



Nadir Ramadan

ALD-pinnoituslaitteen suojamaadoitusten suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

7.2.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Nadir Ramadan
Otsikko: ALD-pinnoituslaitteen suojamaadoitusten suunnittelu
Sivumäärä: 26 sivua
Aika: 7.2.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine: Automaatiotekniikka
Ohjaajat: Ohjaaja Kai Virta
Yritysvastaava Juha Manninen

Insinööriyön toimeksiantaja oli Picosun Oy. Tämän insinööriyön tavoitteena oli tutkia Picosun Morpher ALD -pinnoituslaitteen suojamaadoitusten ongelmakohdat ja suunnitella uusi, yksinkertaisempi tapa suojamaadoittaa laite.

Insinööriyö toteutettiin tekijän aikaisempaa kokemusta, eri kirjoja sekä standardeja ja lähteitä käyttäen. Projektin alussa täytyi käydä läpi suojamaadoitusten ongelmakohdat katsomalla sähköpiirustuksia läpi ja vertaamalla niitä tuotannon tiloissa oleviin laitteisiin. Tämän jälkeen kehitetään uusi tapa suojamaadoittaa laitteet. Sähköpiirustukset täytyi uusiksi. Uusia sähköpiirustuksia täytyi kokeilla käytännössä asentamalla maadoitukset niiden mukaan tuotannon tiloissa olevaan laitteeseen.

Työn tuloksena saatiin yrityksen käyttöön kehittyneempi tapa suojamaadoittaa Picosun Morpher ALD -pinnoituslaite. Jatkossa kaikki laitteet maadoitetaan aina samalla tavalla uusien sähköpiirustusten mukaisesti.

Abstract

Author: Nadir Ramadan
Title: Protective grounding for ALD-nanocoating machine
Number of Pages: 26 pages
Date: 7 February 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and automation engineering
Professional Major: Automation Engineer
Supervisors: Kai Virta, Senior Lecturer
Juha Manninen, System Engineer

This Bachelor's thesis work was carried out for Picosun Oy. The main purpose of this thesis work was to investigate the problems of Picosun Morpher ALD-coating tool's grounding system and design a new, simpler way to ground the tool.

This thesis is based on my own experience in working with these tools, on electrical literature and standards, and various other sources. At the beginning of the project, the problem areas of the old grounding system were examined by surveying the electrical drawings and comparing them to the ALD-coating tool's groundings in the production facilities. After that, planning the new method for Picosun Morpher ALD-coating tool's protective grounding was started. The electrical drawings had to be renewed and had to be tested in practice by installing groundings in the tool in the production facilities.

As a result of the work, the company can use a more advanced method of protective grounding of Picosun Morpher ALD-coating tool. In the future all tools will always be grounded in the same way according to the new electrical drawings.

Keywords: ALD-nanocoating machine, protective grounding

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	ALD-pinnoitus	1
2.1	Periaate	1
2.2	Historia	2
2.3	Prosessi	3
2.4	Käyttökohteita	5
3	Suojamaadoitus	6
3.1	Suojamaadoituksen perusteet	6
3.2	Maadoitusjärjestelmän rakenne	7
3.3	Toimintaperiaate	8
3.4	Suojajohtimen jatkuvuuden mittaus	9
3.5	Suojamaadoitusten kytkentä kiinteistöön	10
4	Picosun Morpher	12
4.1	Picosun Morpher laitteen osat	13
4.2	Maadoitukset laitteessa	17
5	Työn kulku	17
5.1	Työssä tarvittavat välineet	17
5.2	Lähtötilanne	18
5.3	Kehitysideat maadoituksille	19
5.4	Sähköpiirustuksien uudistaminen	21
5.5	Suojamaajohtimien asennukset ja jatkuvuus mittaukset laitteelle	22
6	Yhteenveto	24
	Lähteet	25

Lyhenteet

ALD: Atomic Layer Deposition. Atomikerroskasvatus, ohutkalvopinnoitusmenetelmä.

PE: Protective Earth. Suojamaadoitus.

PE-johdin: Suojamaajohdin.

PEN-johdin: Suojamaa- ja nollajohdin yhdistettynä.

SECS/GEM: Rajapintaprotokolla laitteiden välistä dataviestintää varten.

1 Johdanto

Tämän Insinööriyön tarkoituksena on suunnitella uusi ja parempi tapa suojamaadoittaa Picosun Morpher ALD -pinnoituslaite. Työ tehtiin Picosun Oy:lle. Picosun Oy tarvitsee tämän työn tulosta turvallisempaan työskentelyyn ja jotta maadoitukset tehtäisiin aina samalla tavalla.

Picosun Oy on ALD-pinnoituslaitteiden valmistaja. Se on maailmanlaajuinen yritys, jolla on pitkä kokemus ALD-pinnoituslaitteiden valmistuksessa. Yrityksen tuotantotilat ja pääkonttori sijaitsevat Kirkkonummella. Picosun Oy:llä on myös tytäryhtiöitä Yhdysvalloissa, Kiinassa, Japanissa, Singaporessa, Saksassa, Etelä-Koreassa ja Taiwanissa sekä myynti- ja huoltopuolen työntekijöitä yli 30 maassa. [1.]

2 ALD-pinnoitus

2.1 Periaate

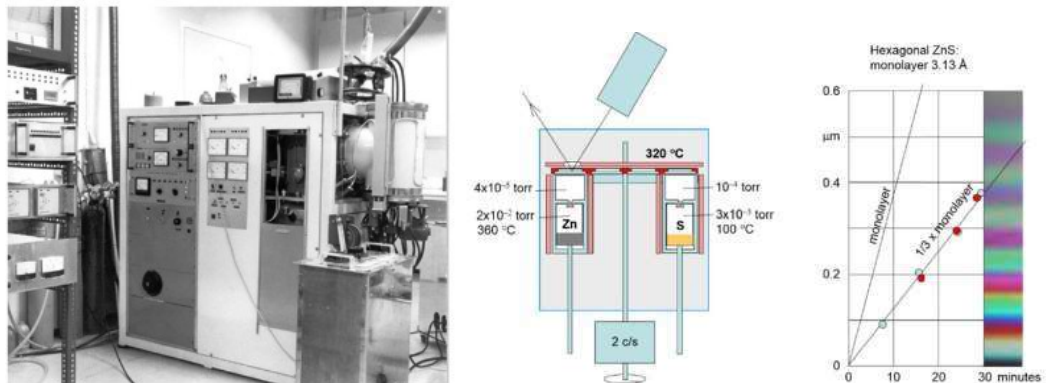
Atomikerroskasvatus (Atomic Layer Deposition, ALD) on ohutkalvopinnoitusta kaasujen välisten kemiallisten reaktioiden apua käyttäen. Sillä saadaan valmistettua todella ohutta, tasaista sekä yhtenäistä pinnoituskalvoa, joka soveltuu monimutkaisillekin muodoille. Kaasujen väliset kemialliset reaktiot mahdollistavat kalvon luomisen nanometrin tarkkuudella.

