

Typiske eksamensspørsmål innen emnet INF5490 RF MEMS, våren 2007

1. Forklar hovedtrekkene i bulk mikromaskinering og overflate mikromaskinering? Nevn noen muligheter og begrensninger ved metodene? F2

Hvilke utfordringer representerer offerlag-etsingen? Hvordan kan en unngå problemer med det? Hva er "sticking" og hvordan kan det oppstå? F2

Forklar forskjellen på anisotrop våtetsing og isotrop tørr-etsing. I hvilke tilfeller er de ulike etsemetodene egnet? F2

Beskriv typiske prosesseringstrinn for å realisere en c-c bjelke av polySi med underliggende elektrode i polySi. F2/ØV1

2. Beskriv hvilke krefter som virker på en kondensator med bevegelig plate opphengt i en fjær når en setter på en spenning over platene. Hva skjer når spenningen øker? F3

Nevn eksempler på typiske RF MEMS komponenter som kan modelleres ved en bevegelig plate kondensator?

Hvorfor er elektrostatisk aktivering så mye brukt for å realisere RF MEMS-komponenter? Nevn noen typiske trekk ved alternative aktiveringsmekanismer. F3

3. Hva går analyse av MEMS ved Finite Element Methods ut på? F3, F4

Hvilke fordeler eller ulemper har analyse ved Finite Element Methods sammenlignet med å benytte enkle matematiske modeller?

Sett opp overføringsfunksjonen (transferfunksjonen) for et enkelt masse-fjær-demper-system? Hvordan vil de fysiske parametrene bestemme resonans-frekvensen og Q-faktoren for dette systemet? Hvilken elektrisk ekvivalent har samme overføringsfunksjon? Forklar. F3

* Hvordan påvirker dempingen Q-faktor og resonans-frekvens?

4. Forklar pull-in-effekten, og når kan den være en ønsket eller uønsket effekt i RF MEMS komponenter (fordel eller ulempe)? Hvordan påvirker denne effekten tuning range for variable kondensatorer? F3, F11

Hva slags virkning har pull-in-effekten når det gjelder å realisere svitsjer (kontakt-svitsjer og kapasitive svitsjer)? F5

5. Ved konvertering mellom ulike energidomener benyttes effort og flow-parametre. Definer disse parametrene for det mekaniske og elektriske energi-domene. Hva er det elektriske ekvivalentskjema for et masse-fjær-demper-system? F3

* 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 i de to domenene? F3

6. Beskriv typiske trekk ved signalforplantning over en transmisjonslinje. Hva er karakteristisk impedans og hvilken betydning har den? F4

Anta en tapsfri transmisjonslinje med karakteristisk impedans Z_0 og lastimpedans Z_{last} . Hvordan sørge for at mest mulig av signalet overføres til lasten? Hva skjer ved åpen og kortsluttet linje? F4

Anta at en MEMS kontakt-svitsj er plassert serielt i en transmisjonslinje. Beregn refleksjonen når bryteren er av og Z_0 er karakteristisk impedans av transmisjonslinjen både før og etter svitsjen. F4/ØV3

7. Beskriv virkemåten til en cantilever beam serie svitsj som benyttes som en kontaktsvitsj. F5

Diskuter sentrale og kritiske parametre for svitsjen, f.eks. valg av struktur, oppheng, fjærstivhet, materialvalg, separat eller kombinert RF- og styresignal, kontaktresistans, kontakt-ruhet, kontakt-kapasitans, hastighet, demping, aktiveringsspennning, pålitelighet, aldring. F5, F6

* Vurder hvilke muligheter og begrensninger som eksisterer for å lage en god svitsj? F5, F6

Beregn refleksjonen når svitsjen er i ON-stilstand hvis Z_0 er den karakteristiske impedans i transmisjonslinjen før og etter svitsjen og svitsjemotstanden er R ? F5/ØV1/ØV3

8. Beskriv struktur og forklar virkemåte for en shunt kapasitiv svitsj av type dobbeltinnspent bjelke (c-c beam). Hvilken betydning har forholdet mellom C_{down} og C_{up} ?

Diskuter sentrale og kritiske designparametre for svitsjen, f.eks. separat eller kombinert RF- og styresignal, areal, aktiveringsspennning, demping, gap, fjærstivhet, pull-in mulighet, valg av dielektrikum, opphengsstruktur, materialvalg, svitsjehastighet. Hvilke forhold påvirker svitsjehastigheten? F5/F6

Hva betyr "insertion loss", "isolation" og "return loss"?

Hva blir refleksjonen når den kapasitive bryteren er AV og den er plassert i en transmisjonslinje med karakteristisk impedans Z_0 både foran og etter? F6

9. Hvilken funksjon har en faseskifter? Hvor kan slike komponenter benyttes?

Forklar hvordan du kan realisere MEMS faseskiftere som gir en diskret variasjon av faseskiftet

Forklar hvordan RF MEMS komponenter kan benyttes for å gi en kontinuerlig variasjon i faseskiftet. Hvilke parametre bestemmer faseskiftet? F7

Hva er prinsippet for en refleksjons-faseskifter? F7

10. Beskriv struktur og virkemåte til en dobbelstinnspent bjelke (c-c- beam) som benyttes som en resonator.

Hvordan settes bjelken i svingninger, og hva gjør at du får generert en utgangsstrøm?

