

Teemu Turunen

Optisten antureiden käyttö teollisuudessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinööriyö

4.2.2019

Tekijä Otsikko	Teemu Turunen Optisten antureiden käyttö teollisuudessa
Sivumäärä Aika	24 sivua + 3 liitettä 4.2.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Automaatiotekniikka
Ohjaajat	Lehtori Esko Tattari
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena on perehdyttää lukija optisten antureiden toimintaan ja käyttöön, sekä syventää lukijan aiempaa tietoa optisista antureista. Työssä käsitellään optisten antureiden fysikaalisia toimintaperiaatteita, antureiden käyttökohteita teollisuudessa sekä yleisimpiä teollisuuden käyttämiä anturimalleja.</p> <p>Optisen anturin tehtävä on muuttaa mitattava suure sähköiseksi signaaliksi. Optisia antureita käytetään teollisuudessa kappaleiden tunnistamiseen, paikoitukseen sekä mittaamiseen. Anturien toiminta perustuu puolijohteisiin, jotka muuntavat mitattavan suureen sähköiseen muotoon. Elektroniikkapiirit tulkitsevat puolijohteilla mitatun arvon ja muuntavat sen halutuksi signaaliksi.</p> <p>Työn teoriaosuuteen käytettiin alan kirjallisuutta antureista sekä elektroniikasta. Työtä varten haastateltiin Suomen suurimpia anturivalmistajia mahdollisimman realistisen kuvan saamiseksi teollisuudessa käytettävistä antureista, niiden toimintaympäristöistä, haasteista sekä tulevaisuuden suuntauksesta.</p> <p>Optiset anturit tulevat kehittymään älykkäiksi antureiksi sekä liittymään IoT-maailmaan eli Internet of Things-maailmaan. Teollinen internet yhdistää laitteet internetiin ja mahdollistaa lähes reaaliaikaisen datan seurannan sekä kaksisuuntaisen tiedonvaihdon ja etäohjauksen. Tulevaisuudessa uudet sovellukset sekä nimenomaan IoT-ratkaisut yleistyvät antureissa sekä teollisuudessa.</p>	
Avainsanat	Valokenno, anturi, teollisuus

Author Title	Teemu Turunen Photoelectric Sensors in Industry
Number of Pages Date	24 pages + 3 appendices 4 February 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation Engineering
Instructors	Esko Tattari, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis is to familiarize the reader with the operation of optical sensors and to deepen the reader's previous knowledge of optical sensors. The work deals with the physical operating principles of optical sensors, the applications of sensors in industry and the most common sensor models used by industry.</p> <p>The function of the optical sensor is to convert the measured quantity into a signal. Optical sensors are used in industry to identify, position and measure pieces. The operating principle of the sensors is based on semiconductor components that conduct electricity and react to external energy sources. In the sensors, the electrical energy is generated by the semiconductors and interpreted by the electronic circuits of the sensor, which transform the current into a signal.</p> <p>Literature from sensors and electronics was used in the theoretical part of the thesis. For the work, interviews were conducted with the largest sensor importers in Finland to get the most realistic view of industrial sensors, their operating environments, challenges and future trends.</p> <p>Optical sensors will develop into smart sensors and connect to the Internet of Things (IoT) world. The industrial internet connects the devices to the internet and enables almost real-time data monitoring and two-way data exchange and remote control. In the future, new applications and specifically IoT solutions will become more common in sensor manufacturing and industry.</p>	
Keywords	Photoelectric sensors, sensors, industry

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Optiset anturit	1
2.1	Optisten antureiden toimintaperiaate	3
2.2	Puolijohteet	4
2.3	N-tyyppin puolijohde	5
2.4	P-tyyppin puolijohde	6
2.5	Puolijohdediodi	7
3	Yleisimmät optiset anturimallit	9
3.1	Heijastava	9
3.2	Polarisoitu valokenno	11
3.3	Kohteesta tunnistava	12
3.4	Lähetin-vastaanotin	12
3.5	Mittaava valokenno	13
3.6	Kuitu	14
4	Käyttökohteet	15
4.1	Kappaletavara-automaatio ja kuljetinjärjestelmät	16
4.2	Kappaleiden mittaus ja paikoitus	17
4.3	Haasteet	18
5	Anturien liitännät	20
5.1	Analoginen	20
5.2	Digitaalinen	21
6	Optisten antureiden tulevaisuus	22
7	Yhteenveto	24
8	Lähteet	26
9	Liitteet	

Liite 1: Haastattelupöytäkirja Sick Oy: 18.12.2018

Liite 2: Haastattelupöytäkirja Pepperl-fuchs Oy 27.12.2018

Liite 3: Haastattelupöytäkirja IFM Oy 4.1.2019

Lyhenteet

Bit	Binary Digit, binäärinumero.
Bluetooth	Standardi langattomien laitteiden kommunikointiin.
DOD	United States Department of Defense. Yhdysvaltain puolustusministeriö.
Input	Tulo.
IoT	Internet of Things. Esineiden internet.
IP	International Protection. Kertoo laitteen suojausluokan.
LED	Light-Emitting Diode. Valoa tuottava puolijohdekomponentti.
mA	Milliampeeri.
NC	Normally Closed. Normaalisti kiinni oleva kärki.
NO	Normally Open. Normaalisti auki oleva kärki.
NpN	KytKentä, joka antaa negatiivisen signaalin.
Output	Lähtö.
PLC	Programmable Logic Controller. Ohjelmoitava logiikka.
PnP	KytKentä, joka antaa positiivisen signaalin.
ToF	Time On Flight. Mittaustekniikka, joka perustuu valon nopeuteen.
VAC	Voltage alternating current. Vaihtovirta.
VDC	Voltage direct current. Tasavirta

1 Johdanto

Opinnäytetyö käsittelee optisten anturien toimintaperiaatteita, yleisimpiä anturimalleja, käyttöä teollisuudessa sekä antureiden tulevaisuutta. Opinnäytetyö tehdään perehdytykseksi ja tietämyksen syventämiseksi optisista antureista sekä niiden käytöstä teollisuudessa.

Työn tarkoituksena on perehtyä optisten antureiden toimintaan, vertailla erilaisia anturimalleja sekä tunnistustekniikoita. Työssä selvitetään myös optisten antureiden käyttökohteita teollisuudessa sekä antureiden toimivuuteen vaikuttavia tekijöitä. Tähän opinnäytetyöhön saatiin haastatteluita Suomen suurimmilta optisten antureiden toimittajilta koskien anturien käyttökohteita, haasteita sekä tulevaisuutta.

Teollisuudessa käytetään todella paljon erilaisia antureita, joten aiheen rajaamiseksi tämä opinnäytetyö keskittyy vain optisiin antureihin ja niiden käyttöön teollisuudessa. Opinnäytetyössä ei keskitytä turva-automaatioon, koska sen vaatimat optiset anturit eroavat huomattavasti teollisuuden tuotannossa käytettävistä antureista.

2 Optiset anturit

Optisten antureiden tutkimisesta ja kehityksestä voidaan pitkälti kiittää Yhdysvaltojen puolustusministeriötä sekä armeijaa (DOD). Yhdysvaltojen puolustusministeriö on ollut ratkaisevassa roolissa valoa havaitsevien laitteiden kehityksessä sekä tutkimisessa. Valoa havaitsevia laitteita kutsutaan valokennoiksi. Antureiden ja valokennojen tarkoitus on muuttaa mitattava suure, tässä tapauksessa valo sähköiseksi signaaliksi. Antureiden elektroniikka suorittaa muunnoksen ja lähettää anturilta viestin eteenpäin analogisena virtaviestinä eli milliampeeri viestinä (mA), tai digitaalisena viestinä eli bitti viestinä (bit). (1, s. 2, s. 307.)

Teollisuudessa valokennoja käytetään monissa eri sovelluksissa. Tyypillisesti valokennoja käytetään kappaleiden tunnistamiseen, mittaamiseen sekä niiden paikoitukseen. Myös turva-automaatioissa käytetään paljon valokennoja sekä valoverhoja. Valokennot käyttävät kappaleiden havainnointiin infrapunavaloa. Infrapunavaloa tuotetaan LED-

valonlähteellä. LED on puolijohdekomponentti, joka tuottaa valoa, kun sen läpi kulkee sähkövirta. Valo lähetetään tietyn pituisina pulsseina. Vastaanotin reagoi vain sille ennalta asetettuihin taajuuksiin. Tällä ehkäistään tehokkaasti ulkoisten valonlähteiden aiheuttamia häiriöitä. Infrapunavalon on myös käyttäjäystävällinen, sillä se ei ole haitallista silmille. (2.)

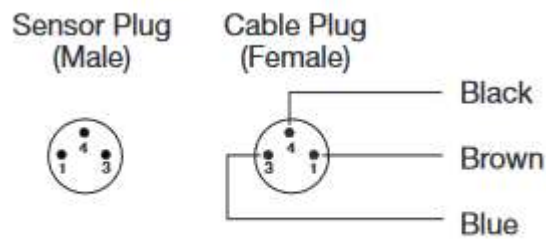
Kuvassa 1 on havainnollistettu valmistajien tyypillisiä valokennoja. Valokennot lähettävät ja vastaanottavat moduloitua infrapunavaloa suoraviivaisena lasersäteenä tai laajempina valokeilana, jolloin anturien kohdistus on lasersädetä helpompaa. Valokennojen toimintaperiaate perustuu käyttökohteesta ja tavasta riippuen joko infrapunasaateen takaisinheijastumiseen tai valonsäteen katkeamiseen. Valokennoissa on valon lähetin sekä vastaanotin. Nämä voivat olla samassa moduulissa tai erillisinä lähetin- ja vastaanotin pareina. Valokennot tarvitsevat käyttöjännitteen, joka on usein sähköturvallisuussyistä 10–30 VDC tasajännitettä. Nykyään markkinoilla on myös antureita, jotka voidaan kytkeä suoraan verkkovirtaan eli käyttöjännite on 10–240 VAC vaihtojännitettä. (3.)



