



Patentdirektoratet
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 5451/84

(51) Int.Cl.5

H 03 H 9/56

(22) Indleveringsdag: 16 nov 1984

(24) Løbedag: 12 apr 1984

(41) Alm. tilgængelig: 16 nov 1984

(44) Fremlagt: 21 sep 1992

(86) International ansøgning nr.: PCT/US84/00565

(86) International indleveringsdag: 12 apr 1984

(85) Videreførelsesdag: 16 nov 1984

(30) Prioritet: 27 apr 1983 US 488874

(71) Ansøger: *MOTOROLA, INC.; 1303 East Algonquin Road; Schaumburg; IL 60196, US

(72) Opfinder: Robert J. *Higgins, Jr.; US

(74) Fuldmægtig: Patentbureauet Magnus Jensens Eftf.

(54) Apparat til undertrykkelse af parasitiske dæmpningspoler i basismonterede krystalfiltre

(56) Fremdragne publikationer

US pat. nr. 3609601

(57) Sammen drag:

5451-84

Piezoelektrisk filter, som indbefatter et piezoelektrisk substrat (10), der har en øvre (15) og en nedre (20) større overflade, som er modstillede. En flerhed af N-koblede resonatorer (25,45,30,50,35,55,40,60), hvor N er et helt tal, der er større end to, er anbragt på overfladerne for substratet. En flerhed af monteringsbasis'er (320,365) benyttes for at koble resonatorerne til jord på en måde, så intet par af ikke-tilstødende resonatorer er koblet til en hvilken som helst basis. Denne monteringsplan undertrykker ønskede parasitiske dæmpningspoler og forbedrer selektiviteten for det piezoelektriske filter.

Opfindelsen angår et apparat til undertrykkelse af parasitiske responser i basismonterede krystalfiltre. Specielt omhandler denne opfindelse et apparat til undertrykkelse af uønskede dæmpningspoler i frekvensresponskarakteristikkurverne for basismonterede krystalfiltre.

Et kendt basismonteringsarrangement til understøttelse for et krystal 10 er vist i fig. 1. Et i det væsentlige lignende krystalmonteringsarrangement er beskrevet og gjort krav på i US patent nr. 4.282.454, benævnt "Monterings- og forbindelsesarrangement for piezoelektrisk krystal", udstedt til Wakat, Jr. et al 04 AUG 1981, og som har den samme fuldmægtig som den foreliggende opfindelse. Indholdet af US patent nr. 4.282.454 medregnes herved som reference. US patent nr. 4.334.343 for en "Metode til udførelse af et arrangement for krystalmontering og forbindelse", udstedt til Wakat, Jr. et al 15 JUN 1982, har også fælles fuldmægtig med den foreliggende opfindelse. Indholdet af US patent nr. 4.334.343 medregnes heri som reference. En US patentansøgning serie nr. 408.409 til Charles Shanley, registreret 16 AUG 1982, nu udstedt som USA patent nr. 4.430.596, fremlægger og gør krav på et forbedret basismonteringsarrangement og er benævnt "Temperaturufølsomt monteringsarrangement for piezoelektrisk krystal". Indholdet af denne US patentansøgning med serie nr. 408.409 medregnes herved som reference.

Idet der nu henvises til tværsnitsbilledet i fig. 1, der ses i forbindelse med fig. 2A og fig. 2B, indbefatter krystal 10, som kan være et stykke poleret AT snit kvarts, modsat placerede (modstillede) større overflader, nemlig øvre overflade 15 og nedre overflade 20. På øvre overflade 15 er anbragt en flerhed af elektrisk ledende øvre overfladeelektroder 25,30,35 og 40. Elektroder 45,50,55 og 60 for den nedre overflade er placeret i det væsentlige over for disse elektroder for den øvre overflade. Disse elektroder

for øvre og nedre overflade kan fx være lavet af aluminium og er således placeret, at de danner et krystalfilternetværk, hvori elektrodepar 25 og 45 danner en første resonator, elektrodepar 30 og 50 danner en anden resonator, elektrodepar 35 og 55 danner en tredje resonator, og elektrodepar 40 og 60 danner en fjerde resonator. I dette arrangement er i det væsentlige den første og anden resonator tilstødende og akustisk sammenkoblede, som tilfældet ligeledes er for den tredje og fjerde resonator. Det vil anerkendes af fagfolk, at kobling, det være sig elektrisk eller akustisk, typisk er uønsket mellem ikke-tilstødende resonatorer.

