

Typiske spørsmål til en muntlig eksamen i IN5490 RF MEMS, 2008

Q1: Mikromaskinering

Hva er hovedforskjellen mellom bulk og overflate mikromaskinering? Beskriv hovedtrinnene for å implementere en polySi c-c bjelke med en underliggende elektrode av polySi.

Hvilke problemer ser du for deg når det gjelder å fjerne offerlag, og hvordan kan problemene unngås?

Beskriv de typiske trekkene ved RIE etsing sammenlignet med en isotrop eller anisotrop våtetsing.

Q2: Modellering av en parallell plate kondensator

Hvilke krefter er involvert når du har en parallell plate kondensator der den ene platen er opphengt i en fjær og en så setter på en spenning mellom platene? Hva skjer når du øker spenningen?

Q3: Modellering av et “spring-mass-damper”-system

Sett opp transfer-funksjonen til et “spring-mass-damper”-system. Hvilke fysiske parametre bestemmer resonansfrekvensen og Q-faktoren? Hvordan ser den tilsvarende elektriske ekvivalenten ut?

Beskriv noen sentrale trekk ved å analysere MEMS strukturer ved å bruke Finite Element Metoder sammenlignet med andre metoder. Hva er fordelene og ulempene?

Q4: Pull-in effekt

Hva består pull-in effekten i? For hvilke RF MEMS komponenter kan denne effekten være en fordel eller ulempe?

Hvordan påvirker pull-in effekten operasjonen til en MEMS svitsj (kontakt-svitsj, kapasitiv svitsj)? Forklar hvorfor hysteresegenskaper oppstår?

Q5: Energi-domener

Hvilke samsvarende effort og flow parametre har du i de forskjellige energi-domenene? Hvilke fordeler er det ved å benytte slike ekvivalenter?

Hvordan transformerer du mekaniske komponenter til elektriske ekvivalenter?

I hvilke tilfeller kan du erstatte en generell elektromekanisk transduser med en enkel transformator? Hva bestemmer vindingstallet til transformatoren i det tilfellet at transduseren er en to-plate kondensator?

Q6: RF transmisjon

Beskriv typiske trekk ved overføring av RF signaler sammenlignet med lav-frekvens overføring.

Hvordan defineres den karakteristiske impedansen til en transmisjonslinje, og hva forteller den parameteren deg? Hvis du har en tapsfri transmisjonslinje med en karakteristisk impedans, Z_0 , og en last, Z_{load} , hvordan kan du da oppnå a maksimal signaloverføring til lasten? Hva skjer hvis du har en åpen eller kortsluttet linje?

Anta at en MEMS kontakt svitsj er plassert serielt i en transmisjonslinje som har en karakteristisk impedans Z_0 både før og etter. Beregn refleksjonen (return loss) til signalet når svitsjen er åpen (ikke ledende).

Q7: Seriell kontakt-svitsj

Hvordan kan du realisere en cantilever bjelke seriell kontakt svitsj?

Diskuter viktige og kritiske design parametre for svitsjen. Hvordan påvirkes ytelsen av materialvalg, separate aktiverings-elektroder, kontakt-resistans og -kapasitans, demping, aktiveringsspenning, eldring?

Beregn insertion loss til signalet når svitsjen er ON (ledende) og når den karakteristiske impedansen til transmisjonslinja er Z_0 både foran og etter svitsjen.

Q8: Shunt kapasitiv svitsj

Beskriv strukturen og operasjonen til en shunt kapasitiv svitsj av type c-c bjelke.

Diskuter noen av de viktige og kritiske design parametrene for svitsjen, f.eks. separate kontroll-elektroder, overlappingen mellom elektrode-arealene, aktiverings-spenning, demping, gap, pull-inn spenning, dielektrisk materiale, oppheng, materialvalg.

Hvilke faktorer influerer svitsje-hastigheten?

Beregn refleksjonen (return loss) når den shunt kapasive svitsjen er OFF (leder ikke RF) hvis den er plassert i en transmisjonslinje som har en karakteristisk impedans på Z_0 både foran og bak svitsjen.

Q9: MEMS faseskifter

Hvordan kan du realisere en 2-bits digital MEMS faseskifter?

Hvordan kan du realisere en faseskifter som er basert på distribuerte MEMS kapasitanser? Hvilke parametre bestemmer det faseskiftet som kan oppnås?

Beskriv virkemåten til en refleksjons faseskifter. Hva er fordelen med denne?

Q10: c-c bjelke som en resonator

Beskriv struktur og operasjon til en c-c bjelke brukt som en resonator.

Hvorfor settes det på en DC-spenning på resonator-bjelken? Hva er virkningen av det?

Hva er forholdet mellom kraften som virker på bjelken og bjelke-spenningen? Hvorfor ønsker du vanligvis å linearisere dette uttrykket? Hvordan kan det gjøres?

Beskriv viktige faktorer som påvirker dempingen av en c-c beam.

Hvordan kan du heve Q-faktoren til en c-c bjelke resonator? Hvordan kan du øke resonansfrekvensen?

Q11: Lateral kam-resonator

Beskriv struktur og operasjon til en lateral kam-struktur som benyttes som en resonator.

