeen levy kiinnitetään uittotelineeseen. Ensimmäisenä aineena on pesuaine ”Cleaner 110”. Pesuaine sekoitetaan ensin ja sitten levy lasketaan sinne hieman vinossa, jotta ainetta menisi myös reikiin ja ilmakuplan lähtisivät rei’istä pois. Painetaan ”motor”-näppäintä, jolloin laite alkaa liikuttaa levyä edestakaisin liuoksessa. Annetaan levyn olla pesuaineessa noin 10 minuuttia.

Kun levy on ollut 10 minuuttia altaassa, heilutus pysäytetään ”motor”-näppäimestä ja levy nostetaan altaasta pois. Levy pestään huuhtelualtaassa. Pesun saa päälle ”spray1”-näppäimestä. Levy on pesussa noin 1 minuutin. Odotellessa sekoitetaan seuraava pesuaine, ”Cleaner 210”.

Seuraavaksi levy lasketaan sinne noin 2 minuutiksi. Tässä altaassa levyä ei liikutella edestakaisin, joten ei tarvitse muuta kuin laskea levy altaaseen. Odotellessa sekoitetaan seuraava aine eli ”Activator 310”. Kun levy on ollut tarvittavan ajan pesuaineliemessä, se kuivataan kuumailmapuhaltimella.

Kuivauksen jälkeen levy lasketaan aktivaattoriin ja painetaan taas ”motor”-näppäimestä levyn liikuttelu päälle. Aktivaattorissa levy on noin 5 minuuttia. Levyn oltua aktivaattorissa tarvittava aika levyn liikuttelu pysäytetään ja levy nostetaan poista altaasta. Seuraava työvaihe on levyn ”käsittely”. Ensin pyyhitään lastalla ylimääräinen aine pois levyn pinnasta.