Heikkouksiakin ALD-menetelmältä löytyy, kuten rajoitettu materiaali, prosessien hitaus ja suurten valmistuserien skaalaus. ALD-pinnoituksella valmistetut kalvot ovat hyvin sileitä, tasaisia ja alkuperäistä pintaa myötäileviä, mutta kiteisyyden takia pinta voi tulla karheammaksi. Kiteisyyteen vaikuttavat alusta, materiaali, kasvatusolosuhteet sekä kineettiset tai termodynaamiset tekijät. [1; 2.]

2.2 Historia

ALD-pinnoitus kehitettiin 1970-luvulla suomalaisen keksijän Tuomo Suuntolan toimesta. Aikaisemmin ALD-pinnoitus tunnettiin nimellä ALE (Atomic Layer Epitaxy). Myös Neuvostoliitossa vuonna 1960 kehitettiin ALD-pinnoitusmenetelmää, mutta nämä kaksi keksintöä ovat toisistaan riippumattomat. Tuomo Suuntola kehitti tämän pinnoitusmenetelmän alun perin EL (elektroluminesenssi) ohutpaneelinäyttöjen valmistuksen yhteydessä, kun hän työskenteli Instrumentarium Oy:lle. [3, s. 332.]

Ensimmäinen ALD-pinnoituslaite ja ensimmäiset laitteen kokeilut toteutettiin vuonna 1974. Kokeilut onnistuivat, mutta eivät täysin halutulla tavalla. Yhden molekyylikerroksen sijaan saatiin vain yksi kolmasosa molekyylikerrosta kierrosta kohti. Kesti jonkin aikaa, kunnes saavutettiin halutut tulokset. ALE-keksintö patentoitiin kansanvälisellä patentilla 29.11.1974. [3, s. 335.]



Kuva 1 Ensimmäinen ALE-reaktori (Suuntolan kokoelmasta).



Kuva 2 Ensimmäinen ALD-EL-näyttö asennettiin Helsinki-Vantaan lentoasemalle lähtevien lentojen osastolle vuonna 1983. [3, s. 337.]

2.3 Prosessi

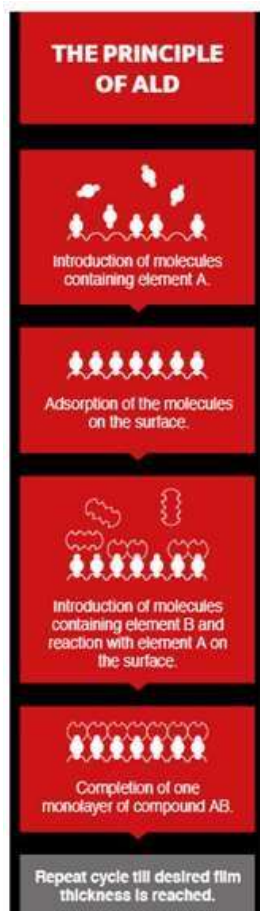
ALD-prosessissa tarvitaan seuraavia elementtejä:

- Reaktiokammio, jonka pystyy lämmittämään oikeisiin lämpötiloihin eri prosesseja varten.
- Lähdeaineita, sekä massavirtasäätimiä ja annosteluventtiilejä, näitä käytetään syöttämään oikea määrä lähdeainetta prosessin aikana.
- Kemikaaliastian, jonka mukana on jälkipoltin, joka imee ilmaa aiheuttaen reaktion yhdessä kemikaalien kanssa. Näiden tekemä lopputuote jää talteen kemikaaliastiaan.

- Vakuumpumpulla saadaan reaktiokammio mahdollisimman lähelle tyhjiön painetta.

ALD-prosessia suorittaessa lähdeaineet syötetään pulssimaisesti pinnoitettavalle materiaalille yksi kemikaali kerrallaan. Materiaali kyllästetään lähdeaineella, jolloin pinnoitettavana oleva pinta reagoi käytössä olevien lähdeaineiden kanssa. Pinnoituksesta huuhdellaan ylijäämälähdeaine tai mahdolliset reaktion takia syntyneet sivutuotteet pois kaasulla, joka ei aiheuta reaktiota lähdeaineiden kanssa. Useimmiten tässä käytetään apuna typpeä.

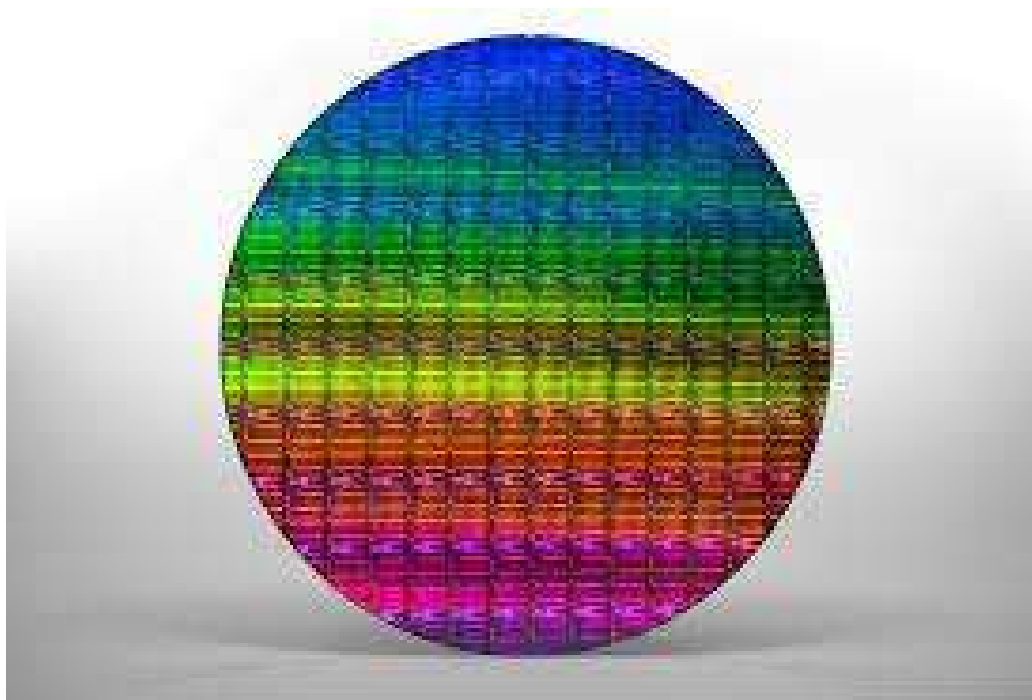
Tämän jälkeen ensimmäisellä lähdeaineella kyllästettyyn pintaan syötetään toinen lähdeaine, joka aiheuttaa reaktion tämän kanssa. Lopuksi huuhdellaan ylijäämämolekyylit pois ja syötetään uusi lähdeaine pinnalle tai käytetään samaa kuin alussa. Tämä jatkuu niin kauan, kunnes haluttu kalvonpaksuus on saavutettu. [4.]



Kuva 3 ALD-pinnoitusprosessi. [5.]

2.4 Käyttökohteita

ALD-menetelmän avulla syntyviä ohutkalvoja käytetään eniten eri elektroniikan komponenteissa, sensoreissa, näytöissä ja ledeissä, korujen valmistuksessa, mutta nykyään sitä käytetään myös lääketieteessä esimerkiksi erilaisissa implanteissa. Tämä on kuitenkin vielä uusi kohde. ALD-ohutkalvoja käytetään myös uusiutuvan energian sovelluksissa kuten aurinkoenergiassa. [2.]