Hvorfor settes det vanligvis en DC-spenning på den bevegelige strukturen ("shuttle")? Hva er virkningen?

Hvilke parametre er kritiske for å oppnå en høy resonansfrekvens?

Hvordan kan kam-resonatoren brukes til å realisere en oscillator?

Q12: Modellering av kam-resonatoren

Beskriv hovedtrekkene av hvordan du kan overføre en kam-resonator fra en mekanisk beskrivelse til en beskrivelse i det elektriske domenet ved å gjøre bruk av den elektromekaniske koblings-koeffisienten.

Q13: free-free beam og disk resonatorer

Beskriv struktur og operasjon til en free-free beam brukt som en resonator.

Hva er fordelene ved å benytte en f-f- beam sammelignet med en c-c- beam?

Hva er de kritiske parametrene for å kunne realisere en f-f- beam med optimal ytelse?

Beskriv hvordan en disk resonatorer opererer. Hvilke er de kritiske design parametrene? Hva er fordelene sammenlignet med å bruke en bjelke-resonator?

Q14: H-filter

Beskriv struktur og operasjon til et mikromekanisk filter som implementeres som en H-struktur. Hvordan kan du modellere systemet?

Hvilke faktorer bestemmer frekvens og båndbredde til et H-filter? Beskriv en typisk prosedyre for å konstruere et slikt filter.

Hvordan kan båndbredden til filteret forandres på en enkel måte?

Hvilke parametre bestemmer ytelsen til filteret?

Q15: Mikser-filter struktur

Forklar hvordan H-filteret kan benyttes for å realisere en kombinert mikser-filter struktur. Hva slags signalprosessering kan strukturen utføre? Hvilke design-parametre er sentrale?

Hvor i en generell RF transceiver kan en slik mikser-filter -blokk benyttes?

Q16: MEMS filter-bank

Beskriv strukturen og virkemåten til en RF MEMS filter-bank. Hva er fordelene og ulempene til en slik filter-bank?

Q17: Q-faktor

Hvordan er Q-faktoren definert?

Hvordan kan du definere Q-faktoren for et RF MEMS filter, en kondensator og en induktor?

Hvordan influerer Q-faktoren i resonator-tilbakekoblingen ("resonating tank") på stabiliteten til en oscillator? Hva er forskjellen mellom å ha en høy eller lav Q-faktor?

Beskriv noen av de faktorene som påvirker Q-faktoren hvis en resonator er realisert som en c-c bjelke, en f-f- bjelke eller som en disk (Radial Contour Mode Disk)?

Q18: Justering av gapet (gap-tuning) til en MEMS kondensator

Hva er hovedmetodene for å justere verdien av ("tune") en RF MEMS kondensator?

Beskriv hvordan en 3-plate tunbar MEMS kondensator kan realiseres. Hva er begrensningene, og hvilken "tuning ratio" kan oppnås?

Hvordan virker en tunbar "double air-gap" MEMS kondensator? Hvordan kan du få en maksimal kapasitans-variasjon ut av en slik struktur? Beskriv hovedtrekkene i en implementasjon.

Q19: Tunbar kam-kondensator

Beskriv strukturen og virkemåten til en tunbar kam-kondensator. Hva er fordelene ved å benytte en slik struktur sammenlignet med å variere gapet ("gap tuning"). Hvilke begrensninger har du?

Hvordan kan du benytte temperatur som en tunings -mekanisme for kondensatorer?

Q20: Planare RF MEMS induktorer

Tegn et ekvivalent kretsskjema av en RF MEMS induktor og diskuter de forskjellige parasitt-bidragene. Hvordan kan strø-komponentene (parasittene) reduseres?

Hvordan kan MEMS induktorer realiseres i planet (2-dimensjonale induktorer)?

Q21: Økning av ytelsen i en RF MEMS induktor

Hvilke mekanismer har du for å øke L-verdien (induktansen) til en MEMS induktor?
Hvordan påvirker dette Q-faktoren og selvresonans-frekvensen?

Hvorfor kan det være en fordel å heve induktorer over jord-planet? Beskriv et eksempel.

Q22: “Skin-depth”

Forklar hva som skjer med fordelingen av strømtettheten i elektriske ledere når AC - frekvensen øker. Hva er “skin-depth”, og hvordan kommer denne effekten inn når en skal realisere RF MEMS induktorer?

Hvordan kan virkningen av “skin-depth” minimaliseres for induktorer?

Q23: RF MEMS pakking

Hvilke faktorer gjør at pakking av RF MEMS er mer utfordrende enn å pakke IC-kretser?
Hva trenger du å ta hensyn til?

Hva er “Microcaps”? Hvorfor og hvordan brukes de?

Q24: Integrering av MEMS og IC

Hvordan kan du kombinere MEMS og integrerte kretser på en enkelt brikke (monolittisk integrasjon)? Beskriv typiske trekk (+/-) ved hoved-prosedyrene.

Beskriv et eksempel på en post-CMOS prosedyre.

Q25: RF transceiver

Beskriv typiske systemdeler i en RF transceiver. Hva er flaskehalsene for å miniaturisere systemet, og hvor kan RF MEMS erstatte dagens komponenter?

Hvilke fordeler kan oppnås? Hva er begrensningene?

OS, 19/5 - 2008