

UNIVERSITY OF OSLO

FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES

Exam in: FYS4260/9260 Microsystems and Electronic Packaging & Interconnection Technologies

Day of exam: Monday, June 3, 2013

Exam hours: 09:00 – 12:00 (3 hours)

This examination paper consists of 5 page(s)

Appendices: No appendices

Permitted materials: Approved electronic calculators.

Make sure that your copy of this examination paper is complete before answering.

Additional information:

Course responsible Per Øhlckers might not be present at University of Oslo on exam day but can be reached on cell phone 9590 3989. / Kursansvarlig Per Øhlckers vil kanskje ikke være tilstede på Universitetet i Oslo på eksamensdagen men kan nåes på mobiltelefon 9590 3989.

The test questions are given in Norwegian and English, and can be answered in either Norwegian or English or a combination (For instance using the English words for technical terms, like “Ball Grid Array”). Each question is equally weighed when grading the answers / Hvert spørsmål gis både med norsk og engelsk tekst. Besvarelsen kan gis valgfritt på norsk eller engelsk eller en kombinasjon (F.eks. bruke det engelske ordet for tekniske termer, som «Pinnsvin-matrise». Hvert spørsmål vektet likt ved bedømming av svarene.

Question 1: Trends for biomedical electronics & sensors / Lead Free Soldering / Statistical Process Control (SPC) / Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Background information for question a): Figure 1 shows the concept visualisation for the non-invasive blood glucose sensor nicknamed “GlucoPred” that the Norwegian company Prediktor AS has started developing this year in collaboration with Høgskolen i Vestfold and Østfold Hospital, sponsored by Oslofjordfondet. This sensor shall be used by diabetic patients to enable them to better administrate their eating and/or insulin injections to better keep their blood glucose around a normal value of 5.5 millimol/litre, equal to around 100 milligrams/decilitre. The measurement principle is to use sensor fusion by combining multi wavelength near infrared spectroscopy with bioimpedance for improved accuracy.

- a) Please comment on what you consider the 3 most important generic technical challenges for Prediktor when developing, manufacturing and marketing such a device for the biomedical market. Another observation is that products used in biomedical applications have a time-limited exception from the restrictions on using lead based soldering, as described by EU’s Restriction on Hazardous Substances (RoHS) Directive. Specifically comment for the arguments for the exception, and why it is time-limited.
- b) To achieve sufficient miniaturisation, the sensor electronics of the GlucoPred sensor could be made by partly using thick film hybrid electronics. In Figure 2, a thick film substrate with resistors is shown, and we assume we have investigated a production batch of resistors by measuring the values of 100 sample resistors as a part of an SPC survey. Calculate process capability for the thick film process when the resistor value is to be between 112 kohm and 128 kohm, when the mean value is 123 kohm and standard deviation is 2 kohm. We assume that the statistical variations are normally distributed. Is this a process that is in control?

Formula help:

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad Cpk = \min\left(\frac{USL - \bar{x}}{3\sigma}, \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma}\right)$$

How can we trim thick film resistors to higher accuracy, and then what do you recommend as a targeted mean value of the resistors after firing and before laser trimming, assuming the above statistical values of the resistors?

Also, perform a quick Failure Mode and Effect Analysis of a typical firing process when manufacturing thick film resistors.



Fig 1: Conceptual sketch of the «GlucoPred» non-invasive blood glucose sensor. The sensor is to be strap mounted on the skin. / Konseptskisse for «GlucoPred» non-invasiv blodsukker sensor. Sensoren festes med en stropp mot huden.

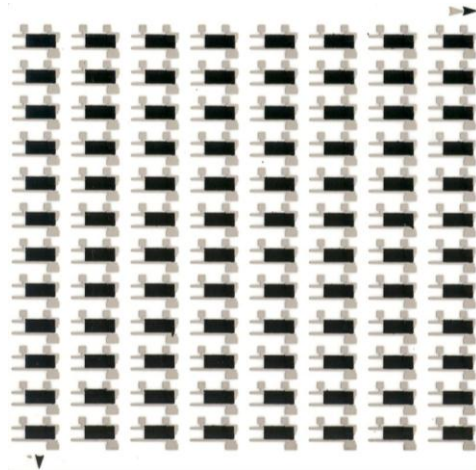


Fig 2: Picture of a substrate with thick film resistors. The resistors are black and the conductor contacts are grey/ Bilde av et substrat med tykkfilmmotstander. Motstandene er sorte og lederkontaktene er grå.