Kuva 1. Vasemmalla on Telco Sensorsin kierrelähtimellä varustettu lähetin ja vastaanotin. Oikealla on SICK-peilistä heijastava valokenno, jossa on lähetin ja vastaanotin on sijoitettu samaan moduuliin. (4; 5.)

Perinteisesti optiset anturit kytketään kuvan 2 mukaisesti kolmella johtimella. Johtimien värit ovat yleisesti ruskea (+), sininen (-) ja musta tiedolle. Antureita voidaan kytkeä myös viidellä johtimella. Tällöin anturissa on valittavissa erilaisia toimintoja. Anturin kahdella johtimella (4 ja 5) voidaan valita joko sulkeutuva- NC (Normally Closed) tai avautuvakärki NO (Normally Open). Johtimilla voidaan valita myös, onko ulostulo positiivinen (PnP) vai negatiivinen (NpN). Antureille on olemassa erilaisia kytkentävaihtoehtoja käyttökohteista ja tarpeista riippuen. Liitinkytkentää käytettäessä anturien vaihtaminen esimerkiksi vika-tilanteessa helpottuu huomattavasti normaaliin kaapelikytkentään verrattuna. Tällöin anturin koko kaapelia ei tarvitse vaihtaa ohjaukselta asti, vaan vioittunut anturi voidaan

irrottaa kytkennän päästä liitoskohdasta ja uusi anturi asentaa vanhaan kaapeliin, joka on kytketty ohjelmoitavaan logiikkaan eli PLC:hen (Programmable Logic Controller).



Kuva 2. Yleinen anturin johdotus kolmella johtimella. Kuva Telco Sensorsin malli liittimestä. (4.)

Liittimiä ja antureita on saatavilla IP-luokituksilla suojattuina (International Protection), joten ne käyvät myös vaativiin paikkoihin, esimerkiksi paikkoihin, joissa on jatkuvaa vesisuihkua (IP68-luokka).

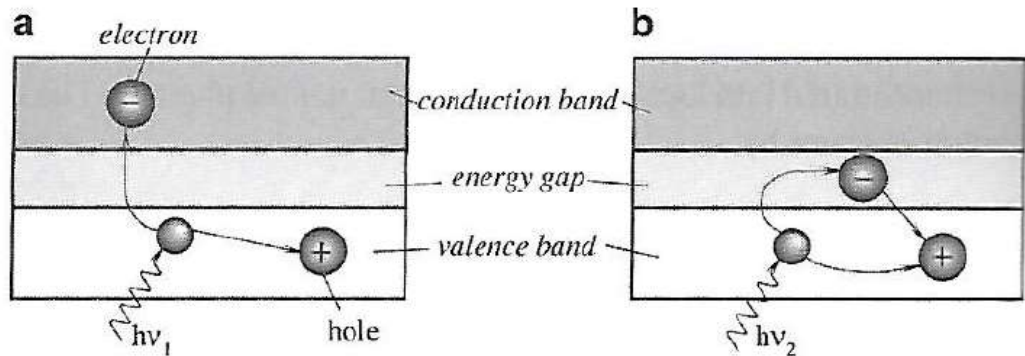
2.1 Optisten antureiden toimintaperiaate

Optisten antureiden toimintaperiaate perustuu elektronien virittymiseen. Elektronien virittymistä on tutkinut Nobel-palkittu Albert Einstein. Hän todisti vuonna 1905 fotonien, eli valon säteilyhiukkasten, vaikutuksen elektroneihin kvanttiteoriaa käyttäen (1, s. 307). Yhden fotonin energiamäärää voidaan kuvata yhtälöllä 1.

$$E = h\nu \quad (1)$$

E on fotonin energia,
 $h = 6.626075 \times 10^{-34}$ J,
 ν on valon taajuus.

Valon sisältämät fotonit luovuttavat energiaa puolijohteiden sisältäville elektroneille eli varauksenkuljettajille. Elektronit virittyvät, mikäli ne saavat tarpeeksi suuren energiamäärän fotonien iskeytyessä puolijohteen pintaan. Elektronin virittyessä se pyrkii puolijohteen valenssivyöltä johtavuusvyölle. Elektronin täytyy saada yhdeltä fotonilta tarpeeksi energiaa virittyäkseen. Elektronit eivät siis voi saada energiaa useammilta fotoneilta samanaikaisesti. Elektronin tulee virittyä yhden fotonin sisältämästä energiasta tai muuten se ei virity lainkaan. Kuvassa 3 on havainnollistettu elektronin liikettä puolijohhteessa. (2, s. 461–462.)



Kuva 3. Elektroni ja aukko puolijohteessa. Varaukset sijaitsevat valenssivyöllä. Kohdassa a fotonilla on tarpeeksi energiaa, jolloin elektroni liikkuu valenssivyöltä johtavuusvyölle. B-kohdassa fotonilla ei ole tarpeeksi energiaa ja elektroni ei pääse liikkumaan kielletyn alueen ylitse. Kielletyllä alueella ei voi elektroneja. (2. s, 462.)

2.2 Puolijohteet

Optisissa antureissa valon havaitsemiseen käytetään puolijohteita, jotka reagoivat pieniin energiamääriin. Puolijohteet johtavat sähköä metalleja huonommin, mutta eristeitä paremmin. Puolijohteet reagoivat pieniin ulkoisiin energiamääriin ja elektronit virittyvät sähköön kuljettamiseen. Puolijohteissa sähköä kuljettavat viritetyn kehän elektronit ja valenssikehän aukot. Aukoilla tarkoitetaan, että alkuaineen atomirakenteessa on tilaa elektroneille. (2, s. 462; 4.)

Pii (Si) on yleisesti käytetty alkuaine puolijohteissa. Sekoittamalla piitä muihin alkuaineisiin, puolijohteiden ominaisuuksia voidaan muokata ja niihin saadaan haluttuja ominaisuuksia. Puolijohteiden ominaisuuksia ovat niiden erilaiset optimi toimintalämpötilat sekä ominaisuudet sähköön kuljettamisessa. Taulukossa 1 on esitetty yleisiä puolijohteita, sekä niiden viritysarvoja elektronivolteissa (eV). (2, s. 461.)

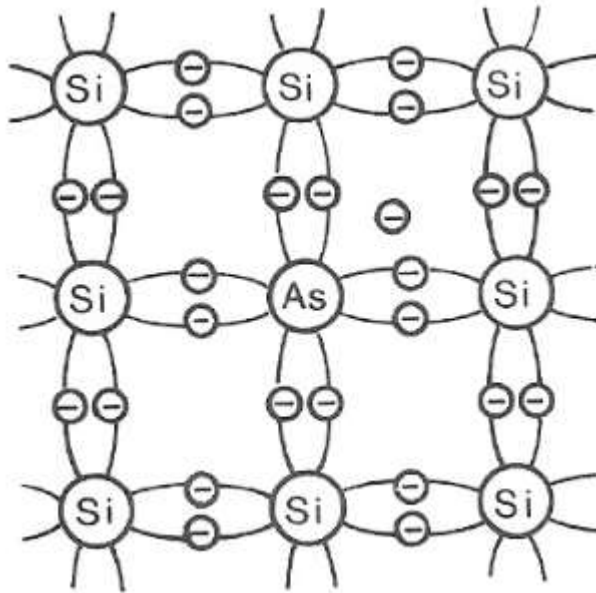
Taulukko 1. Yleisiä puolijohteita, niiden viritysarvoja sekä aallonpituuksia mikrometreissä. (2, s. 463.)

Material	Band gap (eV)	Longest wavelength (μm)
ZnS	3.6	0.345
CdS	2.41	0.52
CdSe	1.8	0.69
CdTe	1.5	0.83
Si	1.12	1.10
Ge	0.67	1.85
PbS	0.37	3.35
InAs	0.35	3.54
Te	0.33	3.75
PbTe	0.3	4.13
PbSe	0.27	4.58
InSb	0.18	6.90

Taulukosta huomataan, että pidemmällä aallonpituudella puolijohteen viritysarvo pienenee.

2.3 N-tyypin puolijohde

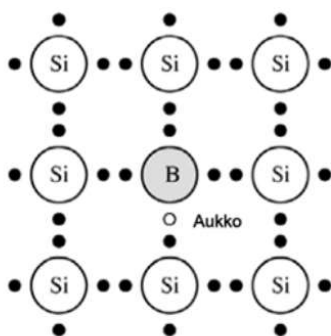
Puolijohdeiden atomirakennetta voidaan muuttaa seostamalla eli yhdistämällä eri alkuaineita. Olennaista seostamisessa on, että yhdistettävillä alkuaineilla on eri määrä elektroneja uloimmalla kehällä eli valenssivyöllä. Esimerkiksi arseeni (As) kuuluu IV-luokkaan jaksollisessa järjestelmässä ja täten omaa viisi elektronia ulkokuorellaan. Piillä on ulkokuorellaan neljä elektronia. Nämä alkuaineet yhdistäessä puolijohteen atomirakenteessa yksi elektroni jää viritetylle kehälle. Atomeita, jotka luovuttavat elektroneja kutsutaan donori-atomeiksi. Kuvassa 4 on havainnollistettu puolijohteen atomirakennetta. (6; 7; 9.)



Kuva 4. Piin ja arseenin atomirakenne. Yksi elektroni on vapaana varauksenkuljetukseen (6.)