Som vist i fig. 1 og 2A er ledningsfastgørelsesfladeelement 65 forbundet til elektrode 25 med en smal leder 70. Ledningsfastgørelsesfladeelement 65 er forbundet med en tynd forbindelsesledning 75 til et eksternt ledningsfastgørelsesfladeelement 80. Dette ledningsfastgørelsesfladeelement 80 kan bruges som indgangen for filteret og er forbundet til eksternt kredsløb, som det er nødvendigt for at udnytte krystalfilteret.

På lignende måde er ledningsfastgørelsesfladeelement 85 elektrisk forbundet til elektrode 40 med en smal leder 90. Ledningsfastgørelsesfladeelementet 85 er normalt koblet med en tynd tilslutningsledning 95 til et eksternt ledningsfastgørelsesfladeelement 100, der kan anvendes som udgang for filteret og er forbundet til øvrigt kredsløb, som det er nødvendigt for at udnytte filteret. Lignende smalle ledere 105 og 110 er tydeligt vist i fig. 2A og bruges til at koble elektroder 30 og 35 til ledningsfastgørelsesfladeelementer, henholdsvis 115 og 120, som så igen ved hjælp af ledninger (ikke vist) er koblet til kredsløbsjord.

Idet vi nu betragter fig. 2B, som ses i forbindelse med fig. 1, er der fastgjort et basismonteringsfladeelement 130 til en ledende monteringsbasis 135. Som det er vist mere

tydeligt i fig. 2B, er basismonteringsfladeelement 130 elektrisk koblet til hver af elektroderne 45,50,55 og 60 med smalle ledere, henholdsvis 145,150,155 og 160. Basis 135 er så igen koblet elektrisk til elektrisk kredsløbsjord
5 for at danne et komplet fungerende krystalfilter.

En skematisk model af det resulterende filter er vist i fig. 3, hvori indgangsterminal 200 for enkeltheds skyld antages at være ledningsfastgørelsesfladeelement 65, og udgangsterminal 205 antages at være ledningsfastgørelsesfladeelement 85. I denne forenklede model er resonatoren, der dannes af elektrodepar 25 og 45, modelleret som en kondensator 210 i parallel med et serie L-C kredsløb, der er vist som en kondensator 215 og spole 220. Resonatoren, der
10 er dannet af elektrodeparret 30 og 50, er modelleret som kondensator 225 i parallel med serie L-C kombinationen af kondensator 230 og selvinduktion 235. Selvinduktion 240 repræsenterer selvinduktionen af ledningsfastgørelsesledninger (ikke vist), som kobler elektrode 30 til jord. Resonatoren, der dannes af elektrodepar 35 og 55, er modelleret af kondensator 245 i parallel med serie L-C kredsløbet, kondensator 250 og selvinduktion 255. Selvinduktion 260 repræsenterer selvinduktionen af fastgørelsesledningen (ikke vist), som kobler resonatorelektrode 35 til jord. Resonatoren, der dannes af elektrodepar 40 og 60, er modelleret af kondensator 265 i parallel med serie L-C kombinationen, kondensator 270 og selvinduktion 275. I kredsløbet er for enkeltheds skyld den interne resonatorkobling blevet repræsenteret af koblingskoefficienter K1,K2 og K3. Det vil være klart for fagfolk, at denne akustiske kobling kan modelleres skematisk på mange andre måder, som fx ved kapacitiv eller magnetisk kobling.
20
25
30

I kredsløbet i fig. 3 repræsenterer kondensatorer 210,225, 245 og 265 parallellpladekapaciteten for hver enkelt resonator. Denne kapacitet er dannet af den sandwichlignende struktur for resonatorens øvre og nedre elektroder med kry-

stal 10 udgørende dielektrikum'et. Kondensatorer 215,230, 250 og 270 repræsenterer bevægelseskapa-
citeten for hver enkelt resonator, som det er velkendt i teknikken. Selvin-
duktionerne 220,235,255 og 275 repræsenterer bevægelses-
5 selvinduktionen for hver enkelt resonator, som det er vel-
kendt i teknikken.