Oppgave 1: Trender for biomedisinsk elektronikk & sensorer / Blyfri lodding / Statistisk Prosess Styling (SPS) / FeilMode- og EffektAnalyse (FMEA)

Bakgrunnsinformasjon for oppgave a): Figur 1 viser konseptvisualisering for den non-invasive blodsukker sensoren med kallenavnet «GlucoPred» som det norske firmaet Prediktor AS har påbegynt utviklingen av i år i samarbeid med Høgskolen i Vestfold og Sykehuset i Østfold, med støtte fra Oslofjordfondet. Denne sensoren skal brukes av diabetes-pasienter for at de bedre skal kunne tilpasse sin spising og/eller insulin-injeksjoner for holde sine blodsukkernivåer rundt normalverdien på 5,5 millimol/liter, omtrent det samme som 100 milligram/desiliter. Måleprinsippet går på å bruke sensorfusjon ved å kombinere multibølgelengde nær infrarød spektroskopi med bioimpedans for forbedret nøyaktighet.

- Vennligst gjør rede for hva du mener er de 3 viktigste generelle tekniske utfordringene for Prediktor når de utvikler, produserer og markedsfører et slikt instrument for det biomedisinske markedet. En observasjon er at produkter som brukes i biomedisinske anvendelser har et tidsbegrenset unntak fra restriksjonene på å benytte blybasert lodding, som beskrevet av EU's Restriction on Hazardous Substances (RoHS) Direktiv.. Kommenter spesielt hvorfor dette unntaket er gitt, og hvorfor det er tidsbegrenset.
- For å oppnå tilstrekkelig miniaturisering kunne sensorelektronikken til Glucopred sensoren lages ved delvis å bruke tykkfilm hybrid elektronikk. I Figur 2 vises et bilde av et tykkfilmsubstrat, og vi antar vi har undersøkt en produksjonsserie av motstander ved å ta ut 100 enheter som en del av en SPS undersøkelse. Beregn produksjonsgodheten for tykkfilmprosessen når motstandsverdien skal være mellom 112 kohm og 128 kohm, når middelerdien er 123 kohm og standardavviket er 2 kohm. Vi antar at dette er statistisk normalfordelt. Er denne prosessen i kontroll?

Hvordan kan vi trimme tykkfilm-motstandene til høyere nøyaktighet, og hva anbefales som målsetning på middelerdien på motstandene etter innbrenning og før lasertrimming, når vi antar den overfor gitte statistiske verdier for motstandene?

I tillegg, foreta en rask FeilMode EffektAnalyse av en typisk innbrenningsprosess ved produksjon av tykkfilmmotstander.

Formelhjelp:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad C_{pk} = \min\left(\frac{USL - \bar{x}}{3\sigma}, \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma}\right)$$

Recommended number of pages for this problem (a and b together) is 2-3 handwritten pages. /
Anbefalt omfang på besvarelsen av denne oppgaven (samlet for a og b) er 2-3 håndskrevne sider.

Question 2 High speed operation

- Name and explain the most used geometries to realise transmission lines with controlled characteristic impedance on printed wiring boards and on hybrid circuit substrates. Please use both graphics and text.
- Calculate the transmission speed for a voltage pulse in a stripline in a printed wiring board or a substrate with respectively PTFE (Teflon) and alumina as the substrate dielectrics. Use the formula $v = c_0/(\sqrt{\epsilon_r}) = 30 \text{ (cm/ns)}/\sqrt{\epsilon_r}$ with a relative dielectric constant of respectively 2.2 for PTFE and 9.5 for alumina. At first sight, it looks like an alumina substrate is unsuited for high speed operation because of the high relative dielectric constant, but both thick- and thin film circuits with alumina are frequently used for high speed circuits. Explain why it is nevertheless possible to achieve good high speed operation with such circuits.