2.4 P-tyyppin puolijohde

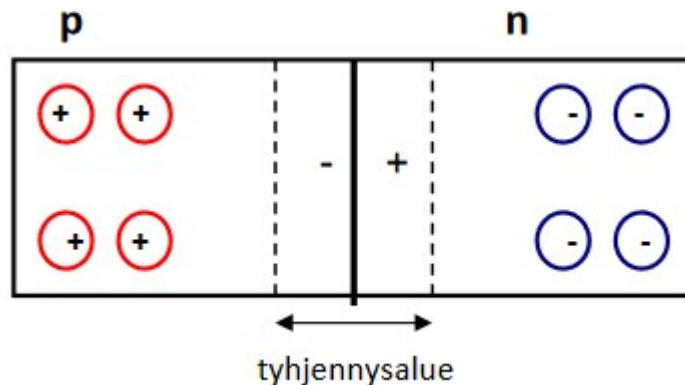
P-tyyppin seostamisessa puolijohdeeseen yhdistetään alkuainetta, jolla on valenssivyyllä yksi elektroni vähemmän, kuin isäntäatomeilla. Täten uloin valenssivyo ei tule täyteen elektroneista ja kohtaan muodostuu aukko, eli kohta, jonka kautta elektroni pääsee liikkumaan valenssivyyllä. Kuvassa 5 on puolijohde, jonka isäntäatomina toimii pii (Si) ja siihen on lisätty booria (B). Boorilla (B) on 3 elektronia valenssivyyllään, joten atomirakenteen valenssivyyllä syntyy aukko. Atomeita, jotka muodostavat vastaanottavia aukkoja kutsutaan akseptori-atomeiksi. (6; 7; 8; 9.)



Kuva 5. Piistä ja boorista muodostettu p-tyyppin puolijohde. (8.)

2.5 Puolijohdediodi

Puolijohdediodissa on yhdistetty P-tyyppin ja N-tyyppin puolijohteet, jolloin saadaan puolijohdeliitos, PN-liitos. Puolijohteissa varaukset sijaitsevat viritetyllä vyöllä kuvan 3 mukaisesti. Negatiivisten N-tyyppin ja positiivisten P-tyyppin puolijohteiden väliin muodostuu kuvan 6 osoittama alue. Alue muodostuu, kun N-tyyppin puolijohteen viritetyllä vyöllä olevat elektronit täyttävät P-puolen valenssikehän aukkoja. Näin P-puolella on tyhjennysalueessa enemmän elektroneja kuin protoneita ja kokonaisvaraus on negatiivinen. Vastaavasti N-puolella varaus on positiivinen. Puolijohteissa kokonaisvaraus on nolla, koska elektroneja sekä protoneja on yhteensä yhtä paljon. Kun elektroneja ei ole viritetyllä vyöllä ja valenssivyö on täyttynyt elektronit eivät pääse liikkumaan. Fotoneilta tarvittavan energiamäärän saatuaan elektronit virittyvät ja voivat liikkua valenssivyötä tyhjennysalueen ylitse johtavuusvyölle. (6; 8; 9.)

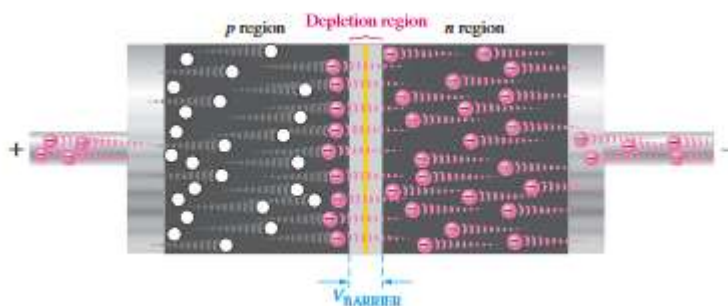


Kuva 6. PN-tyyppin puolijohdediodi. Varausten jakautumisesta johtuen rajapintaan syntyy tyhjennysalue, jossa varauksia ei voi olla. (6.)

PN-liitoksessa elektronit liikkuvat sopivassa lämpötilassa jatkuvasti. Ulkoisella energialla, esimerkiksi lämmöllä, voidaan kiihdyttää elektronien liikehdintää eli lisätä virittyneitä elektroneja sekä niitä vastaanottavia aukkoja. Kuvasta 7 nähdään, että PN-puolijohteen N-puolelle syntyy positiivinen varaus, koska elektronit siirtyvät N-puolelta P-puolelle. Tällöin N-puolella atomeissa on enemmän positiivista varausta, kuin ympärillä elektroneja, eli kokonaisvaraus on positiivinen. Vastaavasti P-puolelle syntyy negatiivinen varaus, koska P-puolen atomeissa on enemmän elektroneja, kuin positiivista varausta, eli

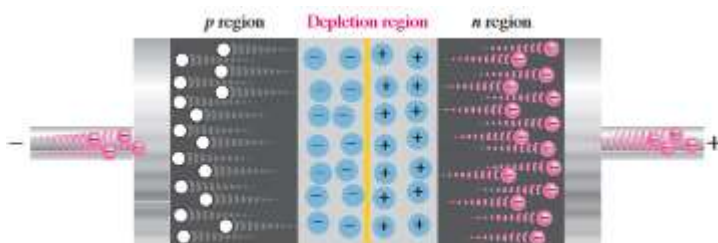
kokonaisvaraus on negatiivinen. Kun aukot vastaanottavat elektroneja, ne muodostuvat uudestaan. Tätä kutsutaan *rekombinaatioksi* eli varausten yhtymiseksi. (6; 9.)

Jännitelähteellä puolijohdediodia voidaan käyttää joko myötäsuntaisesti tai estosuuntaisesti. Myötäsuntaisessa puolijohdediodissa positiivinen napa kytketään P-puolelle ja negatiivinen N-puolelle kuvan 7 mukaan. Tällöin jännitteen muodostama sähkökenttä vetää elektroneja kohti rajapintaa. Tyhjennysalueen heikko sähkökenttä yrittää vastustaa elektronien liikkumista rajapinnan yli. Jännitteen kasvaessa elektronit pyrkivät syvemälle tyhjennysalueelle. Tyhjennysalue kapenee jännitteen kasvaessa, eli se ikään kuin puristuu jännitteen vaikutuksesta. (9.)



Kuva 7. Jännitelähteen positiivinen napa on liitetty puolijohteen P-puolelle ja miinus napa N-puolelle. Mikäli jännitelähteen jännite on kynnysjännitettä suurempi, virta alkaa kulkemaan ja diodi on myötäsuntaisen. (9.)

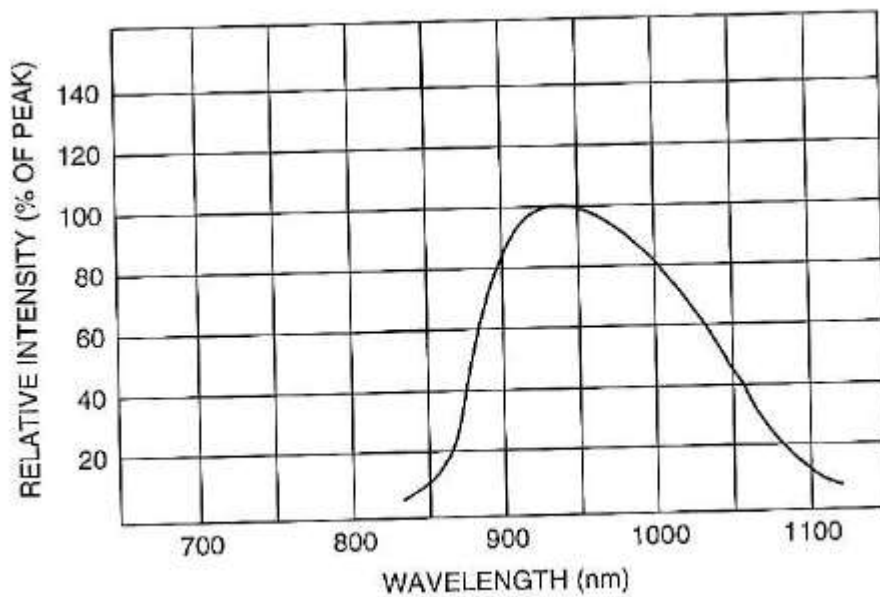
Mikäli jännitelähde kytketään päinvastoin, eli positiivinen napa N-puolelle ja negatiivinen napa P-puolelle diodi on estosuuntaisen kuvan 8 mukaan. Tällöin jännitelähde vetää elektroneja ja aukot poispäin rajapinnasta, eikä sähkövirta kulje. Estosuuntaisessa diodissa on kuitenkin hyvin vähän virittyneitä elektroneja, jotka aiheuttavat vuotovirtaa. Tämä virta on kuitenkin hyvin pientä, yleisesti joitakin nanoampeereita (nA). (7; 9.)



Kuva 8. Diodi on kytketty estosuuntaisesti. Jännitelähde vetää elektroneja poispäin rajapinnasta ja tyhjennysalue kasvaa. (9.)

Tyhjennysalueen ympärille syntyy heikko sähkökenttä N-tyyppin puolijohteesta P-tyyppin puolijohteeseen. Liitoskohdan ylittämiseen elektronit tarvitsevat fotoneilta energiaa viritykseen. Kynnysjännite ilmaisee volteissa (V) sitä energiaa, jolla elektronit pystyvät liikkumaan tyhjennysalueen ylitse. Eri puolijohteilla on erisuuruiset kynnysjännitearvot. Esimerkiksi piillä (Si) kynnysjännitearvo on noin 0,7 V ja p-tyyppin germaniumilla huomattavasti pienempi, noin 0,3 V. (2; 9.)

Diodin sähkövirta kasvaa nopeasti kynnysjännitteen ylitettyä (6; 8). Kuvassa 9 LEDin valon aallonpituuden jakauma. Kynnysjännitteen ylittyttyä sähkövirta kasvaa nopeasti huippuunsa.



