

Matti Luotola

Marantz AOI -laitteen valaisugeometrian optimointi

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ala
Tietotekniikan koulutusohjelma
Kevät 2007



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikka	Koulutusohjelma Tietotekniikka
Tekijä(t) Matti Luotola	
Työn nimi Marantz AOI -laitteen valaisugeometrian optimointi	
Vaihtoehtoiset ammattipinnot Konenäkö	Ohjaaja(t) Pentti Romppainen
	Toimeksiantaja Oy Nylund Group AB
Aika 17.3.2007	Sivumäärä ja liitteet 34 + 3
<p>Tämän insinööriyön tilaajana toimi Oy Nylund Group AB. Työssä kartoitettiin Marantz AOI -laitteen valaistustekniikoiden soveltuvuutta pintaliitoskomponenttien juotosten tarkastukseen.</p> <p>Työssä pyrittiin löytämään yleispätevät ohjeet laitteen loppukäyttäjille, jotta he osaisivat tehdä aina parhaimman ratkaisun komponentin juotoksen tarkastukselle. Toisaalta kartoitettiin myös mahdollisuutta löytää yksi yleispätevä ohjeistus kaikkien pintaliitospalakomponenttien juotosten tarkastukselle komponentin koosta riippumatta. Laitteessa on useita erilaisia valaistustekniikoita, jolloin on myös useita erilaisia tapoja tarkastaa juotoksen laatu.</p> <p>Valaistustekniikoita vertailtiin ohjelmoimalla erä Kajaanin ammattikorkeakoulun teettämiä AVR Frodo –piirilevyjä laitteen kaikilla eri valaisutekniikoilla. Jokaiselle valaisutekniikalle laskettiin ohjelmoitujen juotosten hyvyyslukujen keskihajonta. Hyvyysluku on laitteen antama luku, joka ilmoittaa, kuinka hyvin kohde vastasi referenssiä. Laskemalla hyvyyslukujen keskihajonta, pyrittiin selvittämään valaistustekniikka, jolla saavutetaan toistettavien tarkastustulos. AOI-laitteelta vaaditaan ennen kaikkea tarkastusten toistettavuutta.</p> <p>Laitteessa on mahdollista käyttää etu-, sivu-, ja diffuusivalaistusta tai näiden yhdistelmiä. Työssä ratkaisuna juotosten tarkastamiseen päädyttiin käyttämään kaikkia valaistustekniikoita samanaikaisesti. Yhdistämällä kaikki käytössä olevat valaisimet saavutetaan optimaalinen valaisu kohteelle. Kohde valaistaan näin kolmesta eri kulumasta kolmella erilaisella valaisimella.</p> <p>Tulosten ja tutkimusten pohjalta työn tilaajalle kirjoitettiin lisäksi Marantz AOI -laitteen helppolukuinen ohje, josta selviää erilaisten komponenttien ohjelmointi selkokielellä. Ohje on asiakkaille tarkoitettu opas laitteen koulutuksen jälkeiseen ohjelmointiin.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Konenäkö, AOI
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Information Technology
Author(s) Matti Luotola	
Title Optimization of Lighting Geometry on Marantz AOI	
Optional Professional Studies Machine Vision and Measurement Technology	Instructor(s) Pentti Romppainen
	Commissioned by Oy Nylund Group AB
Date 17 March 2007	Total Number of Pages and Appendices 34 + 3
<p>This Bachelor's thesis was made for the Oy Nylund Group AB. In the thesis different lighting systems on Marantz AOI machine were studied. Their suitability on detecting solder joints in surface mounted devices (SMD) was also examined.</p> <p>The goal was to find a universal instruction for machine operators so they can easily decide between different lighting systems when inspecting the SMD solder joints. On the other hand, the possibility to find one solution for the detection of all SMD joints regardless of the component size was also studied. The machine has many different lighting systems so there are many different ways to check the solder joints.</p> <p>The lighting systems were compared by programming a batch of PCBs from Kajaani University of Applied Sciences with all the different lighting systems. From the programmed solder joints standard deviations were calculated to all the different lighting systems. The standard deviations were calculated from the quality factor of the programmed solder joints. The quality factor is a number given by the machine which describes how well the target matches the reference. The standard deviations were calculated to look for the lighting system that has the best repeatability in inspection. Repeatability is one of the key figures which is required for the AOI machine.</p> <p>The lighting systems available in Marantz AOI are front-, side- and coaxial lighting system or a combination of them. By using all the lighting systems together optimal lighting can be achieved to the target. The target is now lit from three different angles by three different lighting systems.</p> <p>Based on the results and examination, a manual was written to the commissioner. The manual clarifies the programming of different components in simplified language. The purpose of the manual was to help the Marantz AOI operators to easily start programming the machine after the training.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	Machine Vision, AOI
Deposited at	<input type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 ELEKTRONIIKAN VISUAALISET TARKASTUSTAVAT	2
2.1 Manuaalinen visuaalinen tarkastus	2
2.2 Automaattinen optinen tarkastus	3
2.3 Röntgentarkastus	4
3 MARANTZ AOI -LAITTEEN OPTIIKKA	6
3.1 LED-valaistus	6
3.2 Main Light	7
3.3 Side Light	7
3.4 Doal	9
3.5 Telesentrinen optiikka	10
4 MARANTZ AOI -VALAISUGOMETRIAN OPTIMOINTI	13
4.1 Suoritetut testit	13
4.1.1 Laitteen toiminta	14
4.1.2 IPC-A-610-standardi	15
4.2 Käytetty piirilevy	16
5 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	18
5.1 Piirilevyn ohjelmointi perusasetuksilla	18
5.1.1 Juotosten tarkastus käyttäen Main-valaistusta	18
5.1.2 Juotosten tarkastus käyttäen Side-valaistusta	19
5.1.3 Juotosten tarkastus käyttäen Doal-valaistusta	20
5.1.4 Juotosten tarkastus käyttäen Main+Side+Doal-valaistusta	21
5.2 Muokatut asetukset	22
5.2.1 Main-valaistus	23
5.2.2 Side-valaistus	23
5.2.3 Doal-valaistus	24
5.2.4 Main+Side+Doal	25
5.3 Ohjelmien toiminta sarjan muilla korteilla	25
5.4 Ratkaisun soveltaminen muihin komponentteihin	28

6 PÄÄTELMÄT	31
7 OHJEEN LAATIMINEN	32
8 YHTEENVETO	33
LÄHTEET	34
LIITTEET	

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

AOI

Automatic Optical Inspection, automaattinen optinen tarkastus. AOI-laitteita käytetään tuotantoteollisuudessa piirilevyjen tarkastukseen optisesti.

FoV

Field of View, näkökenttä.

IC

Integrated Circuit, integroitu piiri.

BGA

Ball Grid Array, pintaliitoskomponentin kotelotyyppi, jossa liitosnastat ovat pakkauksen alapinnalla.

CSP

Chip Scale Package, tiheämpi ja pienempi versio BGA-kotelosta.

SMD

Surface Mount Device, pintaliitettävä komponentti

HASL

Hot Air Solder Leveling eli niin kutsuttu kuumakasto on yksi käytetty juotosalueen pinnoitemateriaali piirilevyteollisuudessa

OSP

Organic Solderability Preservative, orgaaninen pinnoite piirilevyteollisuudessa.

1 JOHDANTO

Nylund Group on suomalainen perheyhtiö, joka on jo 75 vuoden ajan toiminut teknisen kaupan eri alueilla. Toiminta kattaa sähköteknisten tuotteiden maahantuonnin, myynnin ja markkinoinnin Suomessa ja Baltian maissa. Nylund Group jakautuu neljään eri liiketoimintaluokkaan: Komponentit ja materiaalit, Tuotantolaitteet, Valaisimet ja asennustarvikkeet sekä Tietoverkot.

Tuotantolaitteet markkinoivat elektroniikkateollisuuden tuotantolaitteita proto-, pien- ja keskisuuren sarjojen tuotantoon tarjoamalla myös tukea, huoltoa ja koulutusta kaikille myymälöille. Tuotevalikoima sisältää laitteet protopiirilevyn valmistuksesta aina valmiin tuotteen tarkastuksessa käytettäviin laitteisiin. Yritys on muun muassa Marantz AOI -laitteiden jälleenmyyjä Suomessa.

AOI tulee englannin kielen sanoista Automatic Optical Inspection, ja sillä tarkoitetaan automaattista optista tarkastusta. AOI-laitteita käytetään tuotantoteollisuudessa piirilevyjen tarkastukseen optisesti. AOI-laitteet ovat yleistyneet viime vuosina digitaalisten kameroiden suuren kehityksen myötä. Laitteet ovat näin korvanneet ihmissilmää ja manuaalista visuaalista tarkastusta.

Tämän työn tarkoituksena oli tehdä Marantz AOI -laitteelle helppokäyttöinen ohje, jonka avulla asiakkaat voivat ottaa laitteen helposti käyttöön koulutuksen jälkeen. Työssä vertailaan laitteen eri valaistustekniikoita ja kartoitetaan eri vaihtoehtoja virheiden tunnistukseen, kuinka valaisugeometria saadaan optimoitua ja laite säädettyä eri tilanteisiin herkimmillään. Erityisesti vertailtiin eri valaistustekniikoiden soveltuvuutta pintaliitosvastusten juotosten tarkastukseen.

Tuloksilla toivottiin löytyvän yleispätevät ohjeet laitteen loppukäyttäjille, jotta he osaisivat tehdä aina parhaimman ratkaisun pintaliitoskomponenttien juotosten tarkastuksille. Toisaalta yritettiin kartoittaa myös mahdollisuutta löytää yksi yleispätevä ohjeistus kaikkien pintaliitoskomponenttien juotosten tarkastukselle komponentin koosta tai tyypistä riippumatta. Laitteessa on erilaisia valaistustekniikoita, jolloin on myös useita erilaisia tapoja tarkastaa juotoksen laatu.

2 ELEKTRONIIKAN VISUAALISET TARKASTUSTAVAT

Visuaalinen laadunvalvonta ja lajittelu ovat tärkeässä asemassa esimerkiksi elektroniikka-, metalli-, puunjalostus- ja elintarviketeollisuuden sovellutuksissa. Automaattisella tarkastuksella on mahdollista päästä parempaan tuotteen laatuun ja pienempiin tuotantokustannuksiin. Näköaisti tekee roboteista sopeutuvampia, joustavampia ja itsenäisempiä, jolloin tuotantoprosessista saadaan luotua stabiilimpia. [1.]

Elektroniikan testaukseen on kehitetty lukuisia erilaisia tapoja, sillä tuote on kaikkein edullisinta korjata heti virheen löytyessä. Jotkin laitteet löytävät vain tietynlaisia virheitä, ja siksi markkinoilla on lukuisia erilaisia tarkastus- ja testauslaitteita.

