

Typiske eksamensspørsmål innen emnet INF5490 RF MEMS, våren 2006

1. Hva er forskjellen på bulk mikromaskinering og overflate mikromaskinering? Forklar typiske trinn for hvordan du kunne realisere en c-c bjelke i polysilisium med underliggende elektrode. Hvilke utfordringer representerer offerlag-etsingen? Hva er botemidlene for å unngå problemer med dette? Hva er ”sticking” og hvordan kan det oppstå?
2. Forklar prinsippet for elektrostatisk aktivering, - både fysikalsk og ved viktige sammenhenger mellom fysiske parametrene. I hvilke typer MEMS-komponenter er denne aktiveringsformen velegnet? Gi eksempler. Beskriv alternative aktiveringsmekanismer: piezoelektrisk og elektrotermisk aktivering.
3. Hvilke hovedmetoder kan benyttes for å modellere RF MEMS. Hva er fordeler og ulemper med de forskjellige? Finn transferfunksjonen for et enkelt masse-fjær-demper-system? Hvordan inngår de fysiske parametrene i bestemmelse av resonans-frekvens og Q-faktor for dette systemet?
4. Beskriv modelleringen av en bevegelig kondensatorplate som er opphengt i en fjær og kan bevege seg vertikalt. Kondensatoren gis en spenning V . Forklar pull-in. I hvilke typer RF MEMS komponenter kan denne effekten være en positiv og i hvilke en negativ faktor (fordel eller ulempe).
5. Ved konvertering mellom ulike energidomener benyttes effort og flow-parametre. Definer disse for de mekaniske og elektriske energi-domene. Hva er det elektriske ekvivalentskjema for et masse-fjær-demper-system? Forklar hvordan du kan omforme systemer med både mekaniske og elektriske komponenter til et felles ekvivalentskjema når det er lineære sammenhenger mellom efforts og flows? Hvordan defineres den elektromekaniske koblingskoeffisienten for en kapasitiv transducer, og hvordan kommer den inn ved konverteringen?
6. Beskriv typiske egenskaper ved en transmisjonslinje. Hva er karakteristisk impedans og hvilken betydning har den? Hvordan sørge for at mest mulig av signalet kommer gjennom en MEMS kontakt-svitsj som er plassert serielt i en transmisjonslinje? Beregn refleksjonen når bryteren er av og Z_0 er karakteristisk impedans av transmisjonslinjen før og etter svitsjen.
7. Beskriv virkemåten til en cantilever beam serie svitsj som benyttes som en kontaktsvitsj. Hva er de sentrale og kritiske designparametre for svitsjen og hvilke muligheter og begrensninger eksisterer for å lage en god svitsj? Nevn noen parametre som benyttes for å karakterisere godheten i svitsjer. Hva blir refleksjon i ON-tilstand når Z_0 er karakteristiske impedans før og etter svitsjen og svitsjemotstanden er R ?