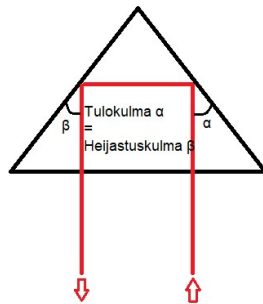
Kuva 9. LEDin valon aallonpituuden jakauma. X-akselilla aallonpituus nanometreissä ja Y-akselilla diodin sähkövirran kasvu kynnysjännitteen ylitettyä. (2. s, 464.)

3 Yleisimmät optiset anturimallit

3.1 Heijastava

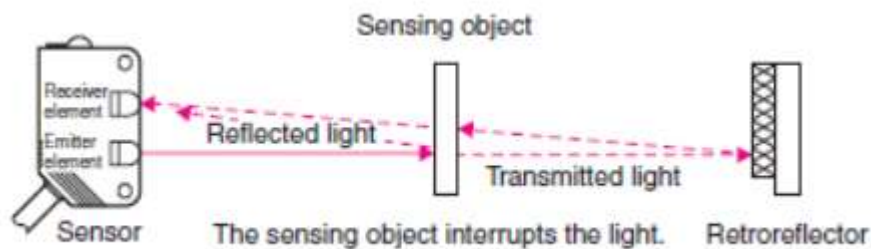
Heijastavassa valokennossa lähetin ja vastaanotin ovat samassa moduulissa. Lähetin lähettää moduloitua infrapunavaloa pienessä kulmassa heijastimeen, josta valo heijastuu takaisin anturin vastaanottimeen. Valo heijastuu kuvan 10 mukaisesti, tulokulma α on yhtä suuri kuin heijastuskulma β . Heijastimella anturin suuntaus on helpompaa kuin

peilillä. Heijastimella pieni kulmanmuutos palauttaa valonsäteen tulosuuntaan. Peili heijastaa valonsäteet tulokulmassa, eli jos peili ei ole kohtisuorassa lähettäjän sekä vastaanottajan kanssa, valonsäde ei palaa takaisin.



Kuva 10. Valonsäteen heijastuminen heijastimesta.

Anturi antaa output signaalin, kun kappale tulee valonsäteen tielle ja vastaanotin havaitsee, että lähettimen valo ei heijastu takaisin tai heijastus muuttuu. Kuvassa 11 on havainnollistettu heijastavan valokennon toimintaa. (10.)

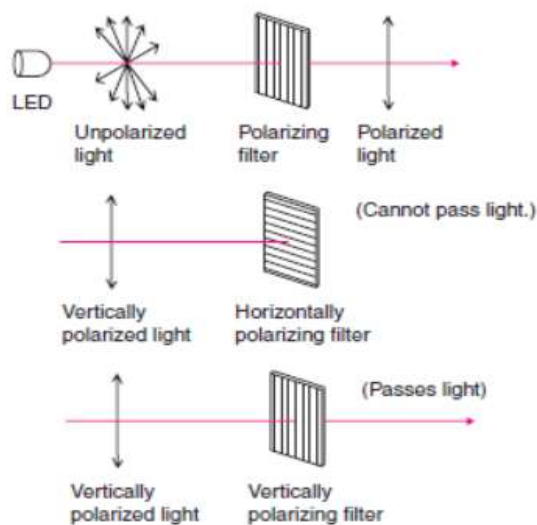


Kuva 11. Heijastavan optisen anturin toiminta. Emitter eli lähettäjä lähettää valonsäteet heijastimeen, joka heijastaa moduloidut valonsäteet takaisin vastaanottajalle. Normaalitilanteessa valonsäde heijastuu heijastimesta takaisin vastaanottimelle. Kappaleen tullessa valonsäteen eteen vastaanottaja tunnistaa valonsäteen katkeamisen tai sen heijastumisen muuttumisen. (10.)

Anturien päällä on usein LED-valo, joka palaa esimerkiksi vihreänä, kun anturi on toiminnassa ja valonsäde takaisin heijastuu heijastimesta. Valo vaihtaa väriä esimerkiksi keltaiseksi, kun valonsäteen heijastuminen muuttuu tai ei palaakaan vastaanottimelle, eli anturi havaitsee kappaleen. Tämä helpottaa anturin kohdistamista sekä mahdollista säätöä. Lisäksi osa takaisinheijastavista antureista lähettää näkyvää punaista valoa, jolloin peilin kohdistaminen on huomattavasti helpompaa. Peilistä takaisinheijastavat anturit toimivat parhaiten puhtaissa olosuhteissa.

3.2 Polarisoitu valokenno

Polarisoitu valokenno toimintaperiaate on sama, kuin heijastimesta heijastavassa, mutta valon lähettäjä ja vastaanottaja on polarisoitu. Polarisoinnilla tarkoitetaan valonsäteiden suodattamista kuvan 12 mukaan. Polarisoivan kalvon lävitse pääsee vain tietyn suuntaiset valonsäteet.

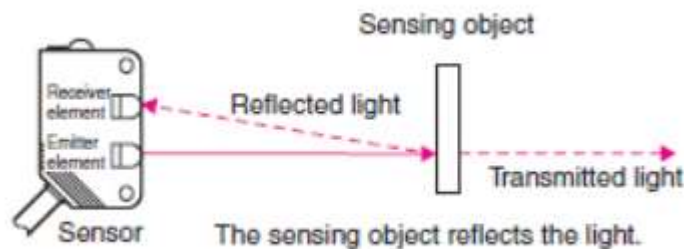


Kuva 12. Valon polarisointia. Vain yhdensuuntaiset joko pysty- tai vaakasuuntaiset säteet pääsevät polarisoinnin lävitse. (10).

Valonsäteet liikkuvat aalloissa ja värähtelevät pysty- sekä vaakasuunnassa. Polarisoinnissa suodatetaan pysty- tai vaakasuunnan valonsäteet pois. Polarisointia käytetään kirkkaiden ja voimakkaasti heijastavien kappaleiden havaitsemiseen. Peilit, lasit ja kirkkaat metallit sekä vaaleat pinnat ovat hyviä esimerkkejä voimakkaasti heijastavista kappaleista. Anturi lähettää lineaarisesti polarisoitua valoa heijastimeen, josta valonsäteet heijastuvat. Anturin vastaanottajalle valonsäteet heijastuvat takaisin siis lineaarisesti 90°-kulmassa. Anturi tunnistaa kirkkaan kappaleen, esimerkiksi peilin tai lasin, valonsäteen kokonaisheijastuessa kappaleesta, jolloin valonsäde ei palaakaan takaisin heijastimen heijastamassa 90°-kulmassa. Tästä anturi saa tulon, eli inputin, asettaa outputin (lähdön) päälle. (10.)

3.3 Kohteesta tunnistava

Kohteesta tunnistavassa valokennossa valon lähetin ja vastaanotin on sijoitettu samaan moduuliin. Anturin toimintaperiaate eroaa muista siinä, että lähetetty valo ei palaa takaisin vastaanottimelle. Valonsäde palaa vastaanottimelle vain siinä tapauksessa, kun kappale saapuu havaitsemisetaisyydelle ja valonsäde heijastuu kappaleesta vastaanottimelle antaen tulon anturille. Tunnistusetäisyys riippuu paljon tunnistettavan kappaleen ominaisuuksista, muun muassa pinnan väristä ja muodosta. Tumma ja epätasainen pinta heijastaa valoa takaisin huomattavasti heikommin, kuin puhdas ja tasainen. Kuvassa 13 kohteesta tunnistavan anturin toiminta. (10.)



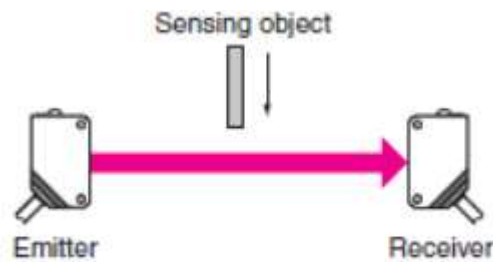
Kuva 13. Yksinkertaistettuna kohteesta tunnistavan anturin toiminta. Valo heijastuu takaisin vain siinä tapauksessa, kun kappale osuu tunnistusetäisyydelle. (10.)

Kohteesta tunnistavat anturit ovat hinnaltaan halvempia, kuin heijastimesta heijastavat ja lähetin- vastaanotin parit. Kohteesta tunnistavat anturit toimivat parhaiten puhtaissa olosuhteissa. Antureiden asennus käy ahtaisiin paikkoihin, koska lähetin ja vastaanotin ovat samassa moduulissa. Lisäksi vastapuolelle ei tarvitse asentaa mitään (heijastinta tai vastaanotinta). Kohteesta tunnistavien anturien luotettava tunnistusetäisyys jää lyhyeksi, noin metristä kolmeen metriin. (10; 11.)

3.4 Lähetin-vastaanotin

Lähetin-vastaanotin parit ovat todella käytettyjä teollisuudessa. Erillisellä lähettimellä ja vastaanottimella saadaan heijastinta tai kohteesta heijastavaa anturia tarkempi mittaus-tulos. Myös toimintaetäisyys on huomattavasti pidempi, jopa 70 metriä. Lähetin- vastaanotin parin toimintaperiaate on yksinkertainen. Sovelluksessa lähetin toimii

infrapunavalon lähettimenä ja vastaanotin vastaanottaa sekä tulkitsee moduloitua infrapunavaloa. Tunnistettavan kohteen tullessa lähettimen ja vastaanottimen väliin, säde katkeaa ja vastaanotin saa tiedon kappaleesta kuvan 14 mukaan.