Induktionsspole 280 repræsenterer selvinduktionen af selve
monteringsbasis. Basis kan være i størrelsesordenen 0,04
10 til 0,06 mm høj og kan have en selvinduktion i størrelses-
ordenen nogle få nano-Henry. Hver af resonatorerne i
kredsløbet i fig. 3 er elektrisk koblet til knudepunkt 290.
Dette knudepunkt repræsenterer basismonteringsfladeelemen-
tet 130. Dette knudepunkt ville ideelt blive koblet direk-
15 te til jord, men imidlertid adskiller basisselvinduktionen
280 dette knudepunkt fra jord og forårsager en endelig
mængde uønsket kobling mellem ikke-tilstødende resonatorer
og specielt fra indgangsresonatoren til udgangsresonatoren.

20 Et frekvensresponsplot for dæmpningen i dB versus relativ
frekvens er vist i fig. 4 for kredsløbet i fig. 3. Kurve
300 i denne afbildning repræsenterer frekvensresponsen for
kredsløbet i fig. 3. Fagfolk vil anerkende, at krystalfil-
teret fx vil have en lille indskydningsdæmpning som resul-
25 tat af det endelige Q for hver af de enkelte resonatorer,
der udgør filteret. For enkeltheds skyld er disse resisti-
ve virkninger ikke blevet taget i betragtning for modellen.
Skønt plottet i fig. 4 (og efterfølgende fig. 8) ikke med-
tager indskydningsdæmpningen, en beskeden båndbreddeændring
30 og lignende, som resulterer af det endelige Q for krystal-
lets resonatorer, udgør den et fornuftigt sammenlignings-
grundlag med henblik på den foreliggende diskussion.

I fig. 4 ses kurve 300 at udvise et par dæmpningspoler, der
35 viser sig som dyk i kurve 300 på steder, der betegnes 310
og 320. Den nøjagtige placering af disse dyk er noget van-
skelig at kontrollere på grund af variationer i bearbejd-

ning etc. Disse er uønskede dæmpningspoler og begrænser alvorligt den endelige selektivitet (undertrykkelsen uden for båndpasområdet) på både den høje og den lave side af krystalfilterets responskarakteristik. På grund af uforudsigeligheden med hensyn til nøjagtigt hvor i frekvens, disse poler virkeligt optræder, kan de have og har ofte den skadelige virkning at ændre båndbredden for filterresponskarakteristikken. Disse uønskede poler er det direkte resultat af parasitisk basisselvinduktion 280, som elektrisk sammenkobler ikke-tilstødende resonatorer. Behovet for at eliminere disse uønskede filterkarakteristika vil være indlysende for fagfolk.

Det er et formål med den foreliggende opfindelse at tilvejebringe en forbedret krystalfilterstruktur.

Det er et andet formål med den foreliggende opfindelse at tilvejebringe en forbedret basismonteringsmetode for et krystalfilter, som undertrykker parasitiske dæmpningspoler, der forårsages af basis'en.

Det er et yderligere formål med den foreliggende opfindelse at tilvejebringe et krystalfilter med forbedret grundselektivitet og forudsigelig båndpaskarakteristik.

Disse formål opnås med opfindelsen ifølge krav 1.

Ved en realisering af den foreliggende opfindelse indbefatter et krystalfilter et substrat, der har øvre og nedre modstillede større overflader. En flerhed N -afkoblede resonatorer, hvor N er et helt tal, som er større end to, er anbragt på overfladerne af substratet, og hver indbefatter en nedre elektrode, som er anbragt på den nedre overflade af det nævnte substrat. En flerhed af mindst $\text{INT}((N+1)/2)$ monteringsbasis'er er hver elektrisk koblet til visse af de nedre elektroder, således at intet par af ikke-tilstødende nedre elektroder er koblet til den samme basis.

Det nye ved opfindelsen er angivet i krav 1's kendetegnende del. Selve opfindelsen kan imidlertid, både med hensyn til organisation og virkemåde, bedst forstås under henvisning til den følgende beskrivelse, i forbindelse med de ledsagende tegninger, hvor