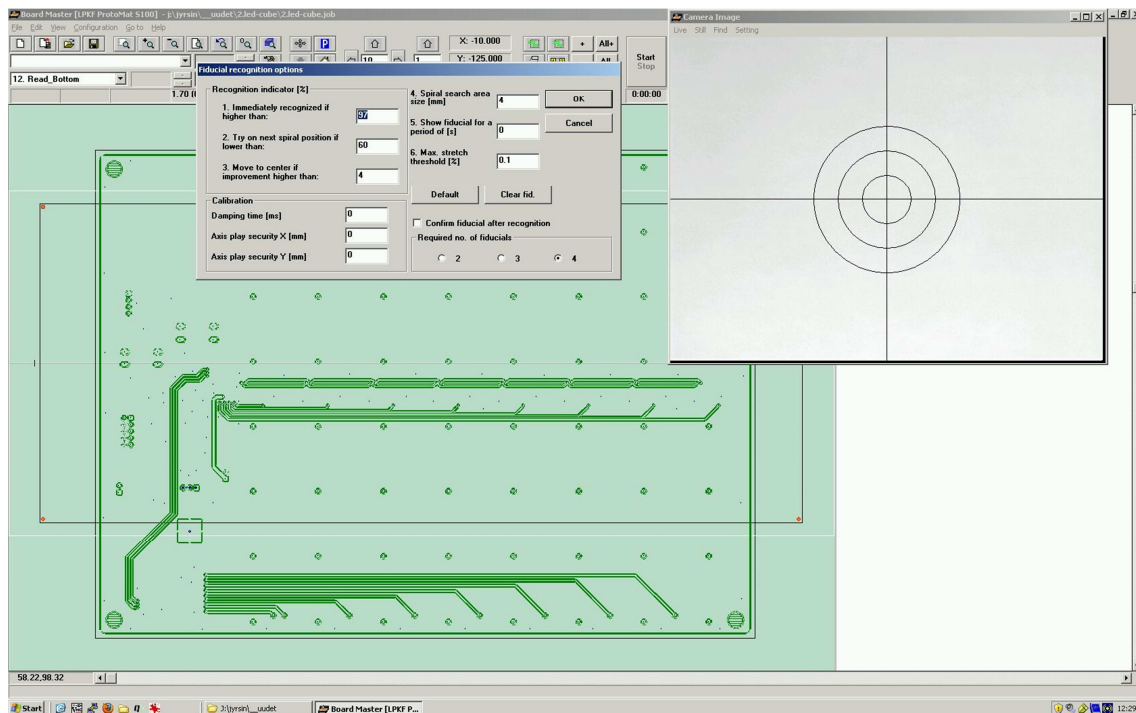


Sitten otetaan tislattua vettä paperiin ja pyyhitään levy sillä. Lopuksi levy kuivataan kuumailmapuhaltimella. Tässä on ideana se, että aktivaattoria on vain reikien sisäpinnalla, jotta niihin muodostuu kuparia happoliemessä. Sitten levyn annetaan hetki jäähtyä, sillä se ei saa olla yli 50 °C mennessään happoliemeen.

Seuraavaksi levy lasketaan happoliemeen. Lisätään "Shine 400" -kiillotusainetta ja lientä sekoitetaan. Jos happoaltaan liittimissä on hapettumia, niitä voidaan poistaa tarvittaessa esimerkiksi liikuttelemalla liittimiä vähän tongilla. Tämän jälkeen levy lasketaan happoliemeen, ja levyn pidiketelineeseen liitetään virtakaapeli, jota pitkin levyyn johdetaan sähköä. Sähköä johdetaan myös liemessä oleviin kupariharkkoihin. Aluksi virtaa laitetaan noin 6 ampeeria ja tätä arvoa nostetaan 8 ampeerin kun kuparia alkaa muodostua. Jännitteen pitäisi olla noin 0,5 voltia. Levy laitetaan taas liikkumaan edestakaisin. Happoliemessä levy on noin 2 tuntia. Levyn oltua hapossa tarvittu aika, levyn liikuttelu pysäytetään ja kaapeli irrotetaan. Seuraavaksi levy lasketaan pesualtaaseen ja painetaan "spray2"-näppäintä. Levyn annetaan olla altaassa noin 1 minuutti. Pesun jälkeen levy kuivataan kuumailmapuhaltimella. Nyt myös reikien sisäpinnalla on kuparia.

2.8 Jyrsintä

Läpikuparoinnin jälkeen jatketaan jyrsintää. Levy asetetaan jyrsimeen apuviivojen avulla. Sitten avataan BoardMaster ja avataan "File -> Open" ja valitaan käsiteltävä työtiedosto eli .JOB-tiedosto. Alasvetovalikosta vasemmalta ylhäältä valitaan "Read_Bottom", joka lukee paikkatiedon. Sitten valitaan kuvan 17 mukaisesti "Configuration -> Clear fid", joka poistaa vanhan paikkatiedon.

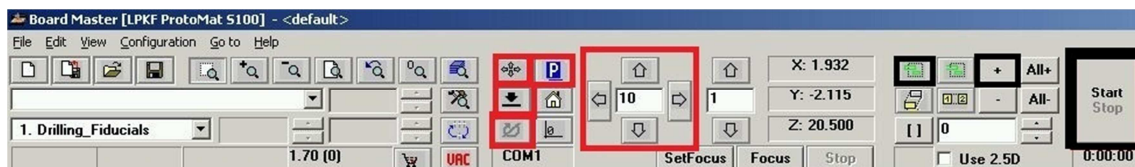


KUVA 17. Vanhan paikkatiedon poistaminen

Tämän jälkeen painetaan "OK", "All+" ja "Start". Nyt kamera etsii kohdistusreiät. Jos automaattinen paikannus ei onnistu, kamera pysähtyy ja käyttäjä voi manuaalisesti siirtää sen oikealle kohdalle painelemalla nuolia ruudulla olevasta ikkunasta. Arvo nuolien liikuttelussa on millimetrejä. Kun kohdistusreikä on paikannettu, painetaan "OK".

Seuraavaksi valitaan alavetovalikosta "Milling Bottom". Painetaan "All+" ja "Start". Jälleen jos makasiinissa ei ole oikeita teriä, ne vaihdetaan, kuten luvussa 2.6 on neuvottu. BoardMaster kysyy, halutaanko jyräisyvyys säätää. Valitaan "Yes". Sitten valitaan teräsiirtotyökalu (neljä nuolta) ja siirretään terä levyn ulkopuolelle lähelle jyräyttävää aluetta. Tämän jälkeen laitetaan terä pyörimään terän käynnistysnäppäimestä (pyöreä nuoli). Lopuksi terä laitetaan levyyn kiinni teränlaskunäppäimestä (nuoli alas).