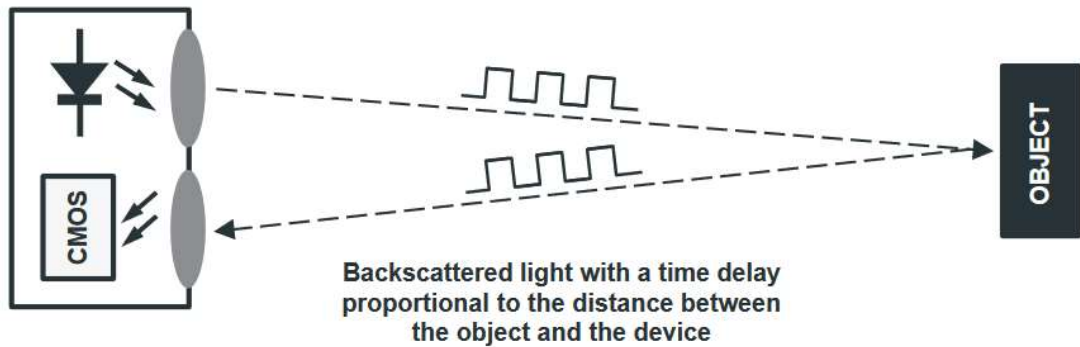


Kuva 14. Lähettimen ja vastaanottimen toimintaperiaate. (10.)

Lähetin- vastaanotin anturipareilla päästään pitkiin toimintaetäisyyksiin, olosuhteista riippuen jopa 70 metriin asti (12). Anturin moduulit (lähetin ja vastaanotin) täytyy asentaa erikseen ja lähetin kohdistaa vastaanottimelle. Pitkän matkan kohdistukseen liittyviä ongelmia on pyritty ratkaisemaan lähettimen keilamaisella valonsäteellä lasermaisen säteen sijaan. Esimerkiksi Telco:n valokennot lähettävät keilamaista valonsädettä ja tunnistusalue on jopa ± 4 metriä 70 metrin matkalla. (10; 11; 12.)

3.5 Mittaava valokenno

Mittaavan valokennon toimintaperiaate perustuu valon takaisinheijastumiseen kuluneeseen aikaan eli ToF (Time on Flight). Anturi mittaa valon matkaan kuluneen ajan vaiheen jättämänä ja säätää anturin ulostuloa tätä matkaa vastaavaksi signaaliksi. Kuvassa 15 esitetään valon heijastumista mitattavasta kohteesta. Anturi mittaa kohteen etäisyyttä. (13.)



Kuva 15. Mittaavan valokennon toiminta. Kuvassa valokenno mittaa valon kuluttamaa aikaa heijastuessaan kohteesta takaisin. (13.)

Mittaavan valokennon vaiheenjäätämä voidaan laskea kaavasta 2 esimerkkiarvoin:

Ensiksi selvitämme, kuinka kauan valolla menee aikaa 15 metrin matkaan: (13.)

$$t = 2 * \frac{L}{c} = 2 * 15 / (3 * 10^8 \frac{m}{s}) = 0.1 \text{ us} = 100 \text{ ns}$$

Matka kohteeseen L on 15 m

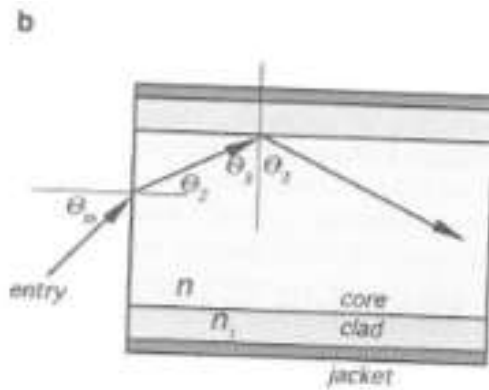
Valonnopeus C on noin $300\,000\,000 \frac{m}{s}$

Kun tiedetään valon nopeus, voidaan laskea vaiheen muutos yhtälöllä 2 (frame change) esimerkkiarvolla: f 10MHz;

$$f = 2 * PI * f * t = 2 * PI \quad (2)$$

3.6 Kuitu

Optisten kuituantureiden toiminta perustuu valon muutokseen. Valoa ohjataan optisen kuidun sisään, jossa valo kokonaisheijastuu kuidun sisällä kuvan 16 mukaan.



Kuva 16. Valon kokonaisheijastuminen optisen kuidun sisällä. Optisen kuidun ydin on lasia, joka on suojattu kuorella ja päällysteellä (2.)

Valo heijastuu ja taittuu kuidun sisällä johtamalla Snellin lakia kaavan 3 mukaan:

(3)

$$\theta_{in}(\max) = \arcsin(\sqrt{n^2 - n_1^2})$$

θ on suurin mahdollinen tulokulma,

n^2 on lasin taitekerroin,

n_1^2 on ilman taitekerroin.

Valon muutosta tulkitsee anturin elektroniikka, joka lähettää valon muutoksesta signaalia ohjaukselle. Optiset kuituanturit vievät vähän tilaa, joten niitä on käytetty teollisuuden ahtaissa paikoissa. Kuituanturit sopivat myös paikkoihin, joiden välittömään läheisyyteen elektroniikka ei sovi. Yleisemmät kuituanturit käyttävät samoja toimintaperiaatteita, kuin infrapunalla toimivat anturit. Kuituanturit voivat siis tunnistaa kappaleen kohteesta heijastamalla, peilistä heijastamalla tai erillisenä lähetin- ja vastaanotinkuituparilla. (2; 15.)

4 Käyttökohteet

Käyttökohteita optisilla antureilla on teollisuudessa todella paljon. M. Rantasen, A. Luukkaisen sekä R. Raiskin mukaan antureiden soveltuvuus päätetään aina sovelluskohtaisesti ja paras anturivaihtoehto valitaan asiakkaan kanssa kuhunkin sovellukseen. Anturin valintaan vaikuttaa aina hinta, eli valitaan halvin anturi, joka täyttää tehtävän vaatimukset. Anturia valittaessa täytyy ottaa huomioon varsinkin ympäröivät olosuhteet ja miettiä, millainen anturi olisi paras valinta ympäröiviin olosuhteisiin. Erikoisantureissa

hintaa on perusanturia korkeampi. Siellä, missä perusanturit eivät toimi, käytetään erikoisantureita, koska ne selviävät vaativista olosuhteista paremmin. Markku Rantanen kertoi, että erikoisantureihin on kehitetty erilaisia ominaisuuksia vaativia kohteita varten, esimerkiksi polarisoituja linssejä, korkean IP-luokan omaavia suojaus- ja Ex-luokituk- sia eli niitä voidaan sijoittaa räjähdysvaarallisiin kohteisiin. (15; 16; 17.)

4.1 Kappaletavara-automaatio ja kuljetinjärjestelmät

Markku Rantasen sekä Aki Luukkaisen ja Raine Raiskin mukaan perusantureita käytetään paljon puhtaissa olosuhteissa, esimerkiksi tasalämpöisessä teollisuushallissa, jossa ilma on puhdasta. Perusanturit ovat erikoisantureita halvempia, koska niissä ei tarvita erikoisominaisuuksia, esimerkiksi vedenpitävää suojausta (IP68-luokka). Tyypillisiä käyttökohteita esimerkiksi peilistä heijastavalle anturille ovat teollisuuden linjastot, jossa kappaleita tunnistetaan, lasketaan ja mitataan. Kappaletavara-automaatiossa ja logistiikassa erikokoiset ja muotoiset pahvilaatikot sekä kirjeet ja pussit ovat tyypillinen tunnistuksen kohde. Yksinkertaisuudessaan kappale tunnistetaan linjastolta, kun se katkaisee anturin lähettämän valonsäteen.

Joissakin kappaletavara-automaatiojärjestelmissä tarvitaan antureita myös vaativimpiin olosuhteisiin. Aki Luukkaisen mukaan esimerkiksi ruokateollisuudessa antureilta vaaditaan vedenpitävää IP-68-luokitusta sekä lian ja kuumuuden kestävyyttä. Myös puunjalostuksessa sekä energiapuolella ympäröivät olosuhteet saattavat olla haastavat lentävän sahanpurun, lian sekä lämpötilanvaihteluiden takia.

Kuljetinjärjestelmissä optiset anturit ovat myös hyvin käytettyjä. Anturit valvovat linjastolla liikkuvia kappaleita ja antavat muille toimilaitteille tietoa, esimerkiksi milloin sirkkeli sahaa laudan oikean mittaiseksi. (15; 16; 17.)

4.2 Kappaleiden mittaus ja paikoitus

Laatikoiden sekä erilaisten kappaleiden kokoa mitataan yleisesti logistiikassa. Mittaus tapahtuu sijoittamalla monia optisia antureita mittaushaaraan, jolloin jokainen anturi mittaa kappaleen eri sivua. Mittaavilla antureilla voidaan myös mallintaa laatikosta esimerkiksi 3D-kuva ja laskea sen tilavuus.

Teollisuuden prosessissa voidaan mitata myös laatua esimerkiksi paperiteollisuudessa. Mittaavilla optisilla lähtevien vastaanotinpareilla voidaan mitata paperin paksuutta ja täten valvoa laatua. Valonsäde läpäisee paperin aiheuttaen vaihejättämisen, jota anturi tulkitsee.

Prosessiteollisuuden sekä energiateollisuuden puolella optiset anturit voivat mitata esimerkiksi siirtoalaiden tai sillojen täyttyvyysastetta. Mittaustulos saadaan, kun anturi lähettää kuvan 15 mukaan valonsäteen mitattavaan pintaan ja valonsäde takaisinheijastuu pinnasta. Mittaavat anturit voivat antaa tietoa toimilaitteille, esimerkiksi venttiileille, ja säätää niitä syöttämään enemmän tai vähemmän raaka-ainetta prosessiin. (12; 15; 16; 17.)