2.1 Manuaalinen visuaalinen tarkastus

Yksinkertaisin ja yleisinkin käytössä oleva testaustapa on manuaalinen visuaalinen tarkastus, jossa ihminen etsii piirilevyllä olevia näkyviä virheitä, kuten puuttuvia komponentteja tai oikeuskuljuja. Manuaaliseen visuaaliseen tarkastukseen käytetään ihmissilmää ja/tai mikroskooppia. Työ on ihmissilmää rasittavaa ja raskasta. Lisäksi nykyään yhä pienenevät komponentit tekevät manuaalisesta tarkastuksesta haasteellista. Ihmisen on lähes mahdotonta erottaa suuresta vastus- tai kondensaattoripatterista, ovatko kaikki komponentit oikean arvoisia. Ihmissilmä näkee luotettavasti puuttuvat komponentit, mutta väärin ladotut komponentit saattavat olla ongelmallisia.

Tarkastustulos ei myöskään ole tasalaatuista, vaan tulokseen vaikuttavat myös ihmisten omat luonteenpiirteet. Toinen työntekijä voi olla hyvä tarkastamaan piirilevyjä pitkänkin työpäivän, mutta toisella tarkastusinto saattaa hiipua muutaman tunnin kuluttua. Manuaalinen tarkastus on myös aina aikaa vievää ja tarkastusaika vaihtelee työntekijästä riippuen. Muiden laitteiden käyttöaikaa ei saada optimoitua, koska manuaaliseen tarkastukseen käytetty aika vaihtelee. Tarkastusajan vaihtelut heijastuvat siten prosessin muihin vaiheisiin, jolloin koko tuotteen valmistukseen kulunut aika voi kasvaa suuresti.

Manuaalisen tarkastuksen hyvänä puolena voidaan pitää sitä, että se ei tarvitse lainkaan laiteinvestointeja. Ainoat kulut ovat työntekijän palkkakulut. Lisäksi ihminen on ajatteleva olen-

to, mikä tuo oman etunsa tarkastukseen. Ihminen näkee kokonaisuuden, kone vain mitä sille on opetettu.

2.2 Automaattinen optinen tarkastus

AOI-laitteet on kehitetty korvaamaan manuaalinen visuaalinen tarkastus ja poistamaan siitä aiheutuvat ongelmat. AOI on tietokonepohjainen tarkastus, joka vertaa tutkittua dataa odotettuun tulokseen tai suunnittelusääntöihin, jotka on ohjelmoitu kontrolloivalle tietokoneelle. Kuten manuaalisessakin tarkastuksessa se vaatii näköyhteyden kohteeseen eikä kykene sähköiseen testaukseen. AOI-laite ei kuitenkaan ole minkäänlaisessa yhteydessä tarkastettavaan laitteeseen, jolloin tuotteelle ei tapahdu minkäänlaista kulumista. Lisäksi AOI-laite on joustava ja nopeampi ohjelmoida kuin elektroninen testauslaite.

AOI-laitteet perustuvat yhteen tai useampaan kameraan ja erilaisten valaistusjärjestelmien käyttöön. Markkinoille on tullut saataville myös skannaavia laitteita, jolloin piirilevyn komponenttimäärä ei vaikuta tarkastusnopeuteen. Skannaava laite ajaa piirilevyn kaikki kohdat tasaisella vauhdilla riippumatta siitä, onko kohdassa komponentteja vai ei. Aivan kuten perinteinen monistuskone, jolla monistuksen nopeuteen ei vaikuta se, kuinka paljon paperilla on tekstiä.

Yhteen tai useampaan kameraan perustuvien laitteiden tarkastusnopeus on taas suoraan verrannollinen siihen, kuinka monta kuvaa piirilevystä joudutaan ottamaan. Kuvien määrä taas riippuu komponenttien määrästä ja sijoittelusta piirilevyllä. Laite pystyy ottamaan kerralla käytettävästä objektiivista riippuvan FoV-kokoisen kuvan (Field of View). Kuinka monta komponenttia yhteen kuvaan mahtuu, riippuu käytettävien komponenttien koosta. Näin ollen suurten ja tiheästi ladottujen piirilevyjen tarkastus voi olla ongelma tehtaille, jotka tuottavat piirilevyjä todella nopealla tuotantoajalla, koska kamerapohjainen AOI-laite saattaa tukkia tuotantolinjan hitaudellaan. Massatuotanto ei kuitenkaan Suomessa ole ongelma kamerapohjaisen AOI:n käytölle, vaan muun muassa Aasian maissa, jossa todellista massatuotantoa tehdään.

Kameralla otetaan kuvia tarkastettavista komponenteista ja saatua informaatiota verrataan asetettuihin arvoihin. Erilaisten ohjelmointiparametrien ja valaisujärjestelmien avulla laitteet on mahdollista ohjelmoida löytämään puuttuvat komponentit, väärät komponentit, juotos-

virheet, ladonta-offset, IC-piirien (integroitu piiri) oikosulkuvirheet, pastanpainon virheet, polariteettivirheet ja toteuttaa esim. tekstin tarkastus komponentin pinnalta, jotta voidaan varmistua komponentin oikeasta tyypestä. AOI-laitteeseen on mahdollista ohjelmoida miltei minkäläinen tarkastus tahansa. Ainoa kriteeri on, että tarkastettava kohde on saatava näky-mään kamerassa. Näin ollen esim. BGA- tai CSP-komponenttien juotostarkastus ei ole mahdollista.

BGA (Ball Grid Array)-komponentit juotetaan piirilevyyn komponentin alla olevilla tinapal-loilla. Tinapallojen määrä voi olla useita satoja, jolloin myös komponentin juottaminen on tarkkuutta vaativaa. CSP (Chip Scale Package) on BGA-komponentista pienempi kotelo-tyyppi, jossa itse kotelo voi olla vain itse kotelon sisällä olevan piisirun kokoinen. CSP-pakkauksessa tinapallojen juotosväli on yleisesti 0,5 – 1,0 mm, jolloin kotelotyypillä saavute-taan vielä BGA-koteloakin parempi pinta-alan käytön tehokkuus.

AOI-laitteelta saadaan lisäksi hyödyllistä informaatiota muiden koneiden toiminnasta tiedon-keruusovellusten avulla. Kerätyllä tiedolla voidaan parantaa tuotantolinjan tehokkuutta ja korjata siinä esiintyviä ongelmia. Esim. ladontakoneen tarkkuutta voidaan parantaa tai ref-low-uunin profiilia muuttaa tehokkaammaksi.

AOI-laitte vaatii investointeja ja henkilön, joka osaa käyttää ja ohjelmoida laitetta. Laitteen etuna on tasalaatuinen tarkastustulos. Tarkastusaika pysyy samana riippuen piirilevystä. Li-säksi AOI-laite kykenee tarkastamaan ihmissilmää luotettavammin esim. vääränlaiset kom-ponentit. Lisäksi koneen tekemä tarkastus on sama tunnista toiseen, eikä tarkastustulos ole riippuvainen tarkastajan mielentilasta. AOI-laite on myös mahdollista sijoittaa suoraan tuo-tantolinjaan, jolloin koko tuotteen valmistusprosessi voidaan automatisoida.

2.3 Röntgentarkastus

Elektroniikan tarkastuksessa yleistynyt visuaalinen testaus on röntgentarkastus. Röntgenlait-teella voidaan tarkastaa puuttuvat komponentit, väärät komponentit, juotosvirheet, ladonta-offset ja oikosulkuvirheet. Komponentit voidaan ohjelmoida aivan kuten AOI-laitteellakin. Röntgenlaite soveltuu kuitenkin myös juotoksessa mahdollisesti esiintyvien kaasukuplien se-kä BGA- ja CSP-komponenttien juotosten tarkastukseen.

Röntgenlaitteella voidaan näiden komponenttien oikeanlainen juottuminen tarkastaa ennen laitteen lopullista testiä. Röntgenlaite soveltuu kohteisiin, joiden oikeellisuutta ei päältäpäin ole mahdollista nähdä. Laitteet ovat kuitenkin melko kalliita, mikä vähentää niiden käyttöä. Tulevaisuudessa komponenttien yhä pienentyessä sekä BGA- ja CSP-komponenttien yleistyminen elektroniikkateollisuudessa kuitenkin pakottaa röntgenlaitteiden käyttöön, koska se on tällä hetkellä ainut tapa, jolla kyseiset komponentit voidaan testata ilman sähköistä testiä.

[6.]

3 MARANTZ AOI -LAITTEEN OPTIIKKA

Marantz 22XDL -laitteesta löytyy tällä hetkellä Marantz AOI -laitteiden kattavimmat valaisujärjestelmät. Laitteessa on kolme erilaista valaisujärjestelmää 15-kertaisella suurennoksella olevan CCD-kameran objektiivin ympärillä: Valkoinen LED-valaistus (Main Light), punainen LED-valaistus (Side Light) sekä Doal-valaistus (Diffused On Axis Lightning). Laitteessa on mahdollista myös käyttää näiden yhdistelmiä, jolloin eri valaisujärjestelmiä saadaan yhteensä viisi: Main, Main+Doal, Doal, Side ja Main+Side+Doal. Tämän vuoksi laitteessa ei tarvita montaa eri suunnassa olevaa kameraa vaan erilaisilla valaisujärjestelmillä ja niiden yhdistelmillä saadaan erittäin hyvä tarkastustehokkuus.

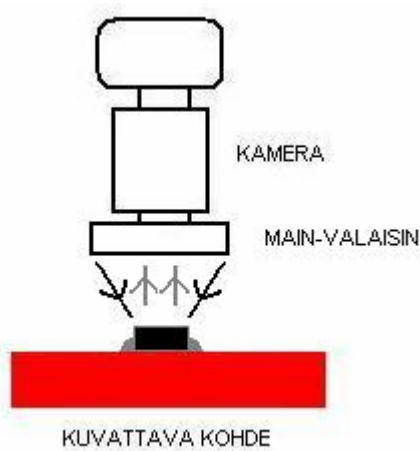
3.1 LED-valaistus

LED (engl. Light-Emitting Diode) eli hohtodiodi on puolijohdekomponentti, joka synnyttää lähes monokromaattista valoa, kun siihen johdetaan sähkövirta. LEDiä sanotaan arkisesti myös valodiodiksi, vaikka se toisaalta tarkoittaa valolle herkkää diodia. LEDien valmistusmateriaali määrää komponentin lähettämän valon aallonpituuden, jota voidaan edelleen muokata LEDin pintaan lisätyillä kalvoilla ja pinnoitteilla. LEDejä voidaan käyttää joko suoraan tasajännitelähteestä etuvastuksen kanssa tai tasajännitepulsseja antavalla ohjaimella. Tämä mahdollistaa mm. kohteen kuvaamisen monella eri valaistustekniikalla yhtäaikaaisesti, jolloin konenäkösovellukset saadaan nopeammiksi. Pelkästään etuvastuksella LEDistä ei saada maksimaalista hyötyä niin valotehossa kuin hyötysuhteessa. [3.]