Kuva 4 Valmis ALD-pinnoitettu piikiekko, jota käytetään elektroniikan komponenttien valmistuksessa.

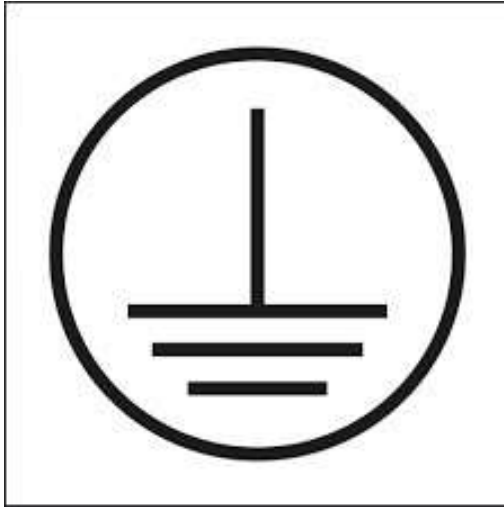
3 Suojamaadoitus

3.1 Suojamaadoituksen perusteet

Suojamaadoitus (PE) tarkoittaa sähköisen laitteen, osan tai esineen liittämistä maahan johtimella, jotta laitteen ja johtimen potentiaalit ovat yhtä suuret maan sähkökentän potentiaalin kanssa. Tämän avulla suojaudutaan sähköiskuilta tai muilta sähköön liittyviltä häiriöiltä. Suojamaajohdin on ulkonäöltään keltavihreä.

[6, s. 270.]

Suojamaajohdin voi olla osana syöttökaapelia, tai erikseen omana johtimena. Esimerkiksi Picosun Morpher ALD -pinnoituslaitteen sisäiset maadoitukset on tehty erillisellä suojajohtimella.



Kuva 5 Suojamaadoituksen (PE) merkintä, joka löytyy muun muassa sähkölaitteista ja sähkökuvista.

3.2 Maadoitusjärjestelmän rakenne

Maadoitusjärjestelmiä on erilaisia. Niiden rakenteen valitsemiseen vaikuttavat eri tilanteet tai asiat kuten esimerkiksi.

- sähköjärjestelmän maadoitustapa (TN-, TT-, tai IT-järjestelmä)
- turvallisuusvaatimukset (syötön automaattisen poiskytkennän toiminta sekä potentiaalın tasaus)
- maadoitettavan rakennuksen käyttötarkoitus ja käytettävien laitteiden vaatimukset.
- mahdolliset järjestelmät, joita rakennus vaatii, esim. erilaisten telejärjestelmien, ukkossuojauksen ja suurjännitejärjestelmien maadoitukset.
- maadoitettavan kohteen rakenne kuten, johtava runkorakenne tai erilaiset ilmastointijärjestelmät yms.
- maadoituksista aiheutuvat välittömät ja välilliset kustannukset rakentamisvaiheessa ja rakennuksen käytön aikana. [7, s. 31.]

Nämä asiat vaikuttavat maadoitusjärjestelmän rakenteen suunnitteluun, joten olemassa ei ole mitään patenttiratkaisuja, jotka sopivat joka tilanteessa, vaan rakenteiden valitseminen vaatii aina perustietoja ja tapauskohtaista harkintaa. Malliratkaisujen vääränlainen käyttö voi johtaa joko liian kalliiseen tai huonosti toimivaan ratkaisuun. Varsinkin rakennuksen käytönaikaiset kustannukset otetaan monesti huonosti huomioon.

Rakennuksen käyttötarkoitus voi muuttua sen eliniän aikana. Rakennukseen liittyvät tekniset järjestelmät muuttuvat, ja sen takia koko rakennuksessa tulisi ottaa huomioon tämä muutostarve ja tehdä rakennus joustavaksi. Muutama vuosikymmen sitten ei esimerkiksi osattu varautua tulevaan eli nykyisin käytössä oleviin tietotekniikan järjestelmiin.

Myös maadoitusjärjestelmien vaatimukset voivat muuttua, ja nekin tulisi rakentaa mahdollisimman joustaviksi. Eräitä asennuksia, kuten maadoituselektrodeja ja liityntöjä betonin sisään jääviin teräsrakenteisiin, on hankala tehdä jälkikäteen. Tämän takia näihin pitäisi kiinnittää erityisesti huomiota jo rakennusvaiheessa. Useimmiten ei kuitenkaan ole järkevää varautua sellaiseen uuteen järjestelmään, jonka rakenteesta ei vielä ole varmuutta. Tärkeintä on se, että muutoksia on mahdollista tehdä helposti myöhemmin tarvittaessa. Rakennuksen sisälle on tärkeää varata maadoitusjärjestelmille ja muillekin johtojärjestelmille riittävät ja muokattavissa olevat johtoreitit. [7, s. 32.]

3.3 Toimintaperiaate

Kun sähkölaitteissa tapahtuu eristysvika, jolloin sen peruseristykset pettävät ja jännitettä pääsee laitteen runkoon, laitteen kosketeltaviin osiin kulkeutuu vaarallista jännitettä.

Laitteen runko on yhteydessä suojamaadoitusjohtimen (PE) ja yhdistetyn suojamaadoitus- ja nollajohtimen (N) eli PEN-johtimen kautta muuntajan tähtipisteeseen ja sitä kautta maahan. Koska yhdistys on tähtipisteeseen asti, aiheuttaa vika oikosulun ja suuren virran kulun vaihejohtimessa ja suojamaadoitusjohtimessa. Vaihejohtimessa virta kulkee katkaisijan tai sulakkeen kautta, ja katkaisija tai sulake katkaisee virran.

Suojalaitteet kuten esimerkiksi katkaisijat tai sulakkeet ja virtaa johtavat johtimet tulisi valita niin, että suojalaitteet toimivat mahdollisimman nopeasti, ettei vikatilanteessa laitteeseen koskevaan henkilöön kohdistu vaarallisen suuruista jännettä. Katkaisijat ja sulakkeet toimivat niiden läpi kulkevan virran mukaan. Jos virtaa tulee liikaa, eli jos esimerkiksi kaksi vaihejohtinta yhdistyvät, niin katkaisija tai sulake toimii heti, se suojaa sähköiskulta, ja näin myöskään laite ei vaurioidu. [8.]



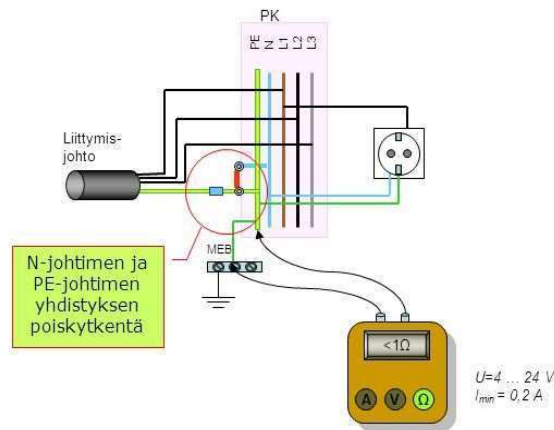
Kuva 6 Maahan johtavaan tankoon liitetty maadoitusjohto.