Määritelty siirto näppäimestä valitaan esimerkiksi 10 mm ja painetaan ylöspäin osoittavaa nuolta, jolloin terä jyrsee aihioon 10 mm pitkän viivan. Kun viiva on jyrseetty, nostetaan terä ylös samasta näppäimestä, jolla se laskettiin alas. Sitten terä pysäytetään samalla näppäimellä, jolla se käynnistettiin. Tämän jälkeen painetaan "P"-näppäintä, jotta jyrsimen luukku voidaan avata. Kuvassa 18 on merkitty punaisella käytettävät näppäimet.



KUVA 18. Tarvittavat näppäimet

Avataan luukku ja tarkistetaan jyrityn uran leveys mitta-asteikolla varustetulla "luupilla" eli suurennuslasilla. Leveys tarkistetaan aina uran pohjalta. Jos syvyys ei ole oikea, terän korkeutta säädetään pyörittämällä säätörengasta. Yksi nak-sahdus tarkoittaa 4 mikrometriä. Säätörengas sijaitsee tallan yläpuolella moottorin alla. Kun syvyys on oikea, siirytään itse jyrsentään. Jos halutaan olla varma, että jyrsentä tapahtuu oikeaan kohtaan, voidaan jyrsettäväksi valita vain yksi pädi. Tämä tapahtuu valitsemalla BoardMasterissa haluttu pädi rajaustyökalulla ja painamalla sen jälkeen "+" ja "Start". Tarvittavat näppäimet on merkitty kuvaan 18 mustalla. Kun halutaan aloittaa lopullinen jyrsentä, painetaan vain "Start"-näppäintä. Jyrsinän alussa on hyvä tarkkailla, että jyrsentä tapahtuu oikeaan kohtaan ja kaikki vaikuttaa muutenkin normaalilta. Kun jyrsentä on valmis, BoardMaster kysyy pysäytetäänkö työ terän säätöä varten. Valitaan "Yes" ja toistetaan terän jyrsentäsyvyydensäätö kuten aikaisemminkin.



Tämän jälkeen painetaan "Start" ja jysintä jatkuu. Jysinnän jälkeen valitaan "P" ja tarkistetaan silmämääräisesti, että jysintä on onnistunut. Sitten käännetään levy. Levy täytyy kääntää aina x-akselin ympäri, jotta se tulisi oikein päin jysimeen. Seuraavana valitaan alavetovalikosta "Read_Top" ja toistetaan kaikki samat työvaiheet kuin "Read_Bottom"-vaiheessa. Valitaan vain kaikkiin "bottom"- kohtiin "top".

2.9 Juotteenestopinnoite

Jysinnän valmistuttua tarkistetaan silmämääräisesti, että se on onnistunut, ja hiotaan levyn pinta karhunkielellä. Sen jälkeen laitetaan lämmitysuuni lämpenemään 80 °C:seen. Odotellessa avataan CircuitMaster ja sieltä työtiedosto .cam. Painetaan "View -> Layers" ja poistetaan näkyvistä muut kerrokset paitsi maskit. Ensin otetaan vain alapuolen maski näkyviin ja avataan "File -> Print + Preview -> Print". Sama toistetaan yläpuolelle. Tulostus tapahtuu normaalille piirtoheitinkalvolle.

Seuraavaksi sekoitetaan väriainepussin ja kovetinpussin sisällöt keskenään. Tällä seoksella maalataan koko levy käyttäen telaa. Pyritään siihen, että maalia ei menisi levyssä oleviin reikiin. Kun levy on maalattu, se laitetaan 80 °C:seen uuniin kymmeneksi minuutiksi. Levyn oltua uunissa tarvittava aika, sen annetaan jäähtyä hetki. Odotellessa käytetään UV-valotuslaitetta 70 sekuntia päällä, jotta saadaan sen lamput lämpenemään. Sen jälkeen levyn päälle laitetaan tulostettu kalvo ja levy asetetaan UV-valotuslaitteeseen 70 sekunniksi. Sama toimenpide toistetaan levyn molemmille puolille.