- fig. 1 viser et tværsnitsbillede af et basismonteret krystalfilter, og som er taget langs linie 1-1 i fig. 2A,
- 10 fig. 2A et plant billede af den øvre overflade af krystalfilteret i fig. 1, som det ses ovenfra,
- fig. 2B et plant billede af den nedre overflade af krystalfilteret i fig. 1, som det ses nedefra,
- fig. 3 en skematisk model af krystalfilteret, der er vist i fig. 1,
- 15 fig. 4 et plot af frekvensresponsen som dæmpning versus relativ frekvens for krystalfilteret i fig. 1,
- fig. 5 et tværsnitsbillede af det basismonterede krystalfilter ifølge den foreliggende opfindelse, og som er taget langs linie 5-5 i fig. 6A,
- 20 fig. 6A et plant billede af den nedre overflade for krystalfilteret ifølge den foreliggende opfindelse, som det ses nedefra,
- fig. 6B et plant billede af den øvre overflade for krystalfilteret ifølge den foreliggende opfindelse,
- 25 som det ses nedefra,
- fig. 7 en skematisk model af krystalfilteret ifølge den foreliggende opfindelse, og
- fig. 8 et frekvensresponsplot for krystalfilteret ifølge den foreliggende opfindelse på det samme billede
- 30 som frekvensresponsplottet for krystalfilteret i fig. 1.

Idet der nu henvises til fig. 5, som tages sammen med fig. 6A og 6B, vises der en foretrukken udførelse af den fore-

liggende opfindelse. Den øvre overflade 15 på krystal 10 er i det væsentlige magen til den på det mere almindelige basismonterede krystalfilter. Den nedre overflade 20 er imidlertid væsentligt forskellig, idet basismonteringsfladeelement 130 nu er blevet delt i to adskilte basismonteringsfladeelementer 350 og 355. Nedre overflades elektroder 55 og 60 er nu elektrisk koblet til snævre ledere 155 og 160, som fører til basismonteringsfladeelement 350, medens nedre overfladeelektroder 45 og 50 er elektrisk koblet til 10 smalle ledere 145 og 150, som fører til basismonteringsfladeelement 355. På denne måde er der intet par af ikke-tilstødende elektroder, som er koblet til det samme basismonteringsfladeelement. Disse basismonteringsfladeelementer 350 og 355 er så monteret på ledende basis'er, henholdsvis 15 360 og 365. Basismonteringsfladeelementer 350 og 355 kan være forbundet til sokler 360 og 365 fx ved hjælp af ledende epoxy.

Idet der nu henvises til fig. 7, vises der en kredsløbsmodel 20 for den foreliggende opfindelse. Denne model er i mange henseender i det væsentlige magen til den i fig. 3. Forandringerne, der fremkommer ved at dele basis'en og basismonteringsfladeelementerne i to dele, indbefatter ændringer af knudepunkt 290 til to adskilte knudepunkter 370 25 og 375, hvor adskillelsen sker mellem den anden og tredje resonator. Spredningsbasisselvinduktionen 280, der var fælles for både input og output i filteret, som vist i fig. 3, er nu delt i to selvinduktioner 380 og 385. Selvinduktion 380 er forbundet fra knudepunkt 370 til jord, medens 30 selvinduktion 385 er forbundet fra knudepunkt 375 til jord. Virkningen af at flytte disse selvinduktioner er fjernelse af enhver almindelig elektrisk kobling mellem ikke-tilstødende resonatorer, og som er forårsaget af basisselvinduktionen. Dette deler i virkeligheden kredsløbet i fig. 7 i 35 to adskilte dele, hvori den eneste eksisterende kobling mellem ikke-tilstødende resonatorer er forårsaget af K2, som er den ønskede kobling. Denne ønskede kobling K2 kan

let kontrolleres ved hjælp af afstandsfastlæggelse mellem resonatorer etc., og derfor tilnærmer filterparametrene i den foreliggende opfindelse langt bedre et ideelt filter.

- 5 Idet der nu henvises til fig. 8, kan de dramatiske resultater af denne ændring nu tydeligt ses. Fig. 8 er et plot af dæmpning i dB versus relativ frekvens for krystalfilteret i den foreliggende opfindelse. Kurve 400 i dette plot repræsenterer frekvensresponsen for det foreliggende filter.
- 10 Kurve 300 i fig. 4 er vist med punkterede linier på den samme grafiske fremstilling for at lette sammenligning. Ud fra dette plot er det klart, at adskillelse af basismonteringsfladeelement 130 til to basismonteringsfladeelementer 350 og 355 og adskillelse af basis'en 135 til to basis'er
- 15 360 og 365 har fjernet forekomsten af falske (parasitiske) responser 310 og 320 på kurve 300. Ud fra dette plot fremtræder også tydeligt den dramatiske forøgelse af selektiviteten (dæmpningen) uden for gennemgangsbåndet, som følger af den foreliggende opfindelse. Ved den relative frekvens
- 20 0.9996 virkeliggøres en forbedring i dæmpning på over 20 dB.