3.4 Suojajohtimen jatkuvuuden mittaus

Kun ollaan ottamassa käyttöön uutta suojamaadoitusta, täytyy mitata suojajohtimen jatkuvuus. Tällä varmistetaan, että suojajohdin piirit ovat koko matkaltaan jatkuvia, eli tarvittavat liitokset on tehty kunnolla. Suojajohtimen jatkuvuus mitataan digitaalisella yleismittarilla. Aluksi piirin täytyy olla jännitteetön, jonka jälkeen voi aloittaa mittauksen. [9, s. 350.]

Suojajohtimien jatkuvuus

Maadoitusjohdin (PE-kisko – maadoituskisko)

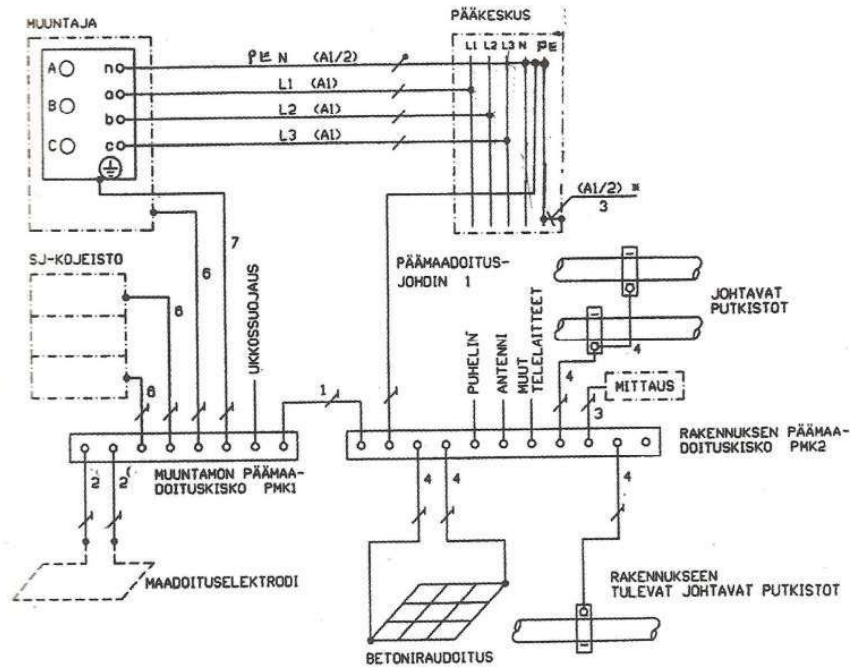


Kuva 7 Suojajohtimen jatkuvuuden mittaaminen

3.5 Suojamaadoitusten kytkentä kiinteistöön

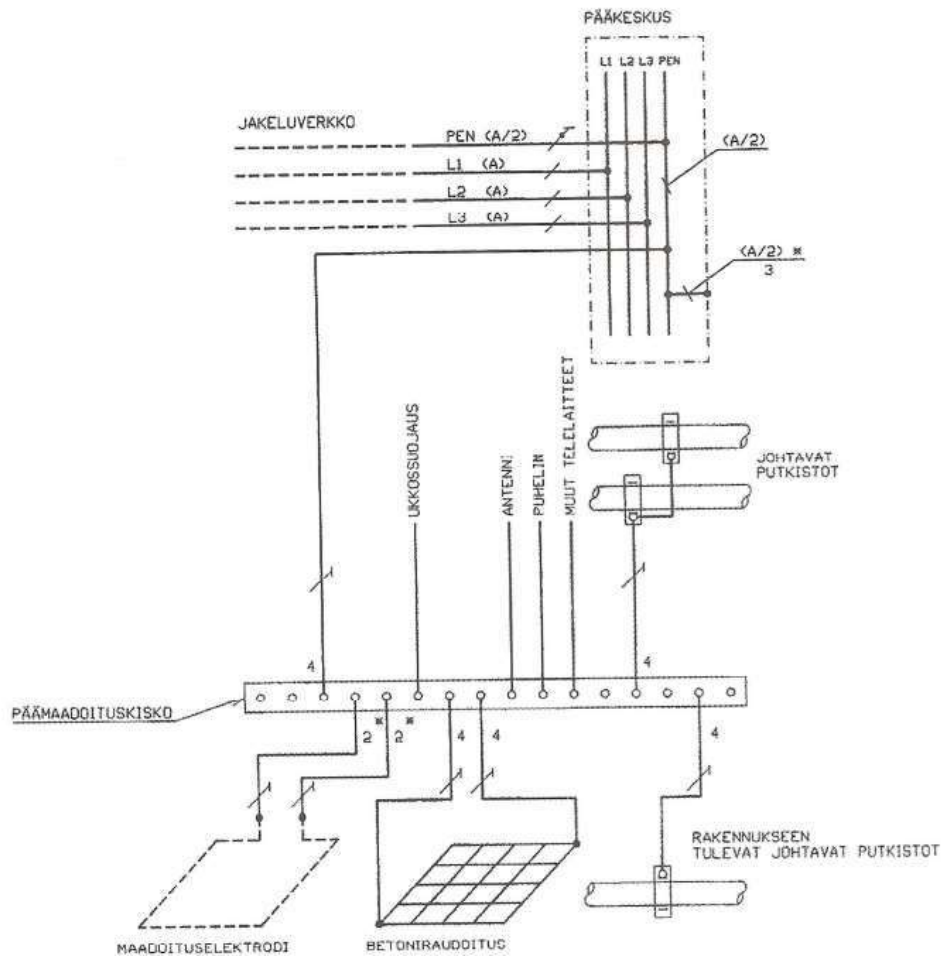
Maadoitusten kytkemiseen on monta eri tapaa. Pääasia ja tarkoitus on, että kytkennöistä löytyy suojauskeinojen toiminnan kannalta tarpeelliset yhteydet ja ne on mitoitettu kestämään niissä eri tilanteissa kulkevat virrat. Seuraavana on kaksi esimerkkiä maadoitusten kytkennöistä.

Esimerkkikuvassa 1 muuntajalta tuodaan viisikiskoiselle pääkeskukselle neljä johdinta: vaihejohtimet ja PEN-johdin, jonka täytyy olla mitoitettu ja eristetty kuten nollajohdin. Periaatteessa PEN-johdin kytketään keskuksen suojakiskoon, mutta lähellä yhdistyskohtaa tehdään myös yhdistäminen nollakiskoon ja maadoituselektrodiin. Käytännössä yhdistäminen pääkeskuksessa tehdään helpoimmalla tavalla. Tarkoituksena on saattaa PEN-, PE- ja nollajohtimet samaan maadoituskiskon potentiaaliin, ja se voidaan tehdä järkevimmällä tavalla, kun otetaan huomioon myös mittauksia varten tarpeellinen nolla- ja suojapiirin erottaminen. [7, s. 41-42.]



Kuva 8 Esimerkkikuva 1 asennuksesta, johon liittyy muuntamo TN-C-S-järjestelmässä.
[7, s. 46.]