Oppgave 2: Høyhastighetsoperasjon

- Navngi og forklar de vanligste geometrier som benyttes for å realisere transmisjonslinjer med kontrollert karakteristisk impedans på mønsterkort og på hybridkrets-substrater. Benytt både grafisk presentasjon og forklarende tekst.
- Beregn transmisjonshastigheten for en spenningspuls i en "stripline" leder i et mønsterkort eller substrat med henholdsvis PTFE (Teflon) og aluminiumsoksid dielektrikum. Bruk formelen $v = c_0/(\sqrt{\epsilon_r}) = 30 \text{ (cm/ns)}/\sqrt{\epsilon_r}$ og relativ dielektrisitetskonstant på hhv 2,2 for PTFE og 9,5 for aluminiumsoksid. Umiddelbart kan det se ut til at et aluminiumsoksid-substrat er uegnet for høyhastighetsoperasjon pga høy relativ dielektrisitskonstant, men både tykk- og tynnfilmkretser med aluminiumsoksid substrat brukes mye til høyhastighetskretser. Forklar hvorfor en allikevel kan få god høyhastighetsoperasjon med slike kretser.

Question 3: Wiring boards (Unassembled printed circuit boards) and printed circuit board production

- Make a cross-section view of a via hole in a two layer through plated printed wiring board that shows the different metal layers, and describe those manufacturing process steps needed for making such through plated via holes when the printed wiring board is produced, by outlining a flow chart with supplemental text for each process step.
- Explain a common used manufacturing technology for double sided printed circuit boards with exclusively only surface mount components on both sides. This is best done by outlining a flow chart with a supplemental text for each process step.

Oppgave 3: Mønsterkort (Ubestykkete kretskort) og kretskortproduksjon

- Lag en tverrsnittsskisse av et via-hull i et tolags gjennomplettert mønsterkort som viser de forskjellige metall-lagene, og beskriv ved hjelp av et flyttdiagram og tekst de prosessstrinn som må utføres for å skape slike gjennompletterte via-hull når mønsterkortet fremstilles.
- Forklar en vanlig benyttet fremstillingsmåte for tosidige kretskort med kun overflatemontasjekomponenter på begge sider. Dette gjøres best ved å skissere et flyttdiagram og med en utfyllende tekstforklaring for hvert prosessstrinn.

Recommended number of pages for this problem is 1-2 handwritten pages. / Anbefalt omfang på besvarelsen av denne oppgaven er 1-2 håndskrevne sider.

Question 4: Thin film technology

- a. Explain a widespread way of making thin film hybrid circuits. This is best done by outlining a flow chart with a supplemental text for each process step.
- b. Point out why thin film technology has a market niche compared to alternative technologies, and give 2 examples of typical applications.

Oppgave 4: Tynnfilmteknologi

- a. Forklar en vanlig benyttet fremstillingsmåte for multilags tynnfilmkretser med tynnfilmotstander. Dette gjøres best ved å skissere et flytdiagram og med en utfyllende tekstforklaring for hvert prosessstrinn.
- b. Forklar hvorfor tynnfilmteknikk har en markedsnisje i forhold til alternative teknikker, og gi 2 typiske anvendelseseksempler.

Recommended number of pages for this problem (a and b together) is 2-3 handwritten pages. / Anbefalt omfang på besvarelsen av denne oppgaven (samlet for a og b) er 2-3 håndskrevne sider.

Oppgave 5. Mikromaskinerte komponenter

- a) Sett opp en liste med 5 viktige prosesssteknologier som kan benyttes for mikromaskinerte komponenter, med en kort forklaring på deres virkemåte.
- b) Foreslå en liste med de 10 viktige suksessfaktorer som fremmer utbredelsen av mikromaskinerte komponenter, og begrunn kort hvorfor hver enkelt faktor er viktig.

Question 5: Micromachined devices

- a) Give a list of 5 important process technologies which can be used for micromachined devices with a short explanation on how they work.
- b) Propose a list with 10 important success factors stimulating the application of micromachined devices, and for each of them give reasons for importance.

Recommended number of pages for this problem (a and b together) is 1-2 handwritten pages. / Anbefalt omfang på besvarelsen av denne oppgaven (samlet for a og b) er 1-2 håndskrevne sider.

----- End / Slutt-----