Valotuksen jälkeen sekoitetaan vettä 1 litra sekä pussi "Developer"-ainetta laakeaan astiaan, johon levy lasketaan apukoukkujen avulla. Levy pestään tässä liuoksessa pensselin avulla. Tarkoitus on pestä juotteenestopinnoite pois niiltä alueilta, jossa sitä ei pidä olla, esimerkiksi pädien päältä. Pesun jälkeen levy huuhdellaan viileällä vedellä. Seuraavaksi lämmitysuuni laitetaan lämpenemään 160 °C:seen. Uunin lämmentyä levy laitetaan sinne 30 minuutiksi.

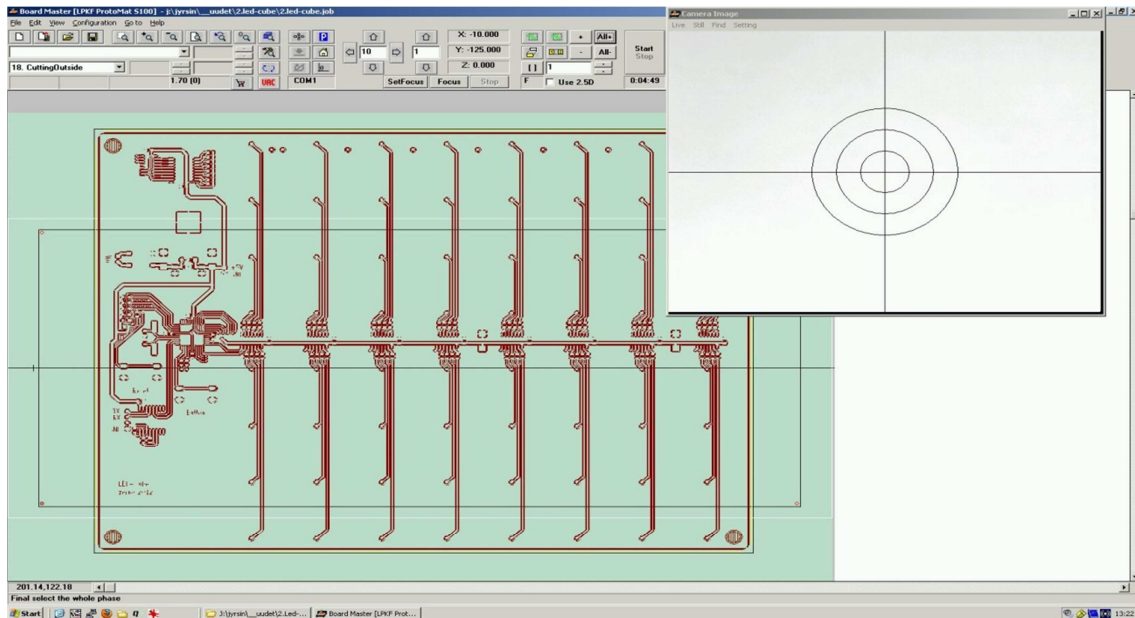
Odotellessa pestään käytetyt pensselit ja astiat. Käytetty liuos pitää neutralisoida ennen sen kaatamista viemäriin. Neutralisointi tapahtuu sekoittamalla liuokseen viisi litraa vettä sekä seitsemän grammaa "Conditioner"-ainetta. Levyn oltua lämmitysuunissa tarvittu aika, niin sen annetaan jäähtyä. Kun levy on jäähtynyt, sen pintaan ruiskutetaan "Cleaner"-ainetta ja harjataan se pensselillä. Tällä poistetaan hapettumat levyn pinnasta. Lopuksi levy huuhdellaan vedellä ja kuivataan kuumailmapuhaltimella.