Kappaleiden paikoitusta voidaan valvoa esimerkiksi kuvan 17 mukaan automaattihississä. Hissiä ohjataan tietokoneella, ja se hoitaa logistiikkaa varastokuilussa. Hissin palettipöydälle on asetettu molemmille puolille optisia heijastimesta heijastavia antureita valvomaan kappaletta hississä. Optiset anturit varmistavat, että siirrettävä kappale on varmasti hissien kyydissä sekä oikeassa kohdassa palettipöydällä.



Kuva 17. Automaattihississä optisilla antureilla varmistetaan, että kappale siirtyy oikeaan kohtaan, eikä ole ulkona hissistä sen liikkuesssa. Punaisilla viivoilla on havainnollistettu optisten anturien valonsäteitä.

4.3 Haasteet

Markku Rantasen, Aki Luukkaisen sekä Raine Raiskin mukaan optisille antureille vaativiksi olosuhteiksi teollisuuden tiloja, joissa on paljon

- Pölyä
- Vesihöyryä
- Vesisadetta sekä vesipisaroita
- Kosteutta sekä sumua
- Likaa
- Lämpötilan vaihteluita
- Lunta
- Kirkasta tai kirkkaita kappaleita
- Tärinää.

Näissä olosuhteissa optisilla antureilla on hankaluuksia tunnistaa kappaleita. Esimerkiksi likaisessa tilassa anturin linssin likaantuessa anturit ei enää havaitse kappaletta. Pölyisissä tiloissa anturien valonsäde heikkenee pölyn vaikutuksesta eikä kappaleesta saada selvää tietoa, milloin se katkaisee valonsäteen. Myös pienet irtokappaleet ilmassa, esimerkiksi puusilppu- ja lastut, voivat häiritä antureita valmistajien mukaan. Anturin on vaikea tunnistaa lentävien lastujen seasta itse tunnistettava kappale. Puun lastu saattaa kokonsa takia katkaista valonsäteen, jolloin anturi luulee virheellisesti kappaleen olevan kohdalla.

Näihin vaativiin olosuhteisiin valmistajat ovat kuitenkin pyrkineet kehittämään omat ratkaisunsa sekä mahdollisesti jopa omat erikoisanturinsa kuhunkin tilanteeseen ja olosuhteeseen. Valmistajien edustajat kertoivat myös, että vaativissa olosuhteissa on mietitty myös anturimallin vaihtamista esimerkiksi optisesta-anturista ultraäänianturiin, tai induktiiviseen anturiin. (15.)

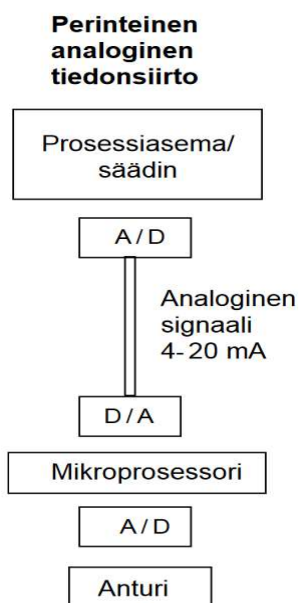
Haastavia kappaleita optisille antureille Markku Rantasen mukaan ovat kaikki kiiltävät ja hyvin voimakkaasti heijastavat kappaleet. Tällöin antureilla on vaikeuksia havaita kappaletta, koska kappale heijastaa lähes heijastimen tavoin. Haasteita Rantasen mukaan tuottavat myös pyöreät ja kiiltävät kappaleet, esimerkiksi muovirullat, jotka kääriintyessään alkavat toimimaan heijastimen tavoin. Samalla pyöreä pinta heijastaa ja hajottaa optisen anturin lähettämän valon voimakkaasti muihin suuntiin.

Optisten antureiden kunnossapito on pääsääntöisesti hyvin vaivatonta. Periaatteessa antureiden ainoat kunnossapitotoimenpiteet ovat anturin puhdistus, säätö, suuntaus sekä vaihto. Puhdistus, säätö sekä suuntaus luokitellaan ennakoivaan kunnossapitoon ja anturin vaihto korjaavaan kunnossapitoon. Likaisissa paikoissa anturien linssin eteen saattaa kertyä likaa, jolloin anturin toiminta häiriintyy. Linssin puhdistamisella taataan anturin oikea toiminta. Linssin puhdistukselle on keksitty automaattisia ratkaisuja, esimerkiksi pieni paineilma puhdistus anturin linssille tietyn aikavälein. Älykkäillä antureilla on jo olemassa vikadiagnostiikkaa, eli ne osaavat ilmoittaa, jos anturi vikaantuu tai on vikaantumassa. (15; 16; 17.)

5 Anturien liitännät

5.1 Analoginen

Analogisessa liitännässä anturi lähettää tilatietoa analogisena milliampeeriviestinä (mA). Lähes vakiintunut viestimuoto on 4–20 mA, mutta myös muita viestialueita käytetään. Kuvan 18 mukaan anturin välittämä analoginen milliampeeriviesti muunnetaan mikroprosessorille digitaalisiksi lukuarvoiksi A/D-muuntimella (Analog-to-digital-converter). Mikroprosessori muuntaa viestin jälleen analogiseksi viestiksi D/A-muuntimella (Digital-to-analog-converter) tiedon siirron ajaksi, jonka jälkeen ohjaukselle se muunnetaan jälleen digitaaliseen viestimuotoon. Analogiset liitännät alkavat olemaan vanhahtavaa tekniikka niiden useiden A/D ja D/A-muunnostensa takia. Muunnokset voivat aiheuttaa mittavirheitä sekä viivettä mittaustuloksiin. Nykyään analogiset tiedonsiirrot on korvattu digitaalisilla kenttäväylillä, jotka ovat tehokkaampia, nopeampia, varmempia sekä edullisempia. (14.)

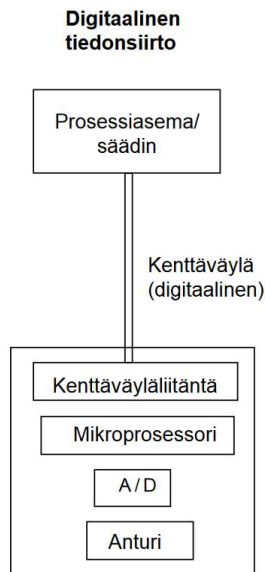


Kuva 18. Perinteistä analogista viestintää anturilta prosessiasemalle. (14.)

Toinen suuri syy analogisten liitännöiden vähenemiseen on työn vaiva, joka liittyy analogiseen tiedonsiirtoon verrattaessa sitä digitaaliseen. Analogisessa liitännässä jokaisen anturin tieto täytyy tuoda omalla kaapelilla prosessiasemalle. Tuotantoasemassa on kymmeniä tuotavia tietoja, joten jokaisen anturin tiedon tuominen ohjaukselle on työlästä sekä kallista materiaalikustannusten sekä aikaa vievän työn takia.

5.2 Digitaalinen

Digitaaliset liitännät ovat yleistyneet paljon teollisuudessa. Useasti anturilta tieto saadaan edelleen analogisena milliampeeri viestinä 4–20 mA. Kenttä- ja toimilaitteet ovat pääosin analogisia, mutta ohjausjärjestelmät digitaalisia (13). Tämä analoginen viesti muunnetaan digitaalisessa liitännässä vain kerran A/D-muuntimella digitaaliseen muotoon, jonka jälkeen tieto tuodaan ohjelmoitavalle logiikalle. Kun analogisessa liitännässä antureiden tiedot täytyy tuoda tietokoneelle omina kaapeleina, digitaalisessa tiedonsiirrossa tiedot tuodaan yhdellä *kenttäväylällä*. Kenttäväylä on digitaalinen tiedonsiirtotapa yhdistää toimilaitteita sekä prosessin ohjauksia yhdeksi automaatiokokonaisuudeksi. Ohjelmoitava logiikka kokoaa anturien tiedot digitaalisena ja siirtää kaikki tiedot yhdessä kaapelissa kuvan 19 mukaan. Kenttäväylä mahdollistaa myös kaksisuuntaisen tiedon siirron ja yhdistää tehtaan toimilaitteet, anturit ja automaatiojärjestelmät yhdeksi kokonaisuudeksi. Kenttäväylät voivat yhdistää koko tehtaan automaatiojärjestelmän ja tuotantoprosessit. On myös saatavilla pienempiä ja suppeampia ratkaisuja esimerkiksi kenttälaite ja anturitasolle. (14.)



Kuva 19. Uudempi digitaalinen liitäntä anturilta prosessiasemalle. (14.)

Kenttäväyliä käytetään yhä enemmän teollisuudessa niiden taloudellisuuden takia verrattuna analogiseen liitäntään ja tiedonsiirtoon. Kenttäväylän edut syntyvät vähenevästä työmäärästä, pienemmistä materiaalikustannuksista, nopeammasta huollosta ja vikaselvityksestä sekä asennuksen nopeutumisesta. Käytettyjä kenttäväyliä ovat

- Profibus PA ja DP
- AS-I
- Ethercat
- DeviceNet
- HART
- LONWorks
- WorldFIP.