- Skønt den foretrukne udførelse af den foreliggende opfindelse viser et fire-pol (fireresonator) krystalfilter, er
- 25 det klart, at den foreliggende opfindelse kan anvendes ved et hvilket som helst piezoelektrisk filter, der mindst har tre resonatorer. For et generaliseret krystalfilter, der har N resonatorer, kræves der ialt mindst $\text{INT}((N+1)/2)$ basis'er, hvor funktionen $\text{INT}(X)$ repræsenterer det største
- 30 hele tal, som ikke overstiger X (undertiden benævnt den trunkerede integerfunktion). Fx ville et seksresonatorkrystalfilter kræve minimum $\text{INT}((6+1)/2) = 3$ basis'er. Flere basis'er kunne selvfølgelig udnyttes uden skadelig virkning. I dette eksempel kan den første og anden resonator
- 35 kobles til en første basis, den tredje og fjerde resonator kan kobles til en anden basis, og den femte og sjette resonator kan kobles til en tredje basis. På denne måde er der

intet par af ikke-tilstødende resonatorer, der bliver koblet til den samme basis, og derfor er der intet par af ikke-tilstødende resonatorer, som er genstand for den elektriske kobling, der forårsages af basisselvinduktionen.

5 Alle lige ordensfiltre kan i en realisering af den foreliggende opfindelse deles i par med to elementer på en måde, som svarer til dette eksempel.

Betragt i et andet eksempel et syvende ordensfilter. Et

10 syvende ordensfilter kræver ialt $\text{INT}((7+1)/2) = 4$ basis'er. I dette eksempel kan den første og anden resonator kobles til en første basis, den tredje og fjerde resonator kan kobles til en anden basis, den femte og sjette resonator kan kobles til en tredje basis, og den syvende resonator

15 kan kobles til en fjerde basis i henhold til en realisering af den foreliggende opfindelse. Andre variationer kan naturligvis udnyttes for ulige ordensfiltre, og som stadig udnytter et minimalt antal basis'er. Den væsentligste betragtning forbliver imidlertid den samme for både

20 ulige og lige ordensfiltre; nemlig at intet par af ikke-tilstødende resonatorer, som ikke er designet til at være elektrisk sammenkoblede, kan være elektrisk forbundet til eller jordet gennem en fælles basis. Det skal også bemærkes, at i visse tilfælde kan nogle af, men ikke alle, de

25 falske dæmpningspoler reelt være ønskværdige, hvis de kan kontrolleres. I disse tilfælde kan nogle af de ikke-tilstødende resonatorer tillades at være elektrisk koblede via basis'en, medens andre, som er uønskede, kan fjernes ved hjælp af den foreliggende teknik. Den uønskede kobling kan

30 isoleres ved forsøg eller ved computersimulering.

- 10 -

P a t e n t k r a v

1. Basismonteret krystalfilter bestående af et piezoelektrisk substrat (10), som omfatter øvre og nedre modstillede overflader (15 henholdsvis 20), en flerhed af N resonatorer (25 og 45, 30 og 50, 35 og 55, 40 og 60), der er anbragt på nævnte overflader, hvor N er et helt tal, der er større end to, og hvor hver af nævnte resonatorer omfatter en nedre elektrode (45,50,55,60),
10 k e n d e t e g n e t ved, at basis'en er opdelt i en flerhed af mindst $\text{INT}((N+1)/2)$ monteringsbasis'er (360,365), som hver er elektrisk koblet til visse af nævnte nedre elektroder på en øvre ende deraf, således at intet par af ikke-tilstødende nedre elektroder (45,50,55,60) bliver koblet til den samme basis (360,365).
15

2. Piezoelektrisk filter ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at nævnte piezoelektriske substrat (10) hovedsagelig består af kvarts.
20

3. Piezoelektrisk filter ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at nævnte monteringsbasis'er (360,365) hver omfatter en nedre ende, og hvor hver af de nævnte nedre ender er elektrisk koblet til jord.
25