2.10 Levyn irrotus aihioista

Viimeisenä työvaiheena on levyn irrotus aihioista. Avataan BoardMaster ja asetetaan levy jrsimeen yläpuoli ylöspäin. Avataan BoardMasterilla .JOB-työtiedosto. Valitaan alasetoalistosta "Read_Top" ja toistetaan samat työvaiheet paikan luvusta kuin aikaisemminkin. Seuraavaksi valitaan alasetoalistosta "Cutting outside" ja painetaan "All+" sekä "Start". Näin jrsin leikkaa levyn aihioista irti jättäen aikaisemmin valitut kulmakohdat leikkaamatta. Tämä työvaihe näkyy kuvassa 19. Kun leikkaus on valmis, otetaan aihio pois jrsimestä ja pyöräytetään levy siitä irti. Lopuksi hiotaan terävät kulmat viilalla. Näin piirilevy on valmis.

Piirilevyn valmistus -työohje

LIITE 1/24



KUVA 19. Levyn irrotus aiheista



PIIRILEVYN VALMISTUS

Oskari Ranta 2012

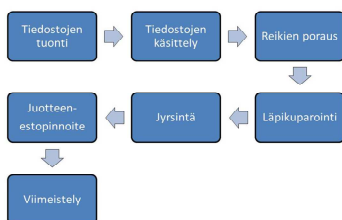
Tietotekniikan osasto

Johdanto

Oulun seudun ammattikorkeakoulussa on mahdollista valmistaa useamman kerroksen piirilevyjä asiakkaiden tilauksesta. Piirilevyt valmistetaan jyrsimällä. Tässä työssä esitellään kaksikerrospiirilevyn valmistus.

Työvaiheet

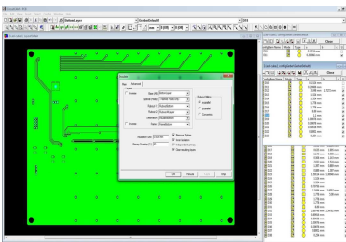
Kaksikerrospiirilevyn valmistukseen sisältyy useita eri työvaiheita. Valmistuksessa käytetään apuna Windows-ohjelmia CircuitCam ja Boardmaster. Muita välineitä ovat LPKF ProtoMat S100 -jyrsin, LPKF Contact -läpikuparointilaitte, lämmitysruuni sekä LPKF:n UV-valotuslaite.



KAAVIO 1. Työvaiheet

CircuitCam

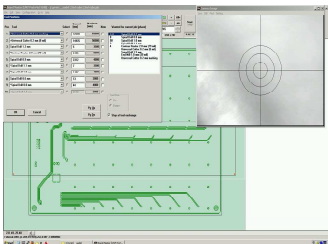
CircuitCam ohjelmistolla avataan asiakkaalta saadut tiedostot. Näiden tiedostojen pohjalta luodaan jyrsimelle tarkoitettu tiedosto, josta käy ilmi, mitä jyrsitään ja eri terät, millä jyrsitään.



KUVA 1. CircuitCam

BoardMaster

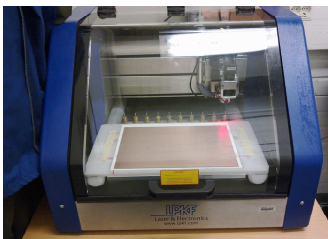
CircuitCamilla luotu tiedosto avataan BoardMasterissa. Jyrsimä ohjataan BoardMasterin kautta.



KUVA 2. BoardMaster

Jyrsin

Jyrsimenä toimii LPKF ProMat S100. Laitteessa on kymmen terän makasiini, joka vähentää terien vaihtelimen tarvetta kesken työn. Jyrsin käyttää paineilmatallaa, jolla varmistetaan se, että levyyn ei koske mikään muu, kuin ainoastaan jyrsimen terä.



KUVA 3. Jyrsin

Läpikuparointi

Läpikuparointi suoritetaan sen jälkeen kun levyyn on porattu kaikki läpi menevät reiät. Läpikuparointiin käytetään LPKF Contact -läpikuparointilaitetta. Kuparointi tapahtuu sähkövirran avulla happoliemessä.

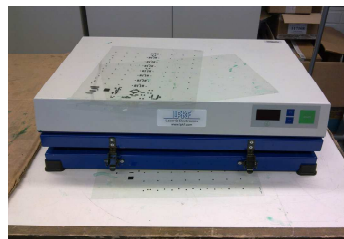


KUVA 4. Läpikuparointilaitte

Läpikuparoinnin jälkeen levy jyrsitään valmiiksi.