LED-valaisimien käyttöön on siirrytty konenäkösovelluksissa johtuen monista etuuksista, joita tekniikka tarjoaa. LEDit ovat tavalliseen hehkulamppuun verrattuna erittäin pienikokoisia, fyysisesti kestäviä (niissä ei ole helposti rikki menevää lasikuorta eikä hehkulankaa), kirkkaita ja pitkäikäisiä. Käyttöaikojen pidentyessä vähentyvät myös laitteille tehtävät huoltotoimenpiteet, koska valaisimia ei tarvitse vaihtaa uusiin niin nopeasti. LEDit kuluttavat myös vähemmän virtaa: valkoinen LED-valo kuluttaa sähköä 90 % vähemmän kuin hehkulamppu.

3.2 Main Light

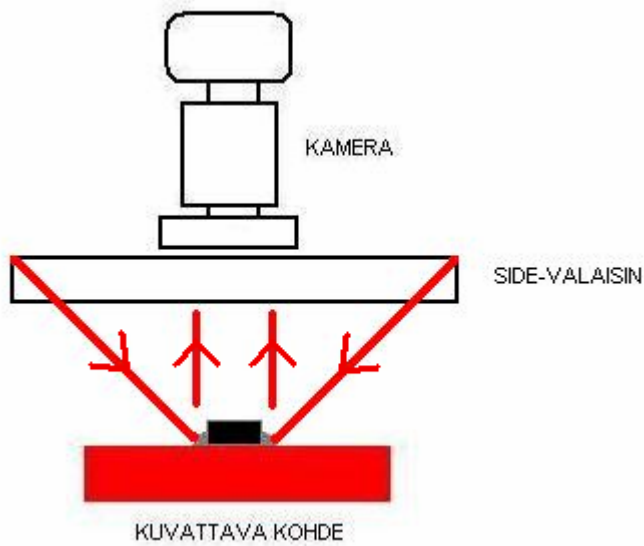
Päävalaisimena Marantz AOI -laitteessa käytetään valkoisilla LEDeillä toteutettua etuvalaisinta. Ledit ovat 60–70 asteen kulmassa objektiivin ympärillä tarkastustasoon nähden. Päävaloa käytetään tarkastamaan komponenttien kotelot ja muut ”helpot” kohteet, jotka eivät tarvitse muita valaistustekniikoita näkyäkseen. Päävalon kanssa käytetään usein kuvan suodattamista binäärisiksi kynnystämällä, jolloin kontrastia saadaan luotua taustan ja kohteen välille. Kuvassa 1. on esitetty Main-valaisimen toimintaperiaate.



Kuva 1. Main-valaisimen toimintaperiaate

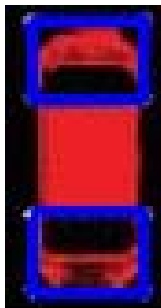
3.3 Side Light

Laitteen toinen valaistustekniikka on englanninkieliseltä nimeltään Side Light. Se on punaisilla LEDeillä varustettu diffuusivalaisin. Valaisimessa on LEDejä kolmessa rivissä objektiivin ympärillä 45 asteen kulmassa. Valo ohjataan kohteeseen useasta suunnasta, jolloin valaistus saadaan mahdollisimman tasaiseksi. Tapa minimoi varjojen syntymisen, mutta mahdollistaa myös pinnan piirteiden kuvaamisen. Kuvassa 2 on esitetty Side-valaisimen (Side Light) toimintaperiaate. [2.]



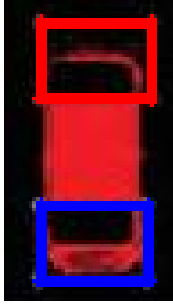
Kuva 2. Side-valaisimen toimintaperiaate

Side-valaisutekniikan avulla kaarevat tai kuperat pinnat heijastuvat kameraan ja näkyvät punaisena. Hyvin juottuneen komponentin juotos on kaareva, joten Side-valaisutekniikka soveltuu juotosten tarkastukseen. Hyvin juottunut vastus on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Pintaliitosvastus hyvin juottuneena

Jos komponentti ei ole juottunut lainkaan, on sen juotosalue tasainen. Tällöin 45 asteen kulmassa tuleva valonsäde ei heijastu takaisin kameraan, vaan se nähdään kuvassa mustana. Kuvassa 4 oleva vastus on juottunut vain alapuolelta.

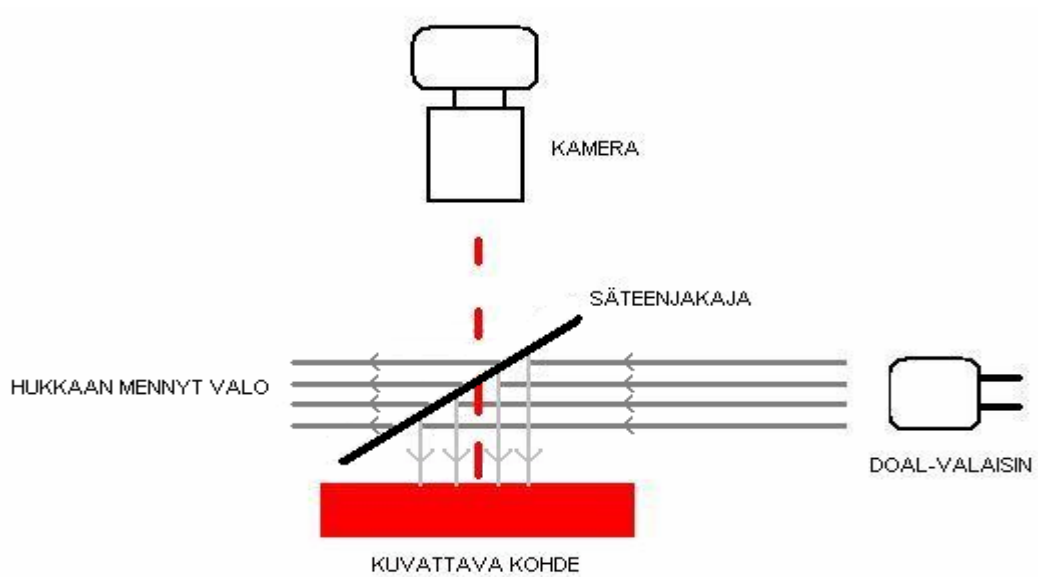


Kuva 4. Juottumaton pintaliitosvastus

Tekniikka soveltuu myös laserilla poltetun tekstin tunnistukseen komponentin pinnalta. Komponentin pinnassa oleva teksti on pientä uraa, joka nähdään komponentin pinnassa haluttuna tekstinä. Valonsäde heijastuu näistä urista kameraan punaisena, ja muu komponentti näkyy tummana.

3.4 Doal

Doal-valaisin on diffuusi valaistus, jossa valo ohjataan erittäin valokykyisellä spottivalaisimella säteenjakajan kautta kohteeseen. Valo jakautuu pienelle alueelle ja heijastuu takaisin vain, jos kohde on tasainen. Valaistustekniikalla tarjoaa erittäin hyvän kontrastin kaarevan ja tasaisen pinnan välille. Doal-valaisimen periaatekuva on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Doal-valaisimen periaatekuva

Tekniikalla saadaan erityisen hyvin kohteesta esiin mm. epätasaisuuksia. Piirilevyjä tarkastettaessa Doal-valaistusta käytetään hyväksi juotosten tarkastukseen. Kun komponentti on juotunut, juotosalueella on tinaa, jolloin alue on musta (pinta on kaareva ja valo heijastuu pois kamerasta). Komponentin ollessa juottumaton tinaa ei ole juotosalueella, jolloin alue on valkoinen (pinta on tasainen ja valo heijastuu takaisin kameraan). Valaistustekniikan vuoksi vain tasainen pinta heijastuu takaisin kameraan ja näkyy selvästi. Kaarevaan pintaan tuleva valo ei heijastu takaisin kameraan, jolloin se näkyy kamerassa tummana. Doal-valaistuksen heikkona puolena on sen soveltuminen vain muutamille juotosalueiden pinnoitemateriaaleille.

3.5 Telesentrinen optiikka

Kameran kennolle muodostuva kuva riippuu optiikasta, joka sen sinne muodostaa. Optiikan ja objektiivien valintaan on kiinnitettävä huomiota, jos halutaan erottaa tarkkoja yksityiskohdista kuvasta. Erityisesti korkeita kappaleita kuvattaessa normaalia optiikkaa käytettäessä esiintyy parallaksivirhettä.

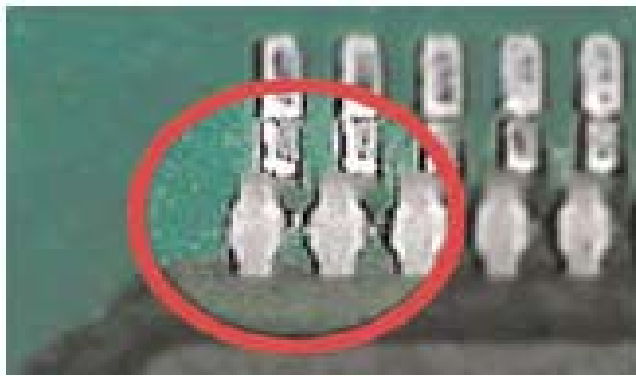
Telesentriset objektiivit eivät kärsi normaalia optiikkaa haittaavasta parallaksivirheestä. Parallaksivirheellä tarkoitetaan suurennussuhteen muuttumista kuvassa, kun siirrytään pois optisesta keskipisteestä. Telesentrisellä objektiivilla suurennus pysyy samana koko kuvausalueella. Telesentriset objektiivit on suunniteltu ja säädetty erityisesti kuvantunnistimen koon mukaan. Näin taataan, että sisään tulevat valonsäteet osuvat kuvantunnistimelle kohtisuoraan myös kuvan laidalla, jolloin linssillä saavutetaan täysin vääristymätön kuva, jossa ei ole suurennusvaihteluja. Tästä johtuen koko kuvausaluetta voidaan hyödyntää tehokkaasti.

Käytettäessä normaalia objektiivia muuttuvan suurennuksen takia komponentit täytyy pyrkiä ohjelmoimaan aina mahdollisimman keskellä kuvautuvaa aluetta. Telesentrisen objektiivin käytöllä tästä ei tarvitse huolehtia, jolloin myös koko kuva-alue on mahdollista ottaa käyttöön tehokkaasti. [7.]