* Skisser prinsipielle og sentrale trekk ved modelleringen av en slik struktur (uten å gå i detalj). F9

Nevn noen kritiske parametre for å oppnå høy ytelse av resonatoren og diskuter forhold som påvirker optimale valg? F7/F9

11. Beskriv struktur og virkemåte til en lateral kam-struktur som benyttes som en resonator? F7, F8

Hvordan settes kammen i svingninger, og hva gjør at du får generert en utgangsstrøm? Skisser prinsipielle og sentrale trekk ved modelleringen av en slik struktur (uten å gå i detalj). F8

Nevn noen kritiske parametrene for å oppnå høy ytelse av kamresonatoren og diskuter forhold som påvirker optimale valg. F8

Hvordan kunne du benytte en kam-resonator for å lage en oscillator? F7, F8

12. Forklar hvordan du kan modellere et mekanisk system ved elektriske kretssymboler? Hva er den elektriske analogien til et dempet, svingende mekanisk system med masse m , fjærstivhet k og demping b ?

* Anta at en parallell plate kondensator aktiveres elektrostatiske. Forklar at dette systemet er en transducer for omforming av spenning (V) \rightarrow kraft (F). Beskriv sammenhengen.

* Transducere skal benyttes i en kam-resonator. Hvorfor ønsker en å linearisere dette uttrykket? Finn den elektromekaniske koblingskoeffisienten når en inngangs AC-spenning, $v \sin \omega t$, resulterer i en AC-kraft, $f \sin \omega t$. F8

* Forklar hvordan den elektromekaniske koblingskoeffisienten kan benyttes til å transformere en mekanisk resonator over i et elektrisk domene? F8

13. Beskriv struktur og virkemåte til en free-free beam (f-f beam) som benyttes som en resonator? Hva er fordelene med å bruke en f-f beam sammenlignet med en c-c beam? F9

Nevn noen kritiske parametrene for å oppnå høy ytelse for f-f beam og diskuter forhold som påvirker optimale valg?

Gi eksempler på andre resonator-strukturer som er enda mer velegnet for å oppnå høy resonansfrekvens og høy Q-faktor? Hvorfor får disse en vesentlig høyere Q-faktor? F9

14. Beskriv struktur og virkemåte for et mikromaskinert filter realisert som en H-struktur. Hva blir mekanisk og elektrisk ekvivalentskjema? F10

* Hva bestemmer båndbredden i filteret? Hva er en typisk prosedyre for å konstruere et slikt filter med en gitt båndbredde og senterfrekvens? Hvordan kan båndbredden endres på en enkel måte? F10

Nevn noen forhold som er sentrale for ytelsen av H-filteret? F10

15. * Forklar hvordan kan du realisere en mikser-struktur ved å bruke en c-c bjelke. Hvordan kan en H-formet MEMS-struktur benyttes til å implementere en kombinert mikser-filter-struktur? Beskriv strukturen og forklar funksjon og sentrale designparametre. F10

Hvor kan slike blokker benyttes i RF-systemer? F14

* Forklar hvordan du kan 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. F14

16. Nevn ulike måter å definere Q-faktoren på? F4. Hva blir Q-faktoren for en RF MEMS kondensator og en spole? F11, F12

Hva har Q-faktoren å si for en resonator som skal benyttes i en oscillator? Forklar betydningen av lav og høy Q-verdi i oscillatoren. F4

Nevn noen forhold som påvirker verdien av Q-faktoren når resonatoren realiseres som en c-c bjelke, en f-f beam eller en "Radial Contour-Mode Disk"? (F7/F9/F11)

17. Hvilke hovedmetoder kan benyttes for å realisere tunbare RF MEMS kapasitanser? Beskriv prinsippet for vertikalt tunbare RF MEMS kapasitanser. Hvilke begrensninger eksisterer og hvorfor?

Vis eksempler på strukturer hvor tunbarhetsområdet for slike strukturer kan økes? Beregn tunbarhetsområdet for en 3-plate kondensator. Hvordan virker en dobbelt luftgap kondensator? F11

18. Beskriv struktur og virkemåte til en lateralt tunbar kapasitans (kam-struktur). Hvilke egenskaper har denne sammenlignet med vertikalt tunbare kapasitanser? F11

Nevn noen alternative mekanismer for å realisere tunbare kapasitanser som ikke benytter elektrostatisk aktivering. F11

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. F12

20. Nevn eksempler på hvordan RF MEMS induktanser kan realiseres i planet? Hvilke designparametre er sentrale og hvordan påvirker de ytelsen? F12

Diskuter viktige faktorer for å øke ytelsen til MEMS-spoler og forklar hvilken effekt de har. F12

Hva er hensikten med ”eleverte induktanser”? Hvordan kan en implementere slike? F12

21. Hva skjer med strømføringen i ledere når frekvensen øker og forklar hvordan denne effekten oppstår? Hva er ”skin-depth” og hvilken betydning har den for RF-kretser?

Hvordan kommer ”skin-depth”-effekten inn når det gjelder å påvirke ytelsen av RF MEMS induktanser? Forklar hva som kan gjøres for å eliminere virkningen av skin-depth-effekten ved spoler realisert i planet. F12/F4

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 ved de ulike valg? F13

Hva er ”microcaps” og hvordan kan de benyttes? F13

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. F13

24. Beskriv de typiske bestanddelene i en RF transceiver? Hva slags implementasjonsbegrensninger eksisterer med dagens teknologi? F14

Beskriv hvilke RF MEMS komponenter som kan benyttes i slike systemer og hvor disse kan inngå. Hvilke fordeler kan oppnås, og hva er begrensningene? F14

OS, 4/5 - 2007