Juotteenestopinnoite

Juotteenestopinnoite levitetään piirilevyn pintaan telalla. Sen jälkeen levy lämmitetään uunissa. Lämmityksen jälkeen juotteenestopinnoite kovetetaan UV-valotuslaitteessa.

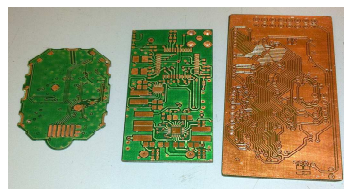


KUVA 5. UV-valotuslaite

Valotuksen jälkeen levy pestään ja lämmitetään vielä lämmitysruunissa.

Viimeistely

Lopuksi piirilevy irrotetaan aihioista jyrsimellä. Sen jälkeen viilataan käsin terävät reunat pois levyistä.



KUVA 6. Valmiita piirilevyjä



MANUFACTURING OF CIRCUIT BOARDS

Oskari Ranta 2012

Tietotekniikan osasto

Introduction

Oulu University of Applied Sciences manufactures multi layer circuit boards. The circuit boards are manufactured by milling. In this work the manufacturing process of a double layer circuit board is presented.

Stages

The manufacturing process of a multi layer circuit board has multiple stages. The Windows programs called CircuitCam and BoardMaster are used in the manufacturing. The other tools are LPKF ProtoMat S100 milling machine, LPKF Contact coppering machine, heating oven and UV-exposing machine.

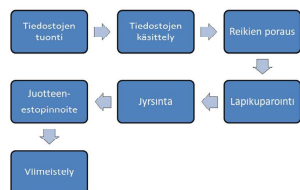


FIGURE 1. Stages

CircuitCam

The work files of the customer are opened in CircuitCam. Based on those files a new file which is used in the milling can be created. That file contains information about how to mill and what blades to use.

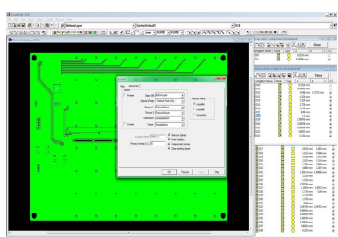


FIGURE 2. CircuitCam

BoardMaster

The file created in CircuitCam can be opened with BoardMaster. The milling machine is controlled by BoardMaster.

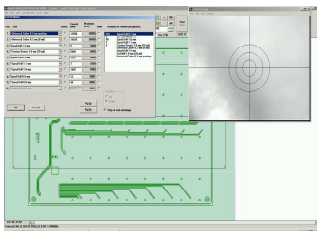


FIGURE 3. BoardMaster

Milling

The milling machine is LPKF ProMat s100. The machine has a magazine for ten blades. This reduces the necessity to change blades during the process. There is also a compressed air nut which assures that nothing else but the milling blade touches the circuit board.

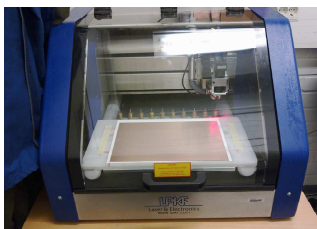


FIGURE 4. Milling machine

Through hole plating

Through hole plating is performed after all holes have been drilled to the circuit board. The through hole plating machine is LPKF ContactT which creates copper using an electric current in acid liquid.



FIGURE 5. Through hole plating machine

Milling is finished after through hole plating.

Solder mask

The solder mask is spread on the circuit board using a roller. After that the circuit board is heated in an oven. After the heating the solder mask is hardened in an UV-exposing machine.



FIGURE 6. UV-exposing machine

After the exposing the circuit board is cleaned and heated in the oven again.

Finishing

At the end of the manufacturing process the circuit board is detached from the blank. Finally the sharp edges are filed manually.

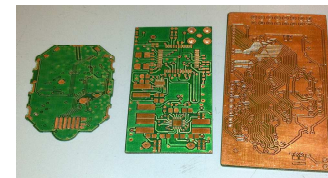


FIGURE 7. Circuit boards