4. Piezoelektrisk filter ifølge krav 3, k e n d e t e g n e t ved, at N er lig med 4.

5. Piezoelektrisk filter ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at monteringsbasis'erne (360,365) er elektrisk ledende og giver elektrisk kobling til jord.
30

35

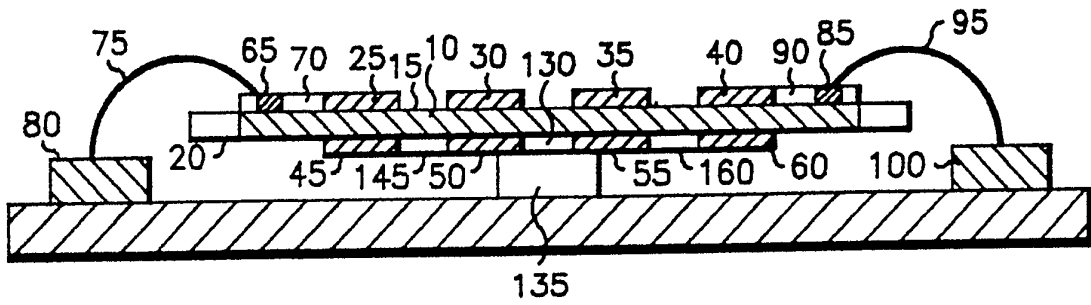


Fig. 1

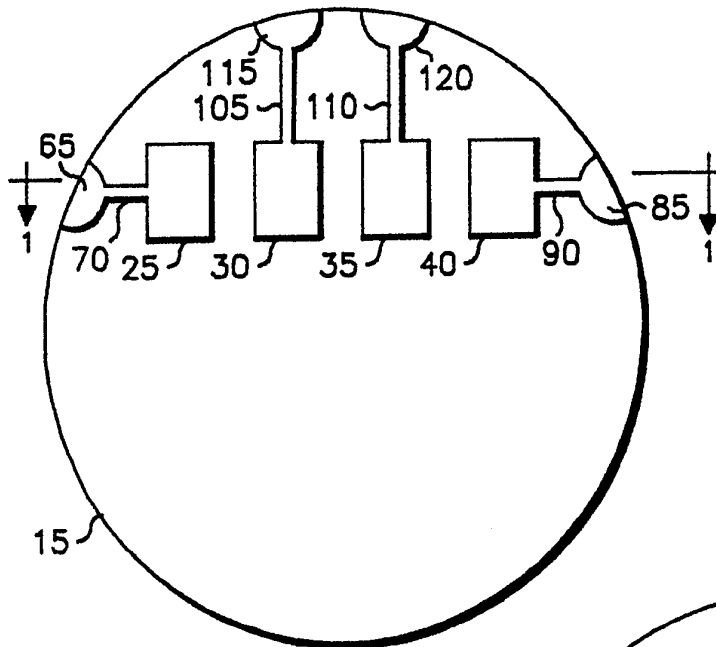


Fig. 2a

Fig. 2b

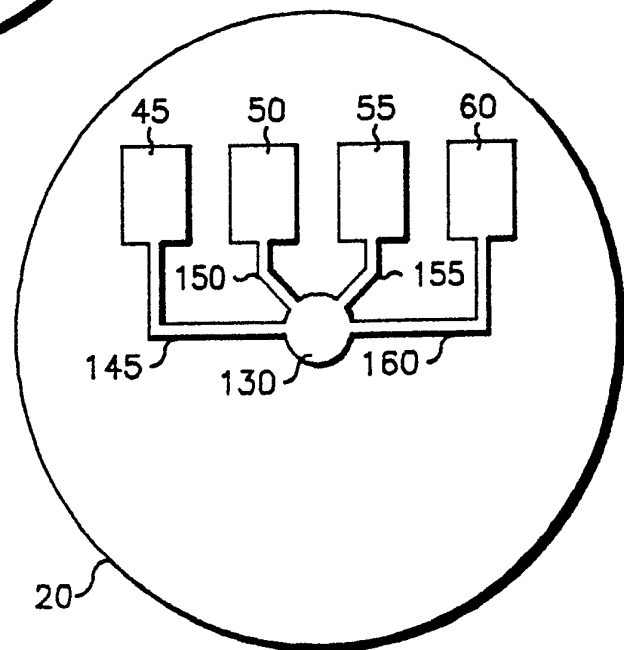