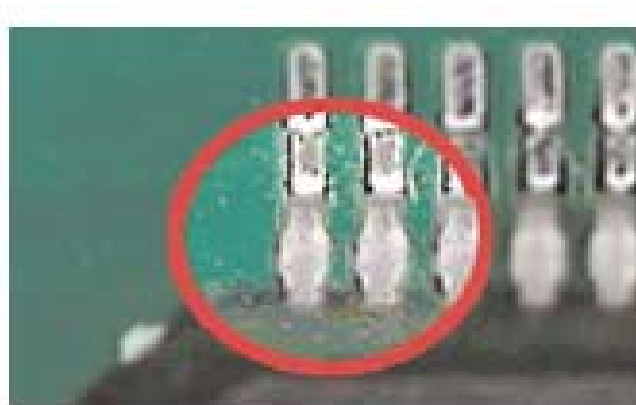
Telesentrisen objektiivin käyttö nopeuttaa luonnollisesti myös AOI-laitteen nopeutta, koska kerralla voidaan kuvata suurempi alue. Erityisesti kuvattaessa kohteita, jotka ovat korkeita tai joissa esiintyy syvyyttä, suurennusvaihtelu johtaa kohteiden vääristymiseen. Pintaliitoskomponenttien kanssa tätä ei huomaa, mutta tarkastettaessa esim. piirilevyn läpivietäviä kondensaattoreita tai muita korkeita komponentteja tämän havaitsee selvästi. Myös niin sanottujen

fine pitch -komponenttien, eli komponenttien joiden jaloilla on tiheä jakoväli suurennusvaihtelu häiritsee.

Normaalia objektiivia käytettäessä fine pitch -komponenttien jalat ”eivät pysy suorassa” suurennusvaihteluiden takia, jos suuri komponentti kuvataan kerralla. Tämä johtaa siihen, että jalkojen tarkastukset joudutaan tekemään pienissä osissa, koska kaikkia jalkoja ei voida kuvata yhtä aikaa. Kamera siis siirretään aina kuvattavien jalkojen keskelle, jotta vääristymiseltä vältytään. Tällöin joudutaan ottamaan samasta kohteesta useita kuvia, jolloin myös kohteen tarkastaminen hidastuu. Fine pitch -komponentin jalkatarkastusta on havainnollistettu kuvissa 5 ja 6. Kuvat ovat kopioitu Marantz AOI -laitteen esitemateriaalista.



Kuva 5. Komponentin jalat kuvattuna normaalilla objektiivilla



Kuva 6. Komponentin jalat kuvattuna telesentrisellä objektiivilla

Kuvista huomataan, että käytettäessä telesentristä objektiivia kuva on vääristymätön koko kuvautuvalla alueella.

Telesentrisen objektiivin käyttö mahdollistaa myös toimivan komponenttien tallennuksen. Samaa komponenttia ei tarvitse ohjelmoida uudestaan seuraavalle piirilevylle (saman komponentin muuttuva paikka ja sen vuoksi muuttuva suurennus seuraavassa tuotteessa). Näin saadaan myös laitteen ohjelmointia parannettua.

4 MARANTZ AOI -VALAISUGEOMETRIAN OPTIMOINTI

4.1 Suoritetut testit

Marantz AOI -laitteen eri valaisutekniikoita tutkittiin tarkoituksena löytää parhain vaihtoehto piirilevyllä olevien 0603-kokoisten vastusten juotoksien tarkastukseen. Tarkastelun kohteeksi valittiin pelkästään juotokset, jotta mahdollisesti löytyvät ratkaisut olisivat sovellettavissa myös esimerkiksi kondensaattorien, kelojen, transistorien ja muiden pintaliitoskomponenttien tarkastamiseen. Juotosten tarkastaminen on yksi AOI-laitteiden tärkeimmistä ja samalla vaativimmista osa-alueista. Juotosvirheet ovat yksi tyypillisimmistä virheistä, joita piirilevyiltä löytyy ja joista halutaan eroon AOI-laitteen ja siitä saatavan datan avulla.

Tuloksilla toivottiin löytyvän yleispätevät ohjeet laitteen loppukäyttäjille, jotta he osaisivat tehdä aina parhaimman ratkaisun komponentin juotoksen tarkastukselle. Toisaalta yritettiin kartoittaa myös mahdollisuutta löytää yksi yleispätevä ohjeistus kaikkien pintaliitospalakomponenttien juotosten tarkastukselle komponentin koosta riippumatta. Laitteessa on useita erilaisia valaistustekniikoita, jolloin on myös useita erilaisia tapoja tarkastaa juotoksen laatu.

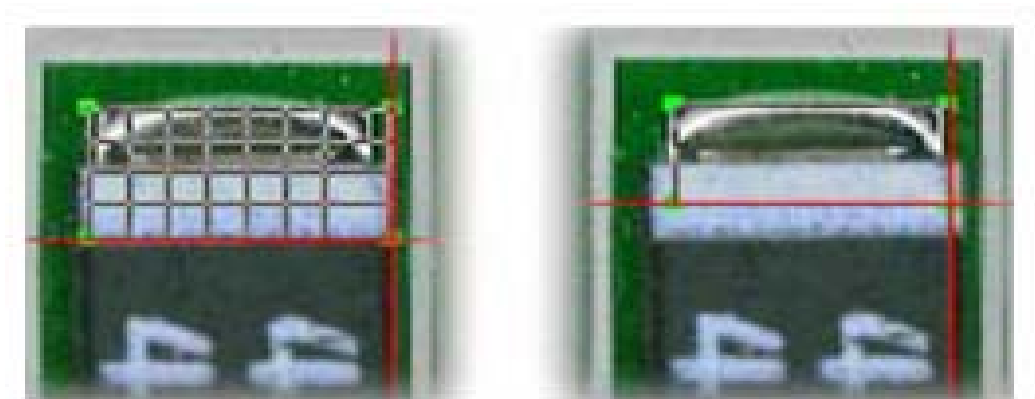
Laitteen erilaisiin valaisutekniikoihin perehdyttiin ensin teoriassa ja sitten syvällisemmin käytännön testeillä. Testit suoritettiin Kajaanin ammattikorkeakoulun teettämällä AVR Frodo –piirilevyillä. Tuote oli ainoa, jota oli saatavilla useita kappaleita sillä hetkellä, joten se valittiin testauskohteeksi. Piirilevyiltä valittiin tarkastettavaksi 20 kappaletta 0603-kokoista pintaliitosvastusta. Vastuksista tarkastettiin molemmat juotokset, jolloin ohjelma tarkasti yhteensä 40 juotosta per piirilevy. Tulokset jouduttiin kirjaamaan käsin, minkä vuoksi otos jouduttiin pitämään suhteellisen pienenä.

Juotokset ohjelmoitiin käyttäen laitteen Main-, Side-, Doal-valaistuksia sekä käyttämällä kaikkia näitä yhtä aikaa Main+Side+Doal. Ohjelmia tehtiin siis yhteensä neljä kappaletta. Jokaisen valaisutekniikan kanssa käytettiin referenssikuvana samasta 0603-vastuksesta otettua kuvaa (1 kpl), jotta tulokset eivät vääristyisi erilaisten referenssikuvien vaikutuksesta. Ohjelmoinnin jälkeen juotokset tarkastettiin ajamalla sama piirilevy 10 kertaa eri valaisutekniikoilla ja laskemalla saaduista tuloksista keskihajonta. Keskihajontaa tutkimalla haluttiin selvittää, millä valaistustekniikalla saavutetaan toistettavin tarkastustulos. AOI-laitteelta vaaditaan ennen kaikkea tarkastusten toistettavuutta.

Ohjelmat testattiin myös ajamalla samasta tuotteesta 10 kappaleen erä. Nyt jokainen kortti ajettiin AOI:n läpi vain kerran ja laskettiin näin saman tuotteen 10:n kortin erän keskihajonta eri valaistustekniikoilla. Testillä simuloitiin proto- tai piensarjan tuotantotilannetta, jotta nähdään, kuinka eri valaistustekniikat soveltuvat pienien sarjojen tarkastukselle. Lisäksi haluttiin nähdä, onko jokin valaistustekniikka selvästi muita tekniikoita häiriösietoisempi pienille juosten vaihteluille ja soveltuuko laite pienten sarjojen tarkastukseen vai viekö tarvittava piirilevyn ohjelmointiaika järkevyyden AOI-laitteen käyttöön. Myös eri valaistustekniikoiden tarvitsemaa säätämistä haluttiin vertailla.

4.1.1 Laitteen toiminta

Marantz AOI -laite perustuu kuvien synteettiseen mallintamiseen. Kohteesta otetaan kameralla kuva, jota käytetään referenssinä tarkastuskohteelle. Referenssikuvalle asetetaan sitten haluttu resoluutio eli herkkyys, kuinka tarkasti kohde halutaan tarkastaa. Tarkastusalue jaetaan osiin, ja jokaisen tarkastusalueen osaa verrataan referenssikuvan vastaavaan. Jokaisesta tarkastusalueen osasta laite vertaa kirkkautta, kontrastia, väriä ja värien kylläisyyttä vastaavaan osaan referenssikuvassa. Jokaisen tarkastusalueen osan on vastattava 60 % näitä parametreja vastaavassa referenssikuvassa, jotta kohde tulkitaan hyväksi. Kohteen resoluutiota on havainnollistettu kuvassa 7.



Kuva 7. Resoluution vaikutus

Kuvassa vasemmalla kohde on jaettu 28 osaan. Jokaista aluetta verrataan ja sen täytyy täsmätä 60 prosenttisesti referenssikuvan vastaavaan alueeseen. Kuvassa oikealla sama kohde on jaettu vain yhteen alueeseen, jolloin myös kohteen tarkastus on epäherkempi.

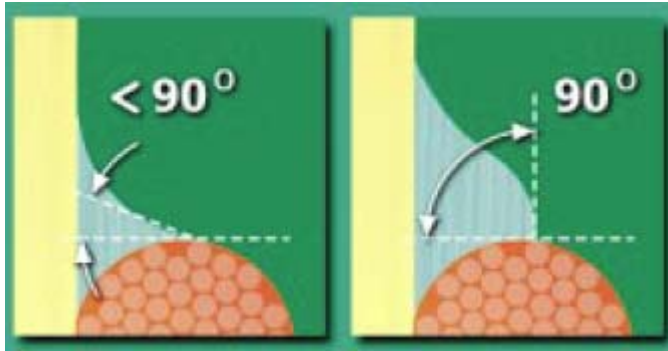
Kuvan ottamisen jälkeen referenssikuvaa voidaan muokata erilaisilla suodattimilla, jolloin kohteesta saadaan poistettua tarkastuksen kannalta epäoleellisia asioita ja toisaalta korostaa tarkastuksen kannalta tärkeitä asioita. Suodattimilla voidaan lisätä tai vähentää kuvan kirkkautta, kontrastia ja sitä kuinka tarkka laite on väreistä tai värien puhtaudesta. Lisäksi kohdetta on mahdollista sumentaa käyttäen kuvankäsittelyohjelmista tuttua blur-toimintoa. Tämä kaikki tapahtuu graafisella prosessoinnilla, joten itse valonlähteiden parametrejä ei muutella.

Tehokkaalla suodattimien käytöllä ei tarvita montaa referenssikuvaa, koska sallitut toleranssit voidaan asettaa suodattimilla. Tämä mahdollistaa laitteen joustavan käytön ja uusien referenssikuvien ottamiselta vältytään. Näin muun muassa eri komponenttivalmistajan komponentit eivät tarvitse aina uutta referenssikuvaa ja laitteen joustavuus kasvaa. Haittapuolena graafisessa suodatuksessa on ohjelmoinnin hankaloituminen, jonka vuoksi eri parametrien käyttö on tiedettävä tarkoin, missä mitäkin asetusta tulee käyttää. Lisäksi graafinen suodattaminen vaatii tehokkaan keskusyksikön, koska kuvia prosessoidaan reaaliajassa. Tehokas keskusyksikkö taas kasvattaa laitteen hintaa.