Esimerkkikuvassa 2 syöttöjohdossa on käytetty PEN-johdinta ja pääkeskus on nelikiskoinen, PEN-kiskolla varustettu. Tällaista järjestelyä tulee käyttää vanhojen asennusten muutostöissä ja esimerkiksi silloin, kun liittymässä on rakennusten ulkopuolisia verkkoja tai käyttöön jää vanhoja PEN-johtimella varustettuja johtoja. Tuleva PEN-johdin kytketään PEN-kiskoon, samoin kuin lähtevät PEN-, nolla- ja suojavaadoitusjohtimet. Jokaista johdinta varten tulee olla oma liitin.
[7, s. 46.]



Kuva 9 Esimerkkikuvan 2 syöttöjohdossa on käytetty PEN-johdinta ja pääkeskus on nelikiskoinen, PEN-kiskolla varustettu. [7, s. 43.]

4 Picosun Morpher

Picosun Morpher on ALD-pinnoituslaite, joka on suunniteltu toimimaan jopa 200 mm:n kiekkoteollisuudessa. Se mahdollistaa nopean, täysautomaattisen ja tehokkaan MEMS-antureiden, LED:ien, lasereiden, tehoelektroniikan, optiikan ja 5G-komponenttien tuotannon johtavalla prosessilaadulla, luotettavuudella ja toiminnallisella ketteryydellä. ALD-prosessien lämpötila Picosun Morpher -mallilla on 50-300°C. [10.]



Kuva 10 Picosun Morpher ALD -pinnoituslaite [10]

Morpher mukautuu toimialojen eri tarpeisiin ja asiakkaiden vaatimuksiin kaikilla liiketoiminta-alueilla yritysten tutkimus- ja tuotekehityksestä tuotantoon ja valimovalmistukseen. Johtava monipuolisuus substraattimateriaaleissa, substraatissa ja eräkoossa sekä laaja prosessivalikoima tekevät Morpherista todella monipuolisen laitteen.

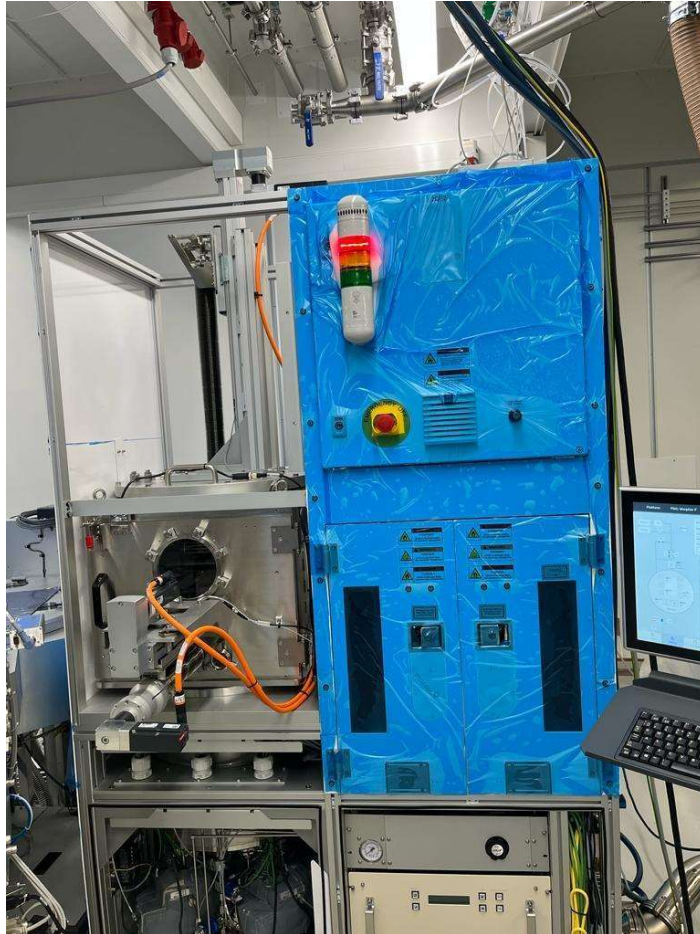
Picosun Morpher ALD -järjestelmä voidaan integroida tehdasautomaatioon SECS/GEM-protokollan avulla, ja huippuluokan ohjelmisto tarjoaa järjestelmän helpon, turvallisen ja vikasietoisen käytön intuitiivisen ja virtaviivaisen graafisen käyttöliittymän avulla. Kompakti, ergonominen muotoilu sekä helppo ja nopea huolto takaavat minimaaliset järjestelmän seisokit ja markkinoiden alhaisimmat omistuskustannukset. [10.]

4.1 Picosun Morpher -laitteen osat

Picosun Morpher ALD -pinnoituslaite koostuu reaktiokammioista, sähköisestä nostimesta, CP0-, CP1-, ja CP2 -sähkökaapeista ja niiden alla olevista lukuisista komponenteista, joiden avulla prosessit toimivat. Lisäksi laitteessa on eri antureita,

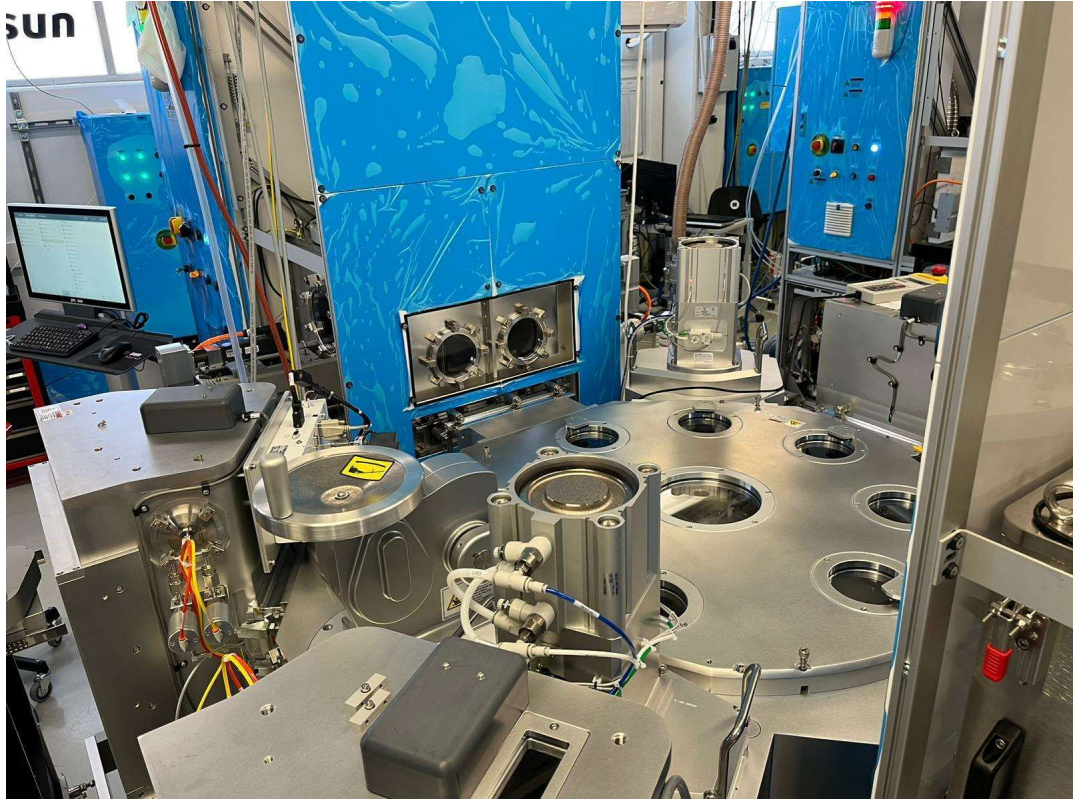
joilla mitataan prosessiin kuuluvia kaasuja, lämpötiloja, korkeuksia yms.