6 Optisten antureiden tulevaisuus

Tähän opinnäytetyöhön haastateltiin Suomen suurimpia anturitoimittajia: Pepperl+fuch Oy:tä, SICK Oy:tä sekä IFM Oy:tä. Yritysten edustajat Markus Rantanen, Aki Luukkainen sekä Raine Raiski sanoivat, että optisten anturien (ja muiden anturien) suunta on menossa internettiin ja kaksisuuntaiseen tiedonvaihtoon eli Internet of Things (IoT) -

maailmaan. Internet of Things tarkoittaa teollista internetiä ja laitteiden liittämistä internetiin. Tällöin laitteista saadaan reaaliaikaista tietoa internetin välityksellä. IoT-ratkaisuilla laitteita voidaan etäohjata, niistä voidaan lukea tietoa ja laitteille voidaan lähettää tietoa. Lisäksi uudet älykkäät anturit osaavat parametrisoida itsensä automaattisesti, tai se voidaan tehdä etänä. Uudet älykkäät anturit antavat paljon muutakin tietoa mittaustuloksen lisäksi. Ne omaavat vikadiagnostiikkaa eli osaavat ilmoittaa, jos esimerkiksi optisen anturin linssi likaantuu tai mittatulos heittelee rajojen ulkopuolella. (15; 16; 17.)

Suomessa (ja maailmalla) on olemassa jo paljon teollisuutta, joka on rakennettu ”vanhoilla” standardeilla, eli edelleen myydään paljon ”vanhaa” anturia, niin sanottua perusanturia. ”Perusanturi” kommunikoi logiikan kautta, lähettää logiikalle milliampeeriviestiä, tai digitaaliviestiä. Perusanturia ei voida etälukea, eikä siitä saada kaksisuuntaista tiedonvaihtoa, esimerkiksi vikadiagnostiikkaa. Perusantureille on kuitenkin edelleen olemassa isot markkinat, sillä antureita on asennettu tuhansittain jo olemassa oleviin automatiojärjestelmiin- ja sovelluksiin. Monissa varsinkin pienempien toimijoiden järjestelmissä ei välttämättä ole tarvetta hienoihin uusiin antureihin, jotka osaisivat kertoa muutakin kuin mittaustuloksen. Monesti myös hinta on yksi erittäin keskeinen tekijä antureita valittaessa, sillä kovan kilpailun takia laitteet halutaan rakentaa mahdollisimman edullisesti. (15; 16; 17.)

Nykypäivän markkinoilla uudemman ”älykkään” anturin hinta ei ole enää merkittävästi korkeampi, kuin vanhemman ”perus” anturin. Edustajat kertoivat myös, että edelleen vanhemman ikäpolven asenteet ovat hieman kielteiset uusista älykkäistä antureista ja järjestelmistä. Tämä voi johtua henkilöstön koulutuksen puutteesta sekä vanhahtavasta ajattelumallista ”mennään vanhalla, kun tämäkin toimii”. (15; 16; 17.)

Tulevaisuuden suunta on kuitenkin selvä, internetiin mennään ja älykkäät anturit ovat tätä päivää ja nostamassa suosiotaan valtavasti. IO-link on nousemassa suureen suosioon anturien laitevalmistajien sekä asiakkaiden keskuudessa. IO-link on laite, joka mahdollistaa kaksisuuntaisen tiedonvaihdon älykkäiden antureiden ja prosessin ohjauksen kanssa. IO-link välittää tietoa digitaalisesti ja perustuu IEC 61131-9-maailmanlaajuiseen standardiin (14). Jokaisen laitevalmistajan edustaja kertoi, että heidän valikoimastaan löytyy antureita, joissa on IO-link-tuki. Älykkäitä ja IO-link-yhteensopivia antureita myydään jo paljon ja niiden myynti on kasvussa. Tulevaisuudessa anturit voisivat lähettää mittatietonsa myös täysin langattomasti ja niitä voitaisiin ohjata esimerkiksi bluetoothin

avulla. Tämä ei kuitenkaan ole välttämätöntä, sillä anturi tarvitsee yleisesti 24 VDC:n syötön toimiakseen. Anturi vaatisi joka tapauksessa kytkennän virransyötölle. (15; 16; 17.)

Pilvipalveluita käytetään yhä enemmän teollisuuslaitosten tietojen tallentamiseen. Pilvipalveluissa on tarpeeksi suuri kapasiteetti teollisuuden tarpeisiin ja sieltä tieto on aina helposti saatavissa. Älykkäiden antureiden tiedot tallentuvat automaattisesti lähes reaaliajassa pilvipalveluihin, josta haluttua dataa voidaan seurata sekä jalostaa teollisuuden eri tarpeisiin. Suuri etu pilvipalveluissa on, että data on nähtävissä mistä päin maailmaa tahansa. Tämä on lähes välttämätöntä nykypäivän suurille globaaleille yrityksille, joiden pääkonttorit ja hallitsevat elimet voivat sijaita kaukana tehtaista. Digitalisaatio sekä uudet IoT-ratkaisut tulevat mullistamaan teollisuuden sekä parantamaan yritysten elinkaarta uusilla toimintatavoillaan sekä menetelmillään. Uskon uusien ratkaisuiden tuovan säästöjä pitkällä aikavälillä, sekä lisäämään kilpailukykyä sekä pysymään kilpailussa mukana tulevaisuudessa. (15; 16; 17.)

7 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli toimia perehdytyksenä optisista antureista ja niiden tyypillisistä käyttökohteista teollisuudessa. Tarkoituksena oli perehtyä optisten antureiden fysikaaliseen toimintaperiaatteeseen, tutustua yleisimpiin käytössä oleviin anturimalleihin sekä niiden toimintatapoihin. Tarkoituksena oli myös saada käytännön esimerkkejä optisten antureiden käyttökohteista teollisuudessa sekä antureiden tulevaisuuden kehityksen suunta.

Mielestäni opinnäytetyön tavoitteessa onnistuttiin. Työssä saatiin kuvattua optisten anturien fysikaalista teoriataustaa, yleisimpiä optisia anturimalleja, niiden käyttökohteita, haasteita sekä tulevaisuuden kehityksen suuntaa. Erityisen tyytyväinen olen saamiini haastatteluihin anturivalmistajien edustajilta. Haastatteluiden ansiosta tähän työhön saatiin tietoa antureiden oikeista käytännön kohteista, haasteista sekä anturivalmistajien visioita optisten antureiden tulevaisuuden suunnasta.

Opinnäytetyön tavoitteet opetusmielessä olivat onnistuneet. Ymmärrys optisten antureiden käytöstä syveni ja työtä tehdessä kirjallinen viestintä sekä kyky tuottaa ajatukset tekstiksi kehittyivät. Myös kyky hakea tietoa eri lähteistä sekä lähdekriittisyys kehittyi.

Työelämässä tekninen asiantuntemus, kirjallinen viestintä, dokumentointi ja oikeinkirjoitus ovat asiantuntijan uskottavuuden kannalta tärkeitä työkaluja.

Aikataulullisesti opinnäytetyö meni suunnitelmien mukaan. Olin suunnitellut koulun kanssa valmistumisajankohdan helmikuulle ja tähän tavoitteeseen päästiin. Opinnäytetyön olisi pystynyt tekemään paljon nopeamminkin, noin kuukaudessa, mutta oma elämäntilanne sekä muut tekijät vaikuttivat oleellisesti omaan ajankäyttöön sekä työn kirjoittamiseen.

8 Lähteet

- 1 Jon S, Wilson. 2005. Sensor Technology Handbook Edited by Jon S. Wilson. USA: Elsevire Inc.
- 2 Fraden, Jacob. 2010. Handbook of Modern Sensors Fourth Physics, Designs, and Applications Fourth Edition. Springer-Verlag New York: Springer.
- 3 Metropolia. Koneautomaatio. <<https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/Optiset>> 30.11.2010 Luettu 3.12.2018
- 4 Datasheet: Spacemaster series™ 8000. 2018. Verkkoaineisto. Telco. <<https://www.telcosensors.com/medialib/pub/downloads/telco-sm8000-datasheet-en-v3.pdf>> Luettu 17.12.2018
- 5 Pienoisvalokennot W12-3. 2018. Verkkoaineisto. Sick. <https://www.sick.com/fi/fi/valokennot/valokennot/w12-3/w12-3p2431/p/p241310?ff_data=JmZmX2IkPXAYNDEzMTAm-ZmZfbWFzdGVySWQ9cDI0MTMxMCZmZI90aXRsZT1XTDEyLTNQMjQzMSZmZI9xdWVyeT0mZmZfcG9zPTEmZmZfb3JpZ1Bvcz0xNiZmZI9wYWdlPTEm-ZmZfcGFnZVNpemU9OCZmZI9vcmlnUGFnZVNpemU9OCZmZI9zaW1pPTk3LjA> Luettu 17.12.2018
- 6 Nieminen. Puolijohteet. Verkkoaineisto. <<http://www.kotiposti.net/ajnieminen/pujo.pdf>> Luettu 29.11.2018
- 7 Thomas, Lars. 2014. Pii: Hiekkaa, lasia ja mikrosiruja. Verkkoaineisto <<https://tieku.fi/fysiikka/jaksollinen-jarjestelma/jaksollinen-jarjestelma-pii>> 16.12.14. Luettu 4.12.2018
- 8 Kolehmainen, Kati. 2011. Nanoteknologia aurinkokennoissa. Verkkoaineisto. Helsingin yliopisto. <<http://www.kemia.ovh/ont/kolehmainen-k-2011.pdf>> 3.10.2011. Luettu 9.12.2018
- 9 Thomas L, Floyd. 2012. Electronic devices Electron Flow Version Ninth Edition. Prentice Hall. New Jersey. Verkkoaineisto.