4.1.2 IPC-A-610-standardi

Piirilevyjen kaikki ohjelmoidut vastukset tarkastettiin ensin manuaalisesti, jotta varmistuttiin, että vastuksissa ei ole juotosvirheitä. Näin mahdolliset oikeat virheet juotoksissa eivät aiheuta mittaustuloksiin virhettä. Juotokset tarkastettiin IPC-A-610-luokitusten mukaisesti. Standardi on elektroniikkateollisuudessa yleisesti käytetty standardi kuvaamaan piirilevyjen valmistuksen vaatimat kriteerit. Standardissa on kuvaus siitä, millainen on hyvä (sallittava) ja millainen on huono valmistusjälki. IPC-A-610-standardikirjan luvussa 5 on käyty läpi tarkemmin erilaiset komponenttien juotoksiin liittyvät kriteerit.

Standardi määrää, että juotteen täytyy olla tasaisesti sulanut ja vettynyt juotosalueelle. Juotoksen ulkoreunan täytyy olla helposti määritettävissä. Juotoksen täytyy olla hyvin sulanut komponentin ja juotosalueen välillä, eikä minkäänlaisia reikiä tai koloja saa esiintyä. Lisäksi juotoksen tulee olla kaareva. Standardissa on myös määritelty komponentin ja juotosalueen välinen maksimivettymiskulma, joka ei saa ylittää 90:tä astetta. Tilannetta on havainnollistettu kuvassa 8.



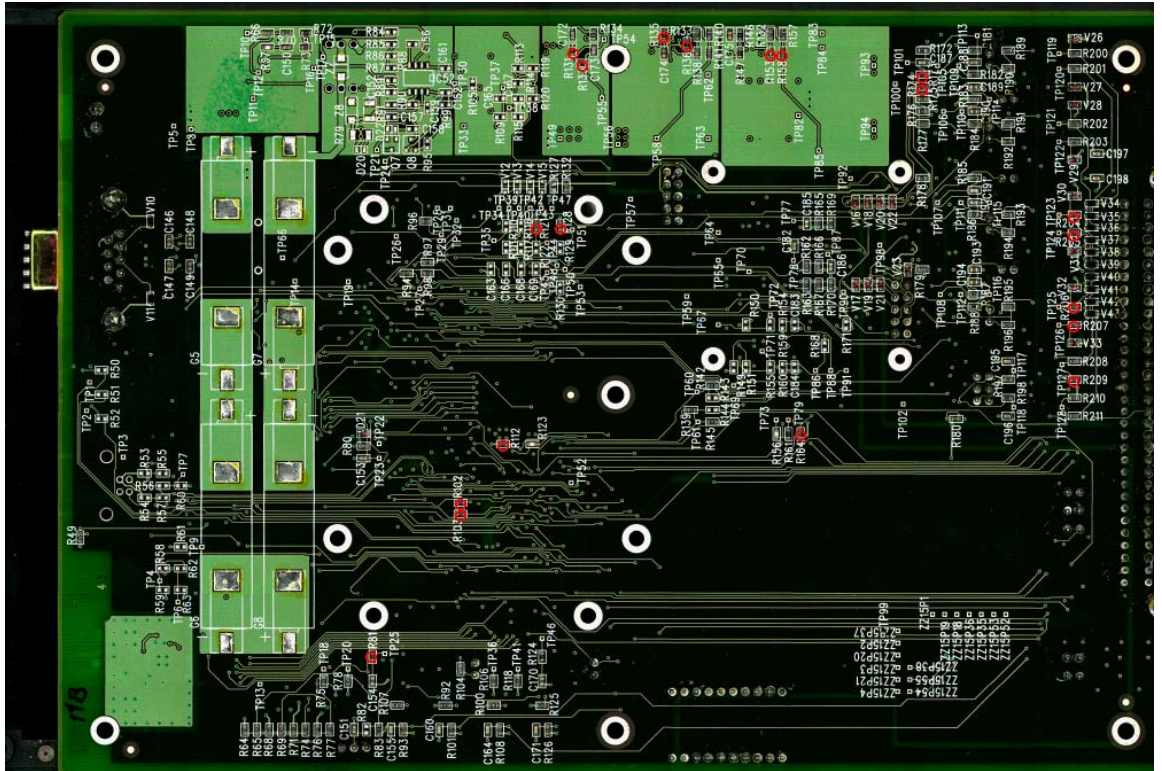
Kuva 8. Juotoksen maksimivettyymiskulma

Standardissa on määritetty myös, millaisia ovat sallittavat juotokset erilaisille juotosseoksille ja erilaisille prosessiolosuhteille. Käytetyistä piirilevyistä ja testiin valituista komponenteista ei löydetty juotosvirheitä. [4.]

4.2 Käytetty piirilevy

Testeissä käytetty AVR-Frodo-piirilevy on opetuskäyttöön suunniteltu laitteistopohja. Se on suunniteltu käytettäväksi mm. kokoonpanon, testauksen, sulautettujen ohjelmistojen ja elektronikan opetuksessa. Yksikön suunnittelussa on pyritty huomioimaan eri oppiaineiden asettamat vaatimukset [5.]

Alla olevassa kuvassa on esitetty AVR Frodo -piirilevy. Kuvassa ympyröidyissä kohdissa sijaitsevat tarkastetut komponentit.



Kuva 9. Tarkastettu piirilevy

Komponentit pyrittiin valitsemaan tasaisesti ympäri piirilevyä, jotta mahdolliset optiset eroavaisuudet saataisiin mahdollisimman hyvin esille. Samalla varmistettiin, että testaustilanne vastasi mahdollisimman tarkasti oikeaa tilannetta, vaikka otoksessa eivät kaikki komponentit olleetkaan. Optimaalinen tilanne olisi ollut, jos kaikista 0603-vastuksista olisi kerätty data. Tätä ei kuitenkaan tehty, koska data täytyi kerätä käsin ja näytejoukko näin valita suhteellisen suppeaksi.

5 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

5.1 Piirilevyn ohjelmointi perusasetuksilla

AVR Frodo –piirilevylle tehtiin yhteensä neljä erilaista ohjelmaa. Ohjelmat Main-, Side-, Doal- ja Main+Side+Doal-valaisutekniikoita käyttäen. Jokaisessa ohjelmassa käytettiin samaa komponenttia juotoksien ohjelmointiin. Ensin ohjelmat ajettiin asettamalla suodattimet perusasetuksille ja asetettiin tarkastusresoluutio kaikille ohjelmoiduille komponenteille samaksi. Laite antaa tarkastuksen jälkeen hyvyysluvun, joka kertoo kuinka paljon kohteen kirkkaus, kontrasti, väri ja värien kylläisyys vastasivat referenssikuvaa. Luku ilmoitetaan prosentteina. Nämä hyvyysluvut kerättiin jokaiselta tarkastetulta juotokselta ja laskettiin hyvyyslukujen keskiarvo sekä keskihajonta. Tuloksilla pyrittiin selvittämään eri valaistustekniikoiden soveltuvuutta SMD-komponenttien juotosten tarkastamiseen.

Ohjelmointi onnistui suhteellisen mutkattomasti, koska laitteen ohjelmointia varten oli käyty kahdessa koulutuksessa ja laitetta oli ohjelmoitu edeltävän vuoden aikana useita kertoja.

5.1.1 Juotosten tarkastus käyttäen Main-valaistusta

Tarkastustulokset käyttäen Main-valaistusta perusasetuksilla on esitetty liitteessä 1. Ajettaessa sama piirilevy 10 kertaa saatiin juotostarkastuksille keskihajonnaksi 5,91. Juotokset vastasivat keskiarvolla 76,04 % referenssijuotosta. Prosenttiarvo on korkea, mutta valaisutekniikka on kuitenkin huonosti soveltuva juotosten tarkastamiseen. Pelkkä objektiivin ympärillä oleva LED-valaistus ei korosta itse juotosta juurikaan. Main-valaistusta käytettäessä myös väritieto välittyy kohteesta, jolloin mm. vihreä väritieto häiritsee tarkastusta, jos käytössä on vihreä piirilevy. Juotoksen ja vihreän piirilevyn välille ei muodostu selvää kontrastia, joka on edellytys vakaalle tarkastustulokselle.

Main-valaistuksella juotos erottuu juotosalueesta heikosti ja selvää eroa juottuneen ja juottumattoman komponentin välillä ei ole. Valaistuksen käytössä vaarana on, että huono juotos nähdään hyvänä. Graafisella suodattamisella kontrastia saadaan muodostettua kynnystämällä kuvaa sopivalla arvolla, jolloin kontrastia juotoksen ja piirilevyn välille saadaan muodostettua. Tällöin myös valaistustekniikka soveltuu jollain tapaa juotosten tarkastamiseen. Main-

valaistus sopii käytettäväksi kaikille tällä hetkellä käytössä oleville juotosalueen pinnoitemateriaaleille. Kuvassa 10. on esitetty 0603-kokoinen vastus Main-valaistuksella kuvattuna.

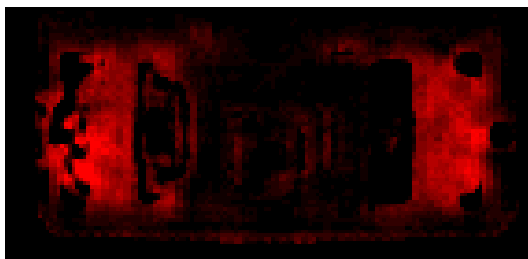


Kuva 10. Vastus Main-valaistuksessa

5.1.2 Juotosten tarkastus käyttäen Side-valaistusta

Side-valaistusta käytettäessä samalle piirilevyllä 10:llä ajolla saatiin keskihajonnaksi 6,34, keskiarvon ollessa 77,72 % referenssikuvasta. Testaustilanteessa laite tulkitsi kahdeksannella ajokerralla yhden juotoksen virheelliseksi tarkastusprosentilla 58 %.

Side-valaistuksella saadaan selvä kontrasti juotoksen ja juotosalueen välille, joten se soveltuu juotosten tarkastukseen huomattavasti luotettavammin kuin Main-valaistuksen käyttö. Valaistusta käyttäessä ei ole vaaraa, että juottumaton komponentti jäisi havaitsematta, mutta päänvaivaa voi aiheuttaa hyvien juotoksien tunnistaminen huonoksi, jos juotosprosessi ei ole vakaa. Side-valaistuksen ohjelmointi on haastavaa, mutta oikeilla parametreilla sillä päästään erittäin hyviin tuloksiin. Kuvassa 11 on esitetty 0603-kokoinen vastus Side-valaistuksella kuvattuna.