Tuotannontiloissa Morpherin pinnat on suojattu sinisillä muoveilla, jotta välttyttäisiin naarmuilta ja muilta jäljiltä. Tuotannon tiloissa työskennellessä käytetään myös puhdistilavaatetusta sekä suojausta kuten kumihanskat, puhdistilakengät ja suojapähline.



Kuva 11 Morpherin ulkonäkö tuotannontiloissa

Morpheria myydään suurimmaksi osaksi yhdistettynä Brooks -merkkiseen robottiin. Robotin molemmin puolin on yksi Morpher-laite, joka pinnoittaa robotin syöttämiä tuotteita laitteen reaktiokammiossa kemiallisten reaktioiden avulla. Robotti liitetään Morpher-laitteeseen kiinnittämällä porttiventtiilit yhteen. Ne sijaitsevat sekä robotin että Morpherin sivuissa. Porttiventtiilit kiinnitetään yhteen liittimillä, jotka kiristävät porttiventtiilit yhteen. Näitä liittimiä kutsutaan kynsiliittimiksi.



Kuva 12 Brooks-robotti yhdistettynä Picosun Morpher ALD -pinnoituslaitteeseen yrityksen tuotantotiloissa.

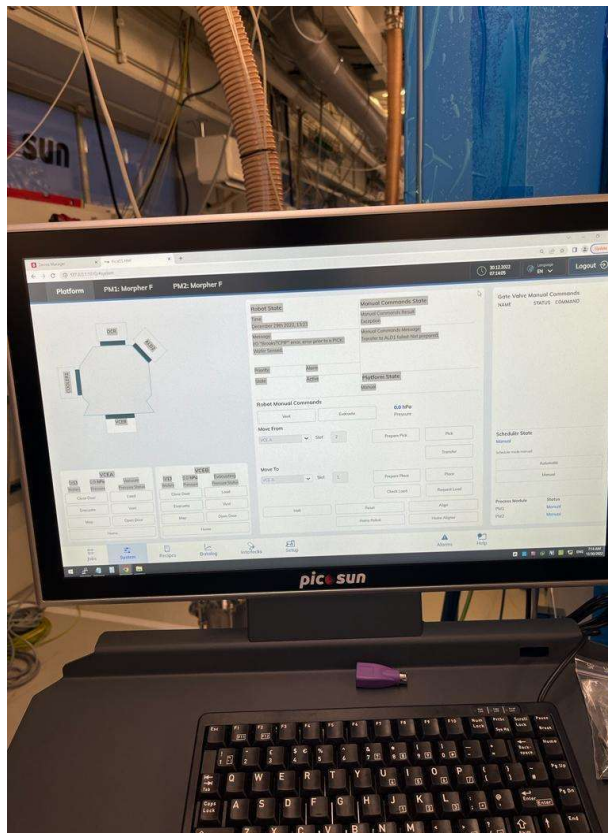
4.2 PICOSUN® PicoOS™ -käyttäjärjestelmä

PicoOS™ on Picosunin oma käyttäjärjestelmä ja prosessinohjausohjelmisto, joka on suunniteltu Picosunin ALD-pinnoituslaitteiden ohjaukseen. Sen on kehittänyt Picosunin oma ohjelmistotiimi. Jokaiseen laitteeseen kuuluu aina oma näyttö, joka sisältää ohjelman, jolla laitetta käytetään.

PicoOS™ ominaisuuksiin kuuluu.

- vapaasti konfiguroitava ja skaalattava editori ALD-prosessiresepteille
- reseptejä voidaan muokata/luoda milloin tahansa laitteen käytön aikana
- automaattinen alustan käsittely ja käsittely

- täydellinen hälytys- ja tapahtumaloki yhdellä yhteisellä tapahtumalokilla koko alustalle
- turvalogiikka, turvainstrumentit ja lukitukset turvallista käyttöä varten
- SECS/GEM-tuki
- EtherCAT-pohjainen viestintä massavirta antureille ja ohjaimille
- laaja valikoima isäntäyhteyksiä mm. OPC-UA (ei rajoitettu SECS-GEM:iin)
- suunniteltu tulevaisuuden mahdollisuuksia silmällä pitäen: AI, IoT, In-dustry 4.0
- käyttöoikeudet eri käyttäjätasoisille. [11.]



Kuva 13 PICOSUN® PicoOS™ -käyttöjärjestelmä.

4.2 Maadoitukset laitteessa

Projektin alussa Picosun Morpher ALD -pinnoituslaitteen maadoitukset toimivat, mutta maadoitustapa oli monimutkainen ja aiheutti näin myös tuotannossa työntekijöille lisätyötä. Maadoitukset täytyi suunnitella siis yksinkertaisimmiksi ja helpommiksi asentaa, jotta työt tuotannossa helpottuisivat tämän osalta. Lisäksi maadoitukset oli merkattu hieman epäselvillä nimillä.

Tämän vuoksi aloitimme projektin, jossa suunnittelin maadoituksille paremman tavan, jotta työnteko ja laitteen laatu paranevat entisestään. Laitteen sisäiset maadoitukset tehdään alihankkijan toimesta, mutta kuvien epäselvyyksien vuoksi ne ovat olleet puutteellisia, josta on aiheutunut lisätyötä tuotannontyöntekijöille. Picosun Oy:n projektit asennetaan asiakkaan päässä tietenkin heidän ympäristöönsä. Näissäkin tilanteissa on tullut ongelmia huonosti mitoitettujen johtimien ja epäselvien kuvien seurauksena.

5 Työn kulku

5.1 Työssä tarvittavat välineet

Kun lähdetään suunnittelemaan uutta maadoitusta, tarvitsee avuksi eri työvälineitä. Tässä työssä käytettiin apuna alla olevia välineitä

- tietokone suunnittelua ja sähköpiirustusten tekoa varten
- CADMATIC-ohjelma, jolla sähköpiirustukset tehdään
- Fluke-asennustesteri, jolla asennettujen maadoitusten jatkuvuus mitataan

- sähkötyökalut, kuten ruuvimeisseli, jotta saadaan kytkennät tehtyä ja tarvittaessa siirtää komponentteja hetkellisesti pois tieltä □ maadoitusjohtimet, joilla maadoitus vedetään □ standardisarja SFS 6000.

5.2 Lähtötilanne

Työtä aloittaessa täytyi selvittää alkuperäisen maadoitussysteemin ongelmakohdat käymällä laite läpi ja vertaamalla sitä sähköpiirustuksiin. Tästä selvisi nopeasti, että alkuperäinen tapa maadoittaa laite, olisi mahdollista tehdä yksinkertaisemmalla tavalla ja selkeämmin. Laitteelle meni turhan monta eri maadoituskaapelia sähkökeskukselta. Lisäksi kaapeleiden merkinnät olivat alkuperäisissä kuvissa epäselvät. Näihin tein myös muutoksen.