- <<https://hristotrifonov.files.wordpress.com/2012/10/electronic-devices-9th-edition-by-floyd.pdf>> Luettu 19.12.2018
- 10 Photoelectric sensors. 2007-2018. Verkkoaineisto. Omron. <<http://www.ia.omron.com/support/guide/43/introduction.html>> Luettu 12.12.2018
 - 11 Photoelectric sensors. 2018 Verkkoaineisto. Telco. <<https://www.telcosensors.com/products/photoelectric-sensors/thru-beam>> Luettu 13.12.2018
 - 12 Turunen, Pekka. 2018. Myyntipäällikkö, Dosmar Oy, Tuusula. Haastattelu. 25.12.2018
 - 13 Training (mittaavavalokenno). Telco Sensors Oy:n sisäinen koulutusdokumentti.
 - 14 Kurki. 2000. Oulun ammattikorkeakoulu. Automaation tietoliikennetekniikka. Verkkoaineisto <http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/05_0_Automaation%20tietoliikenne.pdf> Luettu 5.1.2019
 - 15 Rantanen Markku. Myyntipäällikkö. Sick Oy. Puhelinhaastattelu. 18.12.2018
 - 16 Luukkainen Aki. Teollisuus automaation myyntipäällikkö. Pepperl+fuchs Oy. Puhelinhaastattelu. 27.12.2018
 - 17 Raiski Raine. Tekninen tuki/ myynti. IFM Oy. Puhelinhaastattelu. 4.1.2019
 - 18 IO-link perusteet ja tekniikka. 2019. Verkkoaineisto. Sick. <<https://www.sick.com/fi/fi/io-link-perusteet-ja-tekniikka/w/io-link-basics-and-technology/>> Luettu 5.1.2018.

9 Liitteet

Liite 1: Haastattelupöytäkirja Sick Oy: 18.12.2018

Haastateltavan nimi: Markku Rantanen

Kerrotko yleisesti Sick Oy:stä?

Sick Oy on vanha Saksalainen anturivalmistaja, olemme toimineet alalla jo 70-vuotta.

Missä tuotantoa?

Saksassa, Kiinassa, Aasiassa, Ruotsissa ja Amerikassa

Mikä on yleisin optinen tuotteenne? Miksi?

Yleisin tunnistusmenetelmämme on heijastimesta heijastava, kappale tunnustetaan, kuin heijastimen välistä katkeaa valonsäde. Paljon käytetty kappaletavara-automaatiassa. Heijastin-menetelmä toimii hyvin helppoissa olosuhteissa, eli puhtaissa olosuhteissa. Edukas/ edullinen ratkaisu.

Millaiset käyttökohteet ovat haasteellisia optisille antureille?

Haasteellisia optisille antureille ovat kaikki paikat joissa on paljon: pölyä, likaa, vesisa-
detta ja lämpötilan vaihteluita

Haasteellisia ovat myös kirkkaat kohteet, esimerkiksi lasi ja muovirullat. Esimerkiksi muovirullaa kerittäessä muovi itsessään alkaa toimimaan heijastimena jossain vai-
heessa. Myös pyöreät kiiltävät kappaleet ovat haasteellisia, koska ne heijastavat anturin lähettämän valonsäteen pois, jolloin anturin vastaanotin ei saa vastausta.

Ratkaisuna olemme käyttäneet erikoisantureita tai mahdollisesti muita antureita, esimer-
kiksi ultraäänianturia.

Optisten antureiden tulevaisuus?

Suunta on selkeä ja olemme menossa älykkäisiin antureihin. Hintaerokaan ei ole enää hirvittävän suuri älykkään anturin ja ”perusanturin” välillä. Periaatteessa anturiin lisätään ominaisuuksia ja mikroprosessori. Uusiin kohteisiin on helpompi myydä uutta tekniikkaa, mutta vanhoissa käytetään edelleen vanhaa.

Uudet anturit mahdollistavat kaksisuuntaisen kommunikoinnin. Älykäs anturi omaa jo vi-kadiagnostiikkaa, eli osaa ilmoittaa, jos linssi on likainen tai anturi on menossa rikki. Älykäästä anturia voidaan ohjata etänä ja anturilta saadaan paljon muutakin tietoa, kuin vain mittaustieto. Älykkään anturin käyttämiseen ei tarvita välttämättä koulutettua henkilökuntaa, sillä anturi osaa IO-linkin kautta konfiguroida ja parametrisoida itsensä. IO-link on tulevaisuuden juttu!

Liite 2: Haastattelupöytäkirja Pepperl-fuchs Oy 27.12.2018

Haastateltavan nimi: Aki Luukkainen

Kerrotko yleisesti pepperl-fuchs Oy:stä?

Saksalainen yritys, joka perustettu jo sodan jälkeen. Aikoinaan aloittanut radio korjaamon. Antureita valmistettu melkein alusta lähtien ja Pepperl-fuchs kehitti ensimmäisiä induktiivisia antureita 50-luvulla. Antureita olemme valmistaneet jo 70-vuotta. Olemme toimineet Suomessa 1987-lähtien ja olemme ylpeästi vieläkin perheyritys.

Missä tuotantoa?

Ympäri maailman, Saksassa, Vietnamissa, Singaporessa, Indonesiassa, Amerikassa (Amerikan markkinoille) sekä Unkarissa

Mikä on yleisin optinen tuotteenne? Miksi?

Vaikea nimetä yksittäistä yleisintä myytyä tuotetta. Valokennot toimivat hyvin siisteissä olosuhteissa, esimerkiksi teollisuushalleissa. Nykyään uudenlaiset alueskannerit ja navigointiin liittyvät optiset skannerit ja anturit ovat kasvattaneet suosiotaan.

Mitkä ovat suurimmat toimialanne/ markkinasektori optisille antureille?

Kappaletavara-automaatioon menee paljon optista anturia. Kone-laitevalmistus. Paperikoneet.

Millaiset käyttökohteet ovat haasteellisia optisille antureille?

Kaikki höyry on haasteellista optiselle anturille. Jos silmä ei näe höyryn läpi, on anturilakin haasteita. Kaikki ilmassa oleva pöly, lumi, vesi, vesipisarat ja lämpötilan vaihtelut, esimerkiksi sahoilla ulkona kulkevilla linjastoilla kesäisin saattaa olla +50 °C astetta asfaltin läheisyydessä ja talvella lähemmäs 30-40 °C astetta pakkasta. Laserit kestävät huonosti lämpöä, +70 °C astetta alkaa olemaan raja, esimerkiksi teollisuushallien katot.

Optisten antureiden tulevaisuus?

IOT! Ja industry 4.0. Olemme tehneet päätöksen, että kaikkiin uusiin malleihin (valokennot, anturit, kaikkiin) tulee IO-linkki. Älykkäät anturit ovat oikeastaan pohja industry 4.0:lle. Tällöin antureihin päästään käsiksi jollain laitteella jopa etänä. Antureita voidaan säätää ja niistä saadaan paljon tietoa. Yhdellä älykkäällä anturilla voidaan myös korvata monta muuta vanhempaa anturia, mikä säästää kustannuksissa. Meillä myös R2000 skannerit ovat menevää tuotetta tänä päivänä. Myös muut navigointiin liittyvät anturit, alueskannerit ja paikannusanturit ovat nostaneet myyntiä.

Liite 3: Haastattelupöytäkirja IFM Oy 4.1.2019

Haastateltavan nimi: Raine Raiski

Kerrotko yleisesti IFM Oy:stä?

IFM täyttää tänä vuonna 50-vuotta. IFM:llä on ollut tytäryhtiö Suomessa 40-vuotta.

Missä tuotantoa?

Paljon tuotantoa Saksassa. Myös Puolassa, Aasiassa, Singaporessa ja Amerikassa.

Mikä on yleisin optinen tuotteenne? Miksi?

Kohteesta heijastava ja heijastimesta heijastavat perustuotteet ovat yleisin tuotteemme vielä tällä hetkellä. Niitä menee paljon kappaletavara automaatioon ja kuljetinjärjestelmiin. Myös lähetin- vastaanotin pareja myydään paljon. Joissakin sovelluksissa vaaditaan anturilta enemmän, esimerkiksi ruokateollisuudessa on kohteita, joissa anturin täytyy olla IP-68-suojattu (vedenpitävä). Uusista tuotteista laserantureita on tullut enemmän myyntiin ja myyntiä on ollut enemmän tälle saralle.

Mitkä ovat suurimmat toimialanne/ markkinasektori optisille antureille?

Suurimmat ovat kaiken näköiset teollisuuden kuljetinjärjestelmät. Esimerkiksi energia- puolelle ja voimalaitoksille menee paljon. Myös robotti-paletti-systeemeihin myydään paljon.

Millaiset käyttökohteet ovat haasteellisia optisille antureille?

Antureille haasteita tuottavat pölyinen ilma, kosteus, sumu, läpinäkyvät kohteet, likaiset olosuhteet, värinä sekä lämpötilaerot. Toiset anturit eivät kestä hirveän korkeita lämpötiloja, yläpäässä jossakin +80° C alkaa tulemaan raja vastaan.

Optisten antureiden tulevaisuus?

IOT! Älykkäät anturit ovat oikeastaan vaatimus Industry 4.0lle. Anturilta pyritään saamaan mahdollisimman paljon tietoa, paljon muutakin, kuin vain haluttu mittaustulos tai on/off lähtö. Älykkäitä antureita voidaan lukea verkon yli ja mittatietoa voidaan katsoa etänä. Lisäksi älykkäissä antureissa on (vika)diagnostiikkaa, eli ne osaavat sanoa jos linssi alkaa likaantua tai anturin suorituskyky heikkenemään. IO-link on ja tulee olemaan tulevaisuuden kova juttu. Anturit liitetään IO-linkkiin (masteri), anturilta saadaan suoraan digitaalinen viesti, joka viedään ohjauksen (logiikan) kautta esimerkiksi kenttäväylään (profinet) ja sieltä koneelle ja pilveen. Myös pilvipalvelut tulevat varmasti yleistymään teollisuudessa, sillä siellä on paljon tilaa teollisuuden vaatimalle hurjalle datamäärälle ja sieltä data on helposti saatavilla, milloin tahansa. Pilveen mennään ja IO-link on tulevaisuuden juttuja!