Kuva 11. Vastus Side-valaistuksessa

Kuvassa näkyvä punainen heijastuma on juotetta.

5.1.3 Juotosten tarkastus käyttäen Doal-valaistusta

Doal-valaistuksella saavutettiin kaikista pienin keskihajonta ajettaessa sama levy 10 kertaa. Keskihajonta oli 1,21 tarkastusten keskiarvon ollessa 97 %. Tulosten perusteella valaistustekniikka vaikuttaisi olevan aivan ylivertainen kahteen edelliseen valaisimeen verrattaessa.

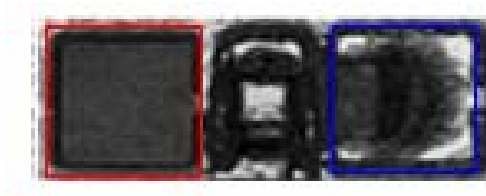
Tuloksia tarkasteltaessa on syytä kuitenkin huomioida kuinka itse valaistustekniikka toimii. Doal-valaistuksella saadaan heijastuma vain suoralta pinnalta. Tämän vuoksi tekniikka on todella tehokas ja varma tarkastamaan onko juotosalueella tinaa vai ei. Tekniikkaa käyttämällä ei kuitenkaan ole mahdollisuutta nähdä juotoksen muotoa tai onko tinaa riittävästi. Doal-valaistus soveltuukin erityisen hyvin vakaaseen juotosprosessiin, jossa juotosvirheen ovat yleensä on-off-tyyppisiä eli tinaa joko on tai ei, eikä juotoksen muodolla ja tinan määrällä ole väliä. Valaisimella saadaan erittäin hyvä suhde oikeiden virheiden ja väärin virheiden löytymisen välille.

Doal-valaistuksessa vaarana on myös ohuen juotoksen hyväksyminen, koska pienikin tinamäärä juotosalueella aiheuttaa kohteen muuttumisen kuperaksi, jolloin valo ei heijastu enää takaisin kameraan. Valaistustekniikka ei myöskään sovellu käytettäväksi kaikille käytössä oleville pinnoitemateriaaleille. Pinnoitemateriaalin ollessa hopeaa tai tinaa juotosalue heijastaa valon takaisin samanlaisena kuin miltä hyvä juotos näyttää (tumma), jolloin on mahdoton sanoa, onko komponentti itse asiassa juottunut vai onko kuvassa tyhjä juotosalue. Kuvassa 12 ja 13 on havainnollistettu pinnoitemateriaalin vaikutusta Doal-valaistukseen.



Kuva 12. Tinattu juotosalue DOAL-valaistuksessa

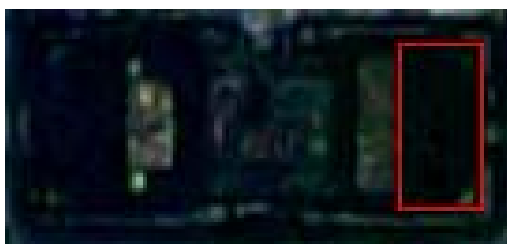
Kuvasta huomataan, että vasemmanpuoleinen tyhjä juotosalue näyttää lähes samalta kuin hyvin juottunut komponentti.



Kuva 13. Hopeoitu juotosalue Doal-valaistuksessa

Juotosalueen ollessa hopeoitu tilanne on miltei sama.

Myös tyhjä HASL-juotosalue (Hot Air Solder Level) heijastuu takaisin miltei samanlaisena kuin hyvä juotosalue. HASL-pinnoitteen kanssa valaisutekniikkaa on mahdollista käyttää, mutta suodatinasetukset on asetettava erittäin herkäksi, jotta tyhjän juotosalueen ja hyvän juotoksen ero on mahdollista havaita. Koska kontrasti juottumattoman ja juottuneen komponentin välillä on kuitenkin erittäin pieni, ei valaisutekniikkaa voi suositella käytettäväksi HASL-pinnoitteen kanssa. Doal-valaistus olisi aivan ylivertainen muihin tekniikoihin nähden, mutta sen käyttö on rajoittunut vain muutamaankin pinnoitemateriaaliin. Alla on esitetty 0603-kokoinen vastus Doal-valaistuksella kuvattuna.



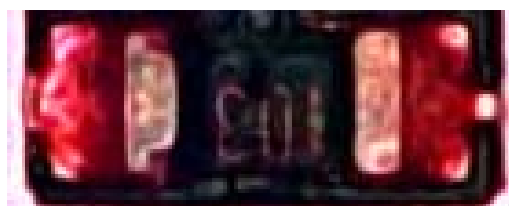
Kuva 14. Vastus DOAL-valaistuksessa

5.1.4 Juotosten tarkastus käyttäen Main+Side+Doal-valaistusta

Yhdistämällä kaikki kolme valaisutekniikkaa juotosten keskihajontaa ei voitu laskea. Laite havaitsi kahdeksalla tarkastuksella kymmenestä saman komponentin juotoksen virheelliseksi värien kylläisyyden vuoksi. Kun kyseessä on värien kylläisyydestä aiheutuva tarkastuspisteen hylkääminen laite ei myöskään anna kohteelle hyvyyslukua. Tämän vuoksi ei keskiarvoa eikä keskihajontaa voitu laskea. Jos kyseinen juotos jätettiin pois laskuista saatiin keskihajonnaksi 4,57 keskiarvon ollessa 77,5 % referenssistä.

Yhdistämällä kaikki käytössä olevat valaisimet saavutetaan optimaalinen valaisu kohteelle. Kohde valaistetaan nyt kolmesta eri kulmasta kolmella erilaisella valaisimella. Main-valaisimella 70–80 asteen, Side-valaisimella 75–80 asteen ja Doal-valaisimella 90 asteen kulmassa. Nämä yhdistettynä saavutetaan valaistus, joka ei kärsi yksittäisen valaistustekniikan huonoista puo- lista vaan jokaisen hyvät puolet yhdistyvät.

Main+Side+Doal-valaistustekniikkaa käyttämällä saadaan juotoksen ja juotosalueen välille suurin kontrasti. Doal-valaistuksella nähdään tehokkaasti tina juotosalueelta ja siihen yhdis- tetty Side-valaisin, jolloin nähdään myös juotoksen muoto. Tekniikalla nähdään onko tinaa todella tarpeeksi vai ei asetettujen toleranssien puitteissa. Toinen valaistustekniikan suuri etu on, että nyt myös tina-, hopea- ja HASL-juotosalueet erottuvat selvästi niiden ollessa tyhjiä. Valaistusta on siten mahdollista käyttää kaikkien pinnoitemateriaalien kanssa. Tämä helpot- taa ohjelmoinnin opettelua suuresti, koska kaikki juotokset voidaan käytännössä tarkastaa yksillä asetuksilla, eikä ohjelmoijan tarvitse alkuun opetella kaikkien valaisutekniikoiden mahdollisia parametrejä. Kuvassa 15 on esitetty 0603-kokoinen vastus Main+Side+Doal- valaistuksella kuvattuna.



Kuva 15. Vastus Main+Side+Doal-valaistuksessa

5.2 Muokatut asetukset

Perusasetuksilla ajettaessa ja niistä tehtyjen havaintojen perusteella suodatusasetuksia muo- kattiin paremmin soveltuvimmaksi juotosten tarkastukseen. Testit ajettiin samalla piirilevyllä ja samalla tarkastusresoluutiolla kuin edellisissäkin testeissä, jotta muutosten vaikutus näh- dään selvimmin.

5.2.1 Main-valaistus

Main-valaistus on oletusarvoisenaan niin hyvä, kuin se juotostarkastukseen voi olla. Parametrejä ei voi enää asettaa sallivammaksi tästä, koska jo perusasetuksilla se on vaarallinen juotos-ten tarkastukseen. Main-valaisin ei tuo tarpeeksi kontrastia juotoksen ja piirilevyn välille. Main-valaisin kärsii myös varjostumisesta, jos kuvattava kohde on korkean kohteen vieressä. Tämä on tyypillinen ongelma etuvalaisimille. Main-valaistus sopii käytettäväksi itse kompo-nenttien koteloiden tarkastamiseen, onko ladonta onnistunut asetettujen toleranssien puit- teissa.

5.2.2 Side-valaistus

Perusasetuksilla ajettaessa Side-valaisin aiheutti yhden väärän hälytyksen. Näin pienellä sarjal- la ja komponenttimäärällä väärät hälytykset on saatava kokonaan pois, jotta isompaan sarjaan siirryttäessä asetuksia voidaan järkevästi käyttää. Perusasetukset aiheuttivat kymmeniä väärää hälytyksiä, kun piirilevyn kaikki vastukset tarkastettiin.

Sivuvalaistusta käytettäessä valo heijastuu vain kaarevilta tai kuperilta pinnoilta, jolloin itse komponenttia ei nähdä. Sivuvalaistuksen haittana on kuitenkin varjojen syntyminen, aivan kuten Main-valaistuksellakin. Valaistustekniikka on myös erittäin herkkä ja siitä onkin havait- tavissa tyypillisiä pimeän kentän valaisimen ongelmia – pienet kappaleet tai liika kohteessa aiheuttavat tunnistamisen herkästi vääräksi. Jotta tätä ongelmaa saadaan vähennettyä, ase- taan punavalon suodattimista blur-toiminto arvoon +1. Blur-toiminto sumentaa kuvaa, jol- loin pienet partikkelit eivät haittaa tarkastusta. Jos juotosprosessi ei ole vakaa tai piirilevyt on aaltojuotettuja, blur-toimintoa on lisättävä edelleen arvoihin +2 - +3, riippuen juotoksen laa- dusta. Kyseisillä piirilevyillä ja juotoslaadulla tähän ei ollut kuitenkaan tarvetta.

Komponentin ollessa korkean kohteen vieressä juotosta ei perusasetuksilla varjostumisen vuoksi nähdä lainkaan. Varjostumisen vaikutuksen vähentämiseksi suodatinasetuksista ase- tettiin lisäksi red level arvoon +2, jolloin punavalon voimakkuus korostuu.

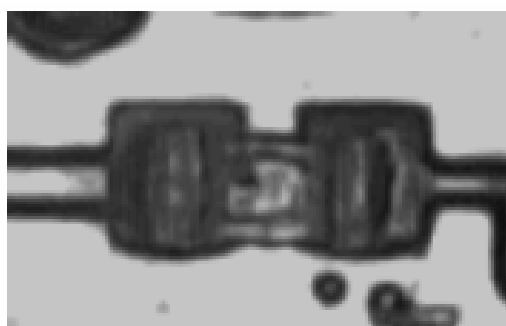
Suodattimiin tehdyillä muutoksilla testit ajettiin nyt uudestaan, jolloin myös väärä hälytys saa- tiin kitkettyä pois. Myös hyvyyslukujen keskihajonta pieneni hiukan arvoon 5,08.