Alkuperäisistä kuvista myös puuttui maadoitettavia komponentteja, jotka lisäsin uusiin kuviin, jotta koko laite on suojamaadoitettu ja näin turvallinen työskentelyä varten. Laitteille oli jo entuudestaan asetettu maadoitusrimat, joista pystyy maadoituksia jakamaan laitteen sisällä, mutta niitä ei hyödynnetty sähköpiirustuksien puutteiden vuoksi. Työn tuloksena täytyi koko laite olla maadoitettu kaikista sen kohdista, jotta se suojaa ihmistä sähkötapaturmilta.

Picosun Oy:n ALD-pinnoituslaitteet tulevat alihankkijalta osittain valmiiksi maadoitettuna. Tämä uusi suunnitelma selkeyttää myös heidän työtään. He voivat tehdä laitteen sisäiset maadoitukset valmiiksi kuvien mukaan. Piirsin uudet sähkökuvat CADMATIC-ohjelmalla, jonka jälkeen asensin laitteelle kyseiset maadoitukset, jotta pääsin mittaamaan niiden jatkuvuutta ja näin kokeilemaan, että ne toimivat.

5.3 Kehitysideat maadoituksille

Alkuperäisen maadoitussuunnitelman mukaan tulee siis sähkökeskukselta laitteen eri osiin turhan monta maadoituskaapelia, vaikka sen voi yksinkertaistaa niin, että vetää yhden PE-kaapelin sähkökeskukselta laitteen maadoitusrimoihin, joita on kaksi: toinen laitteen alaosassa, toinen yläosassa. Niistä pystyy jakaa laitteen sisällä loput maadoitukset. Tarkoituksena on siis, että laitteen yläosassa olevasta rimasta menevät maadoitukset sen lähimpiin laitteen komponentteihin kuten reaktorille.

Alaosassa olevasta rimasta taas menisi sen lähempänä oleville komponenteille esimerkiksi laitteen CPO sähkökaapille ja runkoon. Näin saisi maadoitukset tehtyä mahdollisimman lyhyillä vedoilla ja yksinkertaisesti laitteen eri osiin.

Sähkökeskukselta tuleva kaapeli toimisi niin sanotusti maadoituksen syöttökaapelina. Rimassa on siis tilaa monelle eri maadoitusjohtimelle. Sen avulla voi jakaa maadoituksia kytkemällä vain PE-johtimen rimaan kiinni siitä laitteen osasta, minkä haluaa maadoittaa.

Esimerkiksi laitteen rungosta tai kaapin ovesta voi vetää johtimen maadoitusrimaan kiinni. Tällöin se on yhteydessä maahan, ja kyseinen osa on suojattu. Maadoitusrimassa on noin 17 liitintä, joihin saa johtimen kiinni asettamalla sen liittimeen ja ruuvaamalla talttapääruuvimeisselillä liitintä, jolloin se kiristyy ja johdin pysyy paikallaan.

Alkuperäisissä kuvissa ei ollut asiakkaalle kuuluvaa maadoitusjohdinta, jonka he kytkivät omaan sähkökeskukseensa. Tämä kyseinen kaapeli kyllä löytyi alihankkijalta tulleilta laitteilta, mutta kuvista se puuttui, ja kaapelin koko oli väärä. Tämä täytyi lisätä uusiin sähköpiirustuksiin, sekä tilata isompineliöistä maadoituskaapelia, jotta se on standardien mukainen ja riittävä.



Kuva 14 Laitteen alaosassa oleva maadoitusrima 1



Kuva 15 Laitteen yläosassa oleva maadoitusrima.

5.4 Sähköpiirustuksien uudistaminen

Alkuperäisissä sähköpiirustuksissa on maadoituskaapelit merkitty epäselvin nimin. Esimerkkinä ovelle menevä kaapeli on nimellä PE-2W3, jonka vuoksi se täytyi muuttaa nimelle PE-DOOR, joka on huomattavasti selkeämpi merkintä asentajaa ajatellen. Tästä oli myös tuotannon työntekijät huomauttaneet aiemmin.

Vanhoissa sähköpiirustuksissa oli puutteita myös viittauksissa sekä osalle komponenteista ei mennyt ollenkaan maadoituksia. Näihin täytyi tehdä muutos ja lisätä puuttuvat komponentit.

Uudistin yhteensä siis kaksi eri sähköpiirustusta. Ensimmäiseen piirustukseen lisäsin laitteen alaosassa olevan maadoitusriman, johon liitin maadoitukset, jotka on fiksuinta vetää sen kautta. Eli lisäsin siihen alaosan maadoitusrimaa lähimpänä olevat laitteen komponentit.

Kuvista 16 ja 17 näkee, miten muutin sähköpiirustuksia. Lisäsin siis piirustuksiin maadoitusriman/kiskon, minkä kautta jaetaan maadoitukset laitteen sisälle. Muutin myös kaapeleiden nimiä.

Kuva 16 Alkuperäinen maadoitusten sähköpiirustus 1. Tarkoituksella tyhjä.

Tästä piirustuksesta näkee, että maadoitukset tulevat riviliittimeltä, joka sijaitsee vaikeassa paikassa asentajan kannalta, ja vetoja tulee turhan monta. Muutin kaapeleiden nimet selkeämmiksi. Poistin tästä kuvasta oven maadoituksen sekä CP2 -sähkökaapin.

Kuvassa 17 näkyy uudistettu sähköpiirustus 1. Siihen lisäsin asiakkaan järjestelmään menevän maadoituskaapelin, CP0- ja CP1 -sähkökaapit sekä Sumitomon otsonigeneraattorin maadoituksen. Nimesin kaapelit uudestaan selkeämmällä tavalla.

Kuva 17 Uudistettu sähköpiirustus 1. Tarkoituksella tyhjä.

Toiseen sähköpiirustukseen lisäsin laitteen yläosan maadoituskiskosta lähtevät maadoitukset. Kiskoon tulee ensin maadoitusjohdin alakiskolta, jotta se on yhteydessä maahan. Tämän jälkeen siitä lähtee maadoitusjohtimet reaktoriin, CP2 -sähkökaapille sekä laitteen kehykseen eli runkoon.

Reaktorille menevä maadoitusjohdin kiinnitetään ruuvien avulla reaktorin päälle. Siinä on maadoitukselle tarkoitettu paikka. CP2 -sähkökaapille menevä maadoitus kiinnitetään kaapin sisällä olevaan riviliittimeen, josta se yhdistetään kaapin runkoon sekä oveen. Ennen tätä projektia yläkisko oli tyhjä, eli sitä ei ollut käytetty hyödyksi maadoituksissa.

Kuva 18 Uudistettu sähköpiirustus 2. Tarkoituksella tyhjä.