- 8.** Beskriv struktur og forklar virkemåte for en kapasitiv svitsj av type dobbeltinnspent bjelke (c-c beam). Hvilken betydning har forholdet mellom C_{down} og C_{up} , og hva er de sentrale og kritiske designparametrene? Hva blir refleksjonen når bryteren er AV og den er plassert i en transmisjonslinje med karakteristisk impedans Z_0 foran og etter? Hvilke forhold påvirker svitsjehastigheten?
- 9.** Hvilken funksjon har en faseskifter? Forklar hvordan du kan realisere faseskiftere i MEMS som gir en kontinuerlig eller diskret variasjon av faseskiftet. Hvilke parametre bestemmer faseskiftet? Hvor kan slike komponenter benyttes?
- 10.** Hvordan kan en dobbeltinnspent bjelke (c-c- beam) benyttes som en resonator? Beskriv struktur og operasjon. Skisser de prinsipielle og sentrale trekkene ved modelleringen av en slik struktur (uten å gå i detalj). Hva er de kritiske parametrene for å oppnå høy ytelse?
- 11.** Hvordan kan en lateral kam-struktur benyttes som en resonator? Beskriv struktur og operasjon. Skisser de prinsipielle og sentrale trekkene ved modelleringen av en slik struktur (uten å gå i detalj). Hva er de kritiske parametrene for å oppnå høy ytelse? Hvordan kunne du benytte en slik type resonator for å lage en oscillator?
- 12.** Finn den elektromekaniske koblingskoeffisienten for en parallell plate kondensator med AC-spenning, $v \sin \omega t$, som resulterer i en AC-kraft, $f \sin \omega t$.
- 13.** Hvordan kan en free-free beam (f-f beam) benyttes som en resonator? Beskriv struktur og operasjon. Hva er fordelene med en f-f- beam sammenlignet med en c-c beam? Hva er de kritiske parametrene for å oppnå høy ytelse? Er det andre resonator-strukturer som er enda mer velegnet for å oppnå høy resonansfrekvens og høy Q-faktor? Gi et eksempel.
- 14.** Beskriv virkemåten og ekvivalentskjemaet for et mikromaskinert filter realisert som en H-struktur. Hva bestemmer båndbredden? Hva er en typisk prosedyre for å konstruere et slikt filter med en gitt båndbredde og senterfrekvens? Hvordan kan båndbredden reduseres? Hvilke forhold er sentrale for ytelsen?
- 15.** Hvordan kan du realisere en kombinert mikser-filter-struktur i MEMS? Beskriv strukturen og forklar funksjon og sentrale designparametre.
- 16.** Hvordan defineres Q-faktoren for typiske RF MEMS komponenter? Hva har Q-faktoren å si for en resonator som skal benyttes i en oscillator? Forklar forskjellen på lav og høy Q-verdi i oscillatoren. Hvilke forhold påvirker verdien av Q-faktoren når resonatoren realiseres som en c-c bjelke?
- 17.** Beskriv prinsippet for vertikalt tunbare RF MEMS kapasitanser. Hvilke begrensninger eksisterer og hvorfor? Vis eksempler på strukturer hvor tunbarhetsområdet for slike strukturer kan økes?

18. Forklar struktur og virkemåte til en lateralt tunbar kapasitans (kam-struktur). Hvilke egenskaper har denne sammenlignet med vertikalt tunbare kapasitanser? Nevn noen alternative mekanismer for å realisere tunbare kapasitanser som ikke benytter elektrostatisk aktivering.

19. Hvordan oppfører en planar spole seg ved høye frekvenser? Tegn ekvivalentskjema og forklar de ulike bidragene. Diskuter hvordan reaktansen og Q-faktoren varierer med hensyn på frekvensen.

20. Hvordan kan RF MEMS induktanser realiseres i planet? Hvilke designparametre er sentrale og hvordan påvirker de ytelsen? Diskuter viktige faktorer for å øke ytelsen og forklar hvilken effekt de har.

21. Hva er skin-depth? Forklar hvordan denne effekten oppstår og hvilken betydning den har for RF-kretser. Hvordan kommer den inn når det gjelder ytelsen av RF MEMS induktanser? Forklar hva som kan gjøres for å eliminere virkningen av skin-depth ved spoler realisert i planet.

22. Hva gjør pakking av RF MEMS mer utfordrende enn pakking av IC-kretser? Hvilke forhold må en ta i betraktning ved valg av pakke type og hva kan oppnås i de ulike tilfellene? Hva er "microcaps" og hvordan kan de benyttes?

23. Hvilke muligheter og begrensninger finnes for å realisere monolittisk integrerte systemer hvor både MEMS komponenter og IC-kretser inngår? Beskriv det prinsipielle ved typiske metoder og de fordeler og ulemper disse har.

24. Hva er de typiske bestanddelene i en RF transceiver? Hva slags begrensninger eksisterer med dagens teknologi? Beskriv hvilke RF MEMS komponenter som kan benyttes i slike systemer og hvor disse kan inngå. Hvilke fordeler kan oppnås, og hva er begrensningene?

25. Hvordan kan du benytte en MEMS filterbank for RF-filtreringen som trengs i en RF Receiver? Skisser struktur og forklar operasjon og muligheter for realisering av en slik filterbank.