5.2.3 Doal-valaistus

Doal-valaistusta käytettäessä havaittiin hyvyyslukujen olevan todella korkeita. Tämä johtuu käytetystä valaistustekniikasta ja sen rajoittuvuudesta vain harmaasävyihin. Jotta Doal-valaisin saataisiin luotettavaksi, täytyy juotosten hyväksymisprosentti nostaa arvoon 80 %. Prosentin nostamatta jättäminen altistaa tarkastuksen hyväksymään tilanteen, jossa tinaa on valunut juotosalueelle, mutta se ei ole vettynyt kunnolla komponentille.

Doal-valaisu perustuu koaksiaalisen valaisimen aiheuttamaan kirkkaaseen jopa ylivalottuneeseen kuvaan suoralta pinnalta. Koaksiaalinen valaisu ei myöskään kärsi varjostumisesta joten sitä on mahdollista käyttää paikoissa joissa sivuvalaistus ei ole mahdollinen.

OSP-pinnoitetta (Organic Solderability Preservative) käytettäessä Doal-valaistukselle on syytä aktivoida myös värintunnistus. Pinnoitemateriaali heijastaa valon pois kamerasta aivan kuin komponentti olisi juottunut hyvin. OSP-pinnoitteen käyttäytymistä Doal-valaistuksessa on havainnollistettu kuvissa 16 ja 17.



Kuva 16. Juottumaton komponentti Doal-valaistuksessa



Kuva 17. Juottumaton komponentti Doal-valaistuksessa värit lisättynä

Kuvasta 16 huomataan, että oikeanpuoleinen juottumaton sivu näyttää miltei samalta, kuin hyvin juottunut puoli. Kontrastia ei juuri muodostu huonon ja hyvän juotoksen välille. Kuvasta 17 huomataan juottumaton puoli selvästi juotosalueen ollessa oranssi.

5.2.4 Main+Side+Doal

Main+Side+Doal -valaisutekniikan ongelmana perusasetuksilla oli niiden herkkyys. Nyt myös Doal-valaisimen kanssa saadaan käyttöön kaikki väritieto ja toisaalta taas saadaan varjoista kärsimätön Side-valaistus.

Jotta valaistustekniikka saataisiin toimivalle tasolle, täytyy värien tunnistusta ja kylläisyyttä vähentää kuvista graafisesti. Doal-valaistukseen on nyt lisätty Side-valaistuksen kyky nähdä myös juotteen muoto, jolloin Side-valaistuksesta aiheutuvaa värien kylläisyyttä täytyy graafisesti vähentää. Suodatinasetuksista hue asetetaan arvoon -5 ja saturaatio arvoon -7. Vähentämällä laitteen tarkkuutta värientunnistuksessa saadaan juotostentarkastuksesta liika herkkyys pois. Pieni värisävyjen muuttuminen ei kuitenkaan ole juotosten tarkastuksessa ongelma, joten tehdyillä muutoksilla ei ole sitä vaaraa, että juottumaton komponentti hyväksyttäisiin. Juotosalueen täytyy edelleen heijastua punertavana, jotta se on sallittujen toleranssien välissä.

Tehtyjen muutosten jälkeen sarja ajettiin uudestaan, jolloin vääriä hälytyksiä ei enää aiheutunut. Keskihajonnaksi saatiin nyt 5,15 keskiarvon ollessa 80 % referenssikuvasta.

5.3 Ohjelmien toiminta sarjan muilla korteilla

Samat juotokset testattiin myös AVR Frodo-piirilevyn pienelle sarjalla. Pieneksi sarjaksi valittiin piirilevyjä 10 kpl. Piirilevyt valittiin siten, että sarjassa oli erilaisilla pinnoitemateriaaleilla toteutettuja levyjä. Alla olevassa taulukossa on esitetty tarkastettujen piirilevyjen referenssit ja niissä käytetty pinnoitemateriaali.

Taulukko 1. Piirilevyjen pinnoitemateriaalit

Piirilevyn sarjanumero	Pinnoitemateriaali
A9	HASL (Hot Air Solder Level)
E9	Orgaaninen pinnoite (OSP)
A11	HASL
E3	Orgaaninen pinnoite (OSP)
D16	Nikkeli/kulta (NiAu)
D12	Nikkeli/kulta (NiAu)
C6	Kemiallinen immersiotina
C9	Kemiallinen immersiotina
C11	Kemiallinen immersiotina
C10	Kemiallinen immersiotina

Erilaisia pinnoitemateriaaleja haluttiin tarkastukseen, jotta nähtäisiin eroavatko juotokset riippuen materiaalista niin paljon, että jollain valaisutekniikalla tarvittaisiin uusi referenssikuva tai suodattimien säätämistä.

Tällä testillä voitiin lisäksi mitata valaisutekniikoiden todellista kykyä ja löydettyjen suodatinasetusten soveltuvuutta juotosten tarkastukseen. Nyt testatuissa piirilevyissä on normaalia juotosten vaihtelua ja voidaan testata antaako jokin valaistustekniikka vääriä hälytyksiä vielä muokatuilla asetuksillakin.

Alla olevassa taulukossa on esitetty eri valaisutekniikat ja niiden hyvyyslukujen keskihajonta sekä keskiarvo saman sarjan 10:lle eri piirilevyille. Kaikki valaisutekniikat ja asetukset toimivat nyt mallikkaasti, eikä uusia referenssikuvia ei tarvinnut ottaa.

Taulukko 2. Valaistustekniikat

Valaistustekniikka	Keskihajonta	Keskiarvo
MAIN	5,55	75,65
SIDE	7,25	74,88
DOAL	1,31	96,99
MAIN + SIDE + DOAL	5,67	73,12

Tuloksista nähdään, että Doal-valaistus on edelleen keskihajonnan suhteen pienin. Kuitenkin Doal-valaistusta käytettäessä on syytä muistaa edellä esitetyt kommentit liittyen valaistukseen. Valaistuksesta puhuttaessa ei voida varmaksi sanoa olisiko se tunnistanut sarjassa olleilta tinapinnoitelevyiltä puuttuneet juotokset. Doal-valaistusta tulee siis käyttää erittäin harki-

ten, mutta jos pinnoitemateriaali on sopiva, on se erittäin toimiva ja helposti ohjelmoitavissa juotosten tarkastukseen.

Seuraavana keskihajonnan suhteen on Main-valaistus. Main-valaistuksen käyttöön juotostarkastuksessa ei kuitenkaan ole mitään syytä johtuen sen kyvystä tuottaa huono kontrasti juotoksen ja piirilevyn välille. Valaistusta käytettäessä on todellinen vaara, että huono juotos tunnistetaan hyväksi.

Jo edellisissä testeissä havaittiin Main+Side+Doal-valaistustekniikka kaikista järkevimmäksi tekniikaksi tunnistamaan juotokset. Myöskään 10:llä eri levyllä valaistustekniikka ei vaatinut lisää säätämistä vaan se toimi, kuten pitikin. Main+Side+Doal-valaistuksen suurin etu on sen soveltuvuus kaikille mahdollisille pinnoitemateriaaleille. Valaistuksen kanssa ei ole myöskään vaaraa, että juottumaton komponentti hyväksyttäisiin eikä se ole tehtyjen suodatinasetuksien muutoksien jälkeen kuitenkaan liian herkkä väärille hälytyksille.

Side-valaistus jäi keskihajonnan suhteen huonoimmaksi ja se onkin valaistustekniikoista herkin juotoksien muutoksille. Tekniikka on hyvä havaitsemaan juotokset, mutta ongelmia aiheuttaa väärät hälytykset. Side-valaistuksen ohjelmointi vaatii hieman enemmän paneutumista, jotta vääristä hälytyksistä päästää eroon. Tekniikan käyttöön ei kuitenkaan juotosten tarkastuksessa ole mitään syytä, jos laitteessa on mahdollisuus Main+Side+Doal-valaistuksen käyttöön. Main+Side+Doal-valaistuksella saavutetaan helpompi ohjelmointi sekä vähemmän vääriä hälytyksiä. Pelkän Side-valaisimen käyttö rajoittuukin tekstien ja polariteettimerkkien tunnistukseen komponenttien pinnalta, johon se soveltuu ajoittain todella hyvin. Juotostarkastukset Side-valaistuksella hoidetaan vanhempien Marantz AOI -mallien kanssa, joissa ei vielä ole mahdollisuutta Main+Side+Doal-valaistukseen.

Kaikki valaistustekniikat saatiin toimimaan muokatuilla asetuksilla 10:lle eri piirilevyllä hyvin. Tuloksista voidaankin päätellä, että laite soveltuu hyvin käytettäväksi myös pienemmille sarjoille. Tämän on myös käytäntö opettanut.

5.4 Ratkaisun soveltaminen muihin komponentteihin

Main+Side+Doal-valaistustekniikan soveltuvuutta testattiin seuraavaksi myös muille pintaliitosteknologiaan. AVR Frodo -piirilevyn TOP-puolelta löytyy myös kokoa 0603 suurempia vastuksia, kondensaattoreita sekä diodeja joihin edellä havaittuja asetuksia testattiin.

Asetuksia testattiin ensin 1206-kokoiseen kondensaattoriin. Kuvassa 18 on esitetty 1206-kokoinen kondensaattori Main+Side+Doal-valaistuksessa.



Kuva 18. 1206-kondensaattori Main+Side+Doal-valaistuksessa

Yllä olevasta kuvasta huomataan, että juotoksien tunnistusprosentti on 78 % ja 72 %, vaikka juotokset ohjelmoitiin 0603-kokoiselle vastukselle. Piirilevyltä testattiin kaikki samankokoiset kondensaattorit ja asetukset toimivat moitteetta. Main+Side+Doal-valaistuksella juotoksesta tuleva heijastuma on samanlainen riippumatta komponentin koosta tai käytetystä pinnoitemateriaaliasta. Käytetyt asetukset ovat hyvin sovellettavissa kaikkiin 0603 – 1510 kokoiisiin palakomponentteihin. Komponenttien ollessa kokoa 0402 tai tästä alaspäin, juotosalue on niin pieni, että tarkastusalue täytyy pienentää, mutta edelleen samat asetukset toimivat. Vastaavasti tarkasteltaessa 1512-kokoisia tai isompia komponentteja, tarkastusalueen kokoa on syytä muuttaa isommaksi.

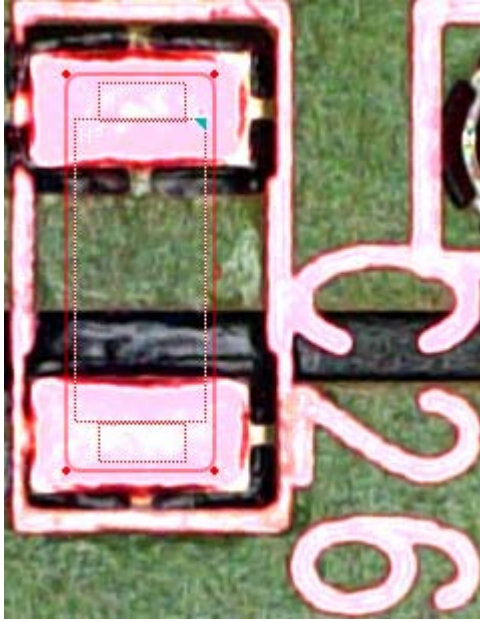
Seuraavaksi testattiin piirilevyltä löytyvä 32 kHz -kide, jotta nähtiin ratkaisun toimivuus jalallisille komponenteille. Kuvassa 19 on esitetty kide Main+Side+Doal-valaistuksessa.