5.5 Suojamaajohtimien asennukset ja jatkuvuus mittaukset laitteelle

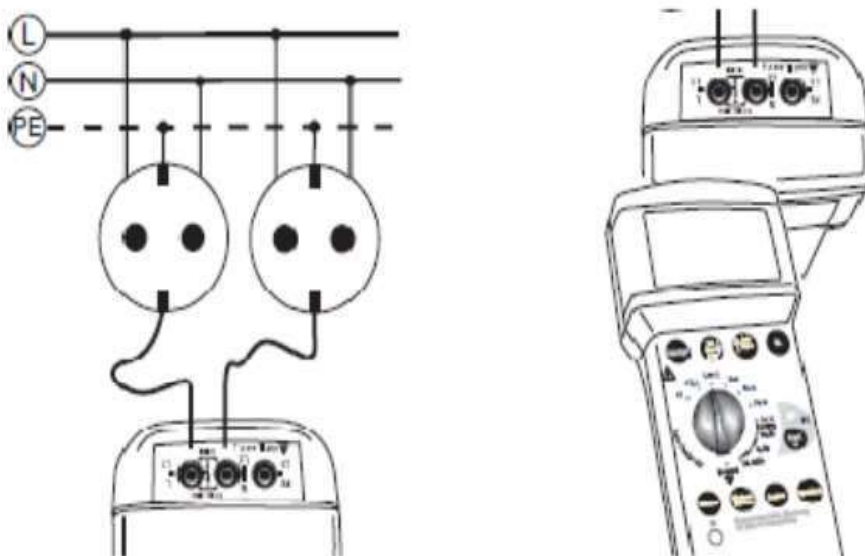
Kun uusi suunnitelma ja sähköpiirustukset laitteelle olivat tehty, pääsin asentamaan maadoitukset tuotannossa olevalle Morpher ALD -pinnoituslaitteelle. Aloitin asentamalla maadoitusrimat laitteen ala- ja yläosiin. Tämän jälkeen vedin sähkökeskukselta maadoitusjohtimen alariman liittimeen kiinni, jolloin rima on yhteydessä maahan ja näin siitä voi jakaa loput maadoitukset laitteeseen.

Kun sähkökeskukselta tuodaan johtimia laitteelle, kuuluu ne tuoda mahdollisimman siististi, jotta ne eivät ole tiellä, asennuksen ulkonäkö on siisti, jos vaikka asiakkaan luona tehdään asennuksia.

Alarimasta vedin ylärimaan maadoitusjohtimen, jolloin myös ylärima on yhteydessä maihin. Tämän jälkeen tein uusien sähköpiirustuksien mukaan maadoitukset laitteen eri osiin.

Kun kaikki maadoitukset oli vedetty piirustusten mukaisesti, aloitin suojajohtimen jatkuvuusmittauksen varmistaakseni, että koko laite on yhteydessä maahan. Suojajohtimen jatkuvuutta mitattaessa mittari asetetaan asentoon ”LOW Ω ” ja tämän jälkeen kytketään mittajohtimet liittimiin L1 ja L2. Sen jälkeen kytketään mittajohdot mittariin. Ennen kun mittaukset aloitetaan, täytyy mittajohtimien vastus kompensoida kytkemällä mittajohtimien mittapäät kiinni toisiinsa ja painamalla ”COMP” nappia hetken ajan. Tämän jälkeen näytölle tulee teksti ”COMP” ja 0,00. [12, s. 9.]

Kun kompensointi on tehty, voidaan aloittaa jatkuvuuden mittaus. Tämä tapahtuu kytkemällä mittajohdot kiinni testattavaan piiriin, jonka jälkeen painetaan ”Start ON” -painiketta. Mittaustulokset ilmestyvät mittarin näytölle, ja ne voidaan tallentaa tarvittaessa myös mittariin muistiin. [12, s. 8.]



Kuva 19 Suojajohtimen jatkuvuuden mittaus [12, s. 9.]

6 Yhteenveto

Työn tuloksena syntyi uusi maadoitussuunnitelma Picosun Morpher ALD - pinnoituslaitteelle. Tämä uudistettu tapa maadoittaa laite on aikaisempaa selkeämpi ja helpompi ja näin helpottaa työtä tuotannossa laitteiden parissa sekä myös alihankkijaa, joka maadoittaa laitteet sisältä ennen kuin ne tulevat Picosunin tuotantoon.

Maadoitussuunnitelma toteutui hyvin, se on tarkoitus ottaa käyttöön mahdollisimman pian. Uudet sähköpiirustukset lähetetään alihankkijalle, joka tekee suojamaadoitukset laitteen sisälle. Tämän lisäksi uudet sähköpiirustukset lisätään Picosunin omaan tietokantaan, josta yrityksen työntekijät löytävät ne tarvittaessa, jos esimerkiksi täytyisi ratkaista sähkövikoja tuotannon tiloissa tai asiakkaan luona.

Projektia tehdessä tuli eteen muutamia haasteita, mutta ei mitään, joka olisi hidastanut projektin toteutusta. Nämä sai ratkaistua harjoittelemalla ja lukemalla tietoa kirjoista ja standardista, kuten esimerkiksi maadoituskirjasta.

CADMATIC-ohjelman käytössä oli aluksi hieman totutteleminen, koska siitä oli jo kulunut aikaa, kun olin viimeksi käyttänyt Jarno Nurmion oppitunneilla. Käytin tässä apuna hänen videoita, joita olemme myös oppitunneillamme hyödyntäneet.

Opin projektista uusia asioita suunnittelusta, sähköpiirustusten luomisesta ja muokkaamisesta, standardien lukemisesta ja muista suojamaadoituksiin liittyvistä asioista, joita tulen varmasti tarvitsemaan jatkossa työelämässä.

Lähteet

1. Picosun Oy Verkkoaineisto <https://www.picosun.com/about-us/picosun/> Luettu 9.10.2022.
2. ALD atomikerroskasvatus Verkkoaineisto <https://valmistajat.fi/metodit/pintakasittely/ald-atomikerroskasvatus> Luettu 9.10.2022.
3. Puurunen, Riikka L. 2014. Essay, A Short History of Atomic Layer Deposition: Tuomo Suntola's Atomic Layer Epitaxy. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim DOI: 10.1002/cvde.201402012 Verkkoaineisto <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/cvde.201402012> Luettu 11.10.2022.
4. (Malm Jari, 2005. Thesis for the degree of Master of Science in Technology. Espoo. Helsinki University of Technology. Vacuum line chemistry in selected atomic layer deposition processes. Verkkoaineisto https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/10161/master_malm_jari_2005.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Luettu 10.10.2022.
5. (Picosun Oy) (Principle of ALD. Picosun ALD Solutions.) (Kuvan laatinut Minna Toivola) 06.07.2019 Luettu 10.10.2022.
6. Maadoitusopas. Asentajasarja Luettu 13.10.2022.
7. Maadoituskirja 2019 Luettu 20.12.2022.
8. Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus STEK ry Verkkoaineisto <https://stek.fi/perustietoa-sahkosta/maadoitus/> <https://stek.fi/sahkoasennuksen-suojausperiaatteet/sahkoasennusten-suojaus/> Luettu 5.1.2023.

9. Tiainen, Esa. 2017. D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Luettu 28.12.2022.

10. PICOSUN® Morpher F. Picosun oy Verkkoaineisto
https://www.picosun.com/products/200mm-and-smaller-wafers/picosun-morpher/?gclid=EAIAI-QobChMI-a-MhqKV_AIVmLWyCh13WaktEAAYASAAEgK8uvD_BwE
Luettu 29.10.2022.

11. PICOSUN® PicoOS™. Picosun Oy Verkkoaineisto
<https://www.picosun.com/products/automation-and-software/picosun-picoos/> Luettu 2.1.2023.

12. Amprobe. Telaris 0100 Plus. Käyttöohje Luettu 10.1.2023.