

# Assignment 1 MEMS-design by Furkan Kaya

1.8 Vi skal finne produkt-skjemaer for tre kommersielle accelerometere. For sikkerhets skyld, så er en accelerometer noe som (en elektromekaniske komponent) måler akselerasjon/krefter.

Den første accelerometeren jeg undersøker er: "Quartz Accelerometer AI-Q-2001. Hvis vi skal følge de oppgitte forholdene i avsnitt 1.3.2, så har denne accelerometeren en høy ytelse og høy nøyaktighet (evnen til en sensor til å gi resultater nær den samme verdi). Sensitiviteten er høy fordi det har en veldig høy input range. Ellers bemerkar produsenten at produktet har veldig bra presisjon (punkt 4) og pålitelighet (punkt 10).

Den andre acceleratoren er PCB Modell 355B04. Dette er en såkalt høy-sensitiv ICP accelerometer. Det har en resolusjon ned til  $1 \mu g$  rms bredbånd og utførlig lav-frekvens målingskapabilitet. Modellen har en sterk output signal og dermed høy sensitivitet og en veldig lav noise floor.

Den tredje acceleratoren er en PCB Modell 352 A21 Miniatur accelerometer. Den har en veldig sensitiv piezokeramisk sensor. De har en veldig bra signal til lyd ratio, høy målingsresolusjon og er ideelle for lav-nivå vibrasjonsmåling. De har mindre masse enn en sammenlignbar quartz-accelerator, det gir da også høyere frekvensrespons og

og lavere noise floor.

Nå skal jeg lage en tabell for å sammenligne de tre accelerometrene:

Accelerator	A1	A2	A3	Måle-
Sensitivitet	< 30	1000	10	mV/g
Transduction Principle	Termal	Piezo-electrich	Piezo-electrich	
Dynamic Range	± 60	± 5	± 500	8 pk
Noise Figure				
Resale Cost	Very High			
Bias level	13-18	7-12	8-12	V <sub>DC</sub>
Resolution	< 1·10 <sup>-6</sup>	0,0001	0,004	g
Velut	71 ± 4	11,2	0,6	g

A1 = Quartz AI-Q-2001

A2 = PCB Modell 355B04

A3 = PCB Modell 352A21

1, 12 Vi skal finne resistorens Johnson noise. Formelen er  $\sqrt{4kTRB}$  hvor  $k$  = Boltzmanns konstant,  $T$  = temperatur i Kelvin,  $R$  = resistans og  $B$  = båndbredde.

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \quad , \quad R = 5000 \, \Omega \quad , \quad T = 300 \, K$$

Båndbredde er forskjellen mellom øvre og nedre frekvens i et kontinuerlig sett av frekvenser. I oppgavesettet har vi fått oppgitt to båndbredder: 0-100 Hz og 0-10000 Hz



Dette gir oss

$$(1) \quad V = \sqrt{4 \cdot (1,38 \cdot 10^{-23}) \cdot 5000 \cdot 300 \cdot 100}$$

$$V = \underline{\underline{9,1 \cdot 10^{-8} \text{ V}}}$$

$$(2) \quad V = \sqrt{4 \cdot (1,38 \cdot 10^{-23}) \cdot 5000 \cdot 300 \cdot 10000}$$

$$V = \underline{\underline{9,1 \cdot 10^{-7} \text{ V}}}$$

1.14 Ligning (1.1) er  $k = \frac{Ewt^3}{4L^3} = \frac{CL^4}{4EL^3} \propto L$

Vi har formelen  $k = mg$  for et fjær.  
Forflytningen gies av  $d = \frac{mg}{k} \propto \frac{L^3}{L} = \underline{\underline{L^2}}$

Resonansfrekvensen er:

$$f = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ som gir at den er proporsjonal}$$

til  $f = \sqrt{\frac{L}{L^3}} \Rightarrow f \propto \frac{1}{L}$  er resonant frekvens

Dette er fordi massen er proporsjonal til den karakteristiske lengden opphevd i 3.

1.21 1. Termometer: her er temperatur-sensoren  
kvikksølv i termometeret som fungerer en forandring  
basert på varmen. Høyere varme sender kvikksølv  
oppover.

2. Bimetalliske termometer: ble designet for at være mindre præcist, men mere pålidelig i ekstreme forhold. Man har en metallisk sensor-stang som overfører temperaturen til en termal element med en skala. Det er af to forskellige materialer som reagerer forskelligt til temperaturen. Det er en kontakt-type elektro-mekanisk temperatur sensor.

3. Termistor: er en special type resistor som forandrer dets fysiske resistans når det bliver eksponeret for forandringer i temperatur.

4. Thermocouple: minder lidt om bimetalliske termometer og er den mest brugte metoden for at måle temperatur. Er veldig simpelt og er en simpel termoelektrisk sensor som består af to ulige metaller koblet til hverandre. Den ene har konstant temp og blir holdt for referansepunkt (cold) og den andre skifter temperatur (hot).

5. Ikke-kontakt måling av radiation: man måler materialer som sender ut forskjellig infrarød radiasjonsintensitet.

6. Ikke-kontakt måling av konveksjon: Man måler væsker og gasser som emitterer radiant energi effektivt som temperaturen øker og kulde legger seg på bunnen i konveksjonsstrømmen.



7. Change-of-state sensors: måler en forandring i tilstand til et materiale sørget for at en forandring i temperatur. Her er en forandring i tilstand for vann fra is til vann til damp et godt eksempel.

8. Silicon diode: har blitt spesielt laget for den kryogeniske temperatur-rekkevidden. De er sensorer som er lineære og hvor konduktiviteten øker lineært i de laveste kryogeniske regioner.

9. Thermal expansion oppdaget optisk: Når en substans varmes, øker den kinetiske energien til dets molekyler. Graden av ekspansjon divideres av forandringen i temperatur blir kalt for dets koeffisient for termal ekspansjon.

10. Thermal expansion oppdaget/detektert kapante: disse kalles også for pyro kapasitatorer og lagrer energi ved termal ekspansjon. Hver av kapantans har to ledende plater med et ikke-ledende som i mellom. En heat flux sensor er en transducer som generer et elektrisk signal proporsjonal til den totale varmerate anvendt til overflaten til sensoren.

2.6 Vi har 3 niveauer hvor kredse kan bli integrert med MEMS-komponenter: wafer-nivå, package-nivå og board-nivå.

Wafer-nivå: Man har en mekanisk støttende silisium wafer og forsøker å brenne en hel silisium wafer til å lage en enhet "super-chip". Denne kan brennes i massive parallelle superkomputere.

Package-nivå: et aktuelt område denne formen for integrasjon kan brennes på er i produksjonen av 3D-sammenstilling av individuelle chips. Dette skyldes at integrasjon på wafer-nivå ikke er mulig når man inkluderer sensorer, CPU og annet komplisert.

board-nivå: her vil jeg nevne et konkret eksempel som heter AppliPaks (Application targeted board Paks) hvor man kombinerer på brett-nivå en CPU som VME med I/O merzine brettkort, operativsystemer og egendvalgt minne.

2.10 Fordi oliv-laget fungerer som isolator. Man ønsker kun elektriske krets i det området hvor montering gjør. Altså montering som blir laget av bølge lengden (UV-lys bølge lengde som oftest).

For del 2 av spørsmålet: Nei, Resisten regulerer på lyset og montering blir laget kun ved hjelp av fotolitografi.

(6)