Kuva 19. 32 kHz -kide Main+Side+Doal–valaistuksessa

Kuvasta huomataan, että juotosten tunnistusprosentit ovat: 70 %, 71 %, 67 % ja 68 %. Ratkaisua testattiin myös muilla sarjan piirilevyillä, koska kiteitä oli vain 1 kpl per piirilevy. Jokaisella piirilevyllä kiteen juotokset tunnistettiin oikein. Tuloksista voidaan päätellä, että löydetty ratkaisu soveltuu käytettäväksi myös jalallisille komponenteille.

Lopuksi ratkaisua testattiin tyhjälle juotosalueelle. Tällä haluttiin nähdä tunnistaako laite ratkaisua käytettäessä juottumattoman komponentin. Piirilevyiltä valittiin referenssipiste C26, jossa ei tarkastetuissa piirilevyissä ollut komponenttia. Kohtaan ohjelmoitiin 1206-kokoinen kondensaattori. Kuvassa 20 on ohjelmoitu 1206-kokoinen kondensaattori tyhjille juotosalueille.



Kuva 20. Kondensaattori tyhjillä juotosalueilla

Kuvasta voidaan todeta, että laite ei tunnista juotoksia ja hyvyysluvuksi molemmille juotoksille saadaan 0 prosenttia. Tilanne toistettiin myös muilla sarjan korteilla ja kaikissa korteissa laite tunnisti juotokset virheellisiksi. Tuloksista voidaan siten päätellä, että ratkaisu myös tunnistaa juottumattoman komponentin.

6 PÄÄTELMÄT

Tehtyjen mittausten ja testien perusteella juotosten tarkastukseen ei tulisi valita mitään valaistustekniikkaa yksistään, vaan käyttää näitä kaikkia kolmea yhtä aikaa. Main+Side+Doal-valaistuksella saavutetaan optimaalinen valaisu kohteelle kolmesta eri kulmasta. Valaistus sopii käytettäväksi kaikkien pinnoitemateriaalien kanssa eikä se kärsi muun muassa Side-valaistusta haittaavasta varjostumisesta. Main+Side+Doal-valaistusta käytettäessä ei myöskään ole vaaraa, että juottumaton komponentti jäisi huomaamatta. Valaistus on myös mahdollista säätää aaltojuotosten tarkastamiseen.

Doal-valaistus on erittäin stabiili, mutta se on kuitenkin vaarallinen juotosalueen ollessa hopeoitu tai tinattu. Valaistuksella ei myöskään ole mahdollista nähdä juotteen määrää eikä muotoa. Jos valaistusta halutaan syystä tai toisesta kuitenkin käyttää tulee hyväksymisprosentti asettaa vähintään arvoon 80 %. Koaksiaalinen valaisu on erittäin tehokas havaitsemaan naarmuja tai koloja piirilevyttä.

Side-valaistuksella ongelmia saattaa aiheuttaa kohteiden varjoistuminen. Valaistusta käyttäessä ei ole vaaraa, että juottumaton komponentti jäisi havaitsematta, mutta päänvaivaa voi aiheuttaa hyvien juotoksien tunnistaminen huonoksi, jos juotosprosessi ei ole vakaa. Valaisu on lisäksi herkkä, jonka vuoksi ohjelmointi vaatii hieman enemmän ohjelmoijalta, kuin käytettäessä muita valaistustekniikoita. Ohjelmoijan täytyy asettaa parametrit niin, että valaisimen liika herkkyys saadaan pois juotoksia tarkastettaessa. Valaistus sopii käytettäväksi erittäin hyvin myös tekstien ja polariteettimerkkien tunnistukseen komponentin pinnalta.

Main-valaisin kärsii varjostumisesta, jos kuvattava kohde on korkean kohteen vieressä. Valaistus sopii käytettäväksi komponenttien koteloiden tarkastamiseen, onko ladonta onnistunut asetettujen toleranssien puitteissa. Valaistusta voidaan käyttää myös tekstin tai komponentin polariteetin tarkistamiseen, mutta juotosten tarkastamiseen sitä ei tulisi käyttää.

7 OHJEEN LAATIMINEN

Tehtyjen tutkimusten ja laitteesta olevan asiantuntemuksen pohjalta työn tilaajalle laadittiin Marantz AOI -laitteen helppolukuinen ohje. Apuna käytettiin myös AOI-laitteen englanninkielistä ohjekirjaa ja muuta laitteesta olevaa opetusmateriaalia.

Ohjeessa käydään läpi vaihe vaiheelta piirilevyn ohjelmointi sekä eri asetusten merkitys ja niiden toiminta. Kuinka erilaisia valaistustekniikoita tulisi ohjelmoida ja milloin mitään valaistustekniikkaa tulisi käyttää. Ohje on asiakkaille tarkoitettu opas laitteen koulutuksen jälkeiseen ohjelmointiin.

Ohjeen kirjoittaminen aloitettiin harjoittelujakson aikana talvella 2006 ja sitä on päivitelty laitteesta saadun kokemuksen kasvaessa.

8 YHTEENVETO

Tässä työssä tutkittiin Marantz AOI –laitteen eri valaistustekniikoiden kykyä tarkastaa pintaliitoskomponenttien juotokset. Juotosten tarkastaminen on yksi AOI –laitteiden tärkeimmistä ja samalla vaativimmista osa-alueista. Juotosvirheet ovat yksi tyypillisimmistä virheistä mitä piirilevyissä esiintyy ja joista halutaan eroon AOI-laitteen ja siitä saatavan datan avulla. Tarkoituksena oli löytää yksi yleispätevä ratkaisu kaikkien pintaliitoskomponenttien juotosten tarkastukselle. Tuloksilla pyrittiin ohjelmoinnin ja laitteen käyttöönoton helpottamiseen antamalla selvät ohjeet laitteen ohjelmoijalle.

Laitteessa on mahdollista käyttää etu-, sivu-, ja diffuusivalaistusta tai näiden yhdistelmiä. Valaistustekniikoita vertailtiin ohjelmoimalla erä Kajaanin ammattikorkeakoulun teettämiä AVR Frodo –piirilevyjä laitteen kaikilla eri valaisutekniikoilla. Jokaiselle valaisutekniikalle laskettiin ohjelmoitujen juotosten hyvyyslukujen keskihajonta. Hyvyysluku on laitteen antama luku, joka ilmoittaa, kuinka hyvin kohde vastasi referenssiä. Laskemalla hyvyyslukujen keskihajonta pyrittiin selvittämään valaistustekniikka, jolla saavutetaan toistettavin tarkastustulos.

Tehdyillä testeillä ja laitteistosta olevan kokemuksen avulla ratkaisu löydettiin ja sen soveltuvuutta testattiin pienellä sarjalla AVR Frodo –piirilevyjä. Main+Side+Doal–valaistus osoitautui laitteen tehokkaimmaksi tekniikaksi juotosten tarkastukseen. Se soveltuu käytettäväksi kaikkien piirilevyissä esiintyvien pinnoitemateriaalien kanssa, sekä sen ohjelmointi on helppoa löydetyillä asetuksilla. Ratkaisua on sovellettu useasti myös asiakkaille tehdyissä ohjelmissa, ja se on todettu erittäin toimivaksi.

Tehtyjen tutkimusten ja laitteesta olevan asiantuntemuksen pohjalta työn tilaajalle laadittiin lisäksi helppokäyttöinen ohje laitteen käyttöön ja komponenttien ohjelmointiin. Tarkoituksena oli, että ohje palvelee asiakkaita laitteen koulutuksen jälkeen.

LÄHTEET

- 1 Pietikäinen, M., Silven, O. Konenäkö. Oulun Yliopisto. Luettu 17.3.2007. [WWW-dokumentti] <http://www.ee.oulu.fi/mvg/about/konenako.pdf>
- 2 Romppainen, P. Konenäkö. Kajaanin ammattikorkeakoulu, 2002 Opintomoniste
- 3 Reinikainen, P. Led mullistaa valaistuksen. Vantaan Energia Oy:n asiakaslehti 4/2006
http://www.vantaanenergia.fi/content_images/EV0406_verkko.pdf
- 4 IPC, IPC-A-610 Acceptability of Electronic Assemblies; Revision D, 2005
- 5 Kuure, A. Exéns Development Oy, AVR-FRODO Toimintaselostus, 28.12.2004
- 6 Lenkkeri, J., Majamaa, T., Jaakkola, T., Karppinen, M., Kololuoma, T. Tulevaisuuden elektroniikan pakkaus- ja komponenttitekniikat. VTT Elektroniikka Luettu 17.3.2007 [WWW-dokumentti] <http://virtual.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2003/T2213.pdf>
- 7 Uusitalo, J. Optiikka ja kuvausgeometria. Tampere University of Technology. Luettu 17.3.2007 [WWW-dokumentti]
[http://pe.tut.fi/courses/konenako.nsf/262de9cadd394639c2257051003d498a/4e60ae1899bd4d7bc2256fda0026b36a/\\$FILE/Optiikka%20ja%20kuvausgeometria.pdf](http://pe.tut.fi/courses/konenako.nsf/262de9cadd394639c2257051003d498a/4e60ae1899bd4d7bc2256fda0026b36a/$FILE/Optiikka%20ja%20kuvausgeometria.pdf)

LIITEIDEN LUETTELO

LIITE 1 MITTAUSTULOKSET

Testit perusasetuksilla

MAIN

Table with columns: 1. ajo, 2. ajo, 3. ajo, 4. ajo, 5. ajo, 6. ajo, 7. ajo, 8. ajo, 9. ajo, 10. ajo, Keskihajonta. Rows include juotos1 and juotos2 for each round.

SIDE

Table with columns: 1. ajo, 2. ajo, 3. ajo, 4. ajo, 5. ajo, 6. ajo, 7. ajo, 8. ajo, 9. ajo, 10. ajo, Keskihajonta. Rows include juotos1 and juotos2 for each round.

DOAL

Table with columns: 1. ajo, 2. ajo, 3. ajo, 4. ajo, 5. ajo, 6. ajo, 7. ajo, 8. ajo, 9. ajo, 10. ajo, Keskihajonta. Rows include juotos1 and juotos2 for each round.

MAIN + SIDE + DOAL

Table with columns: 1. ajo, 2. ajo, 3. ajo, 4. ajo, 5. ajo, 6. ajo, 7. ajo, 8. ajo, 9. ajo, 10. ajo, Keskihajonta. Rows include juotos1 and juotos2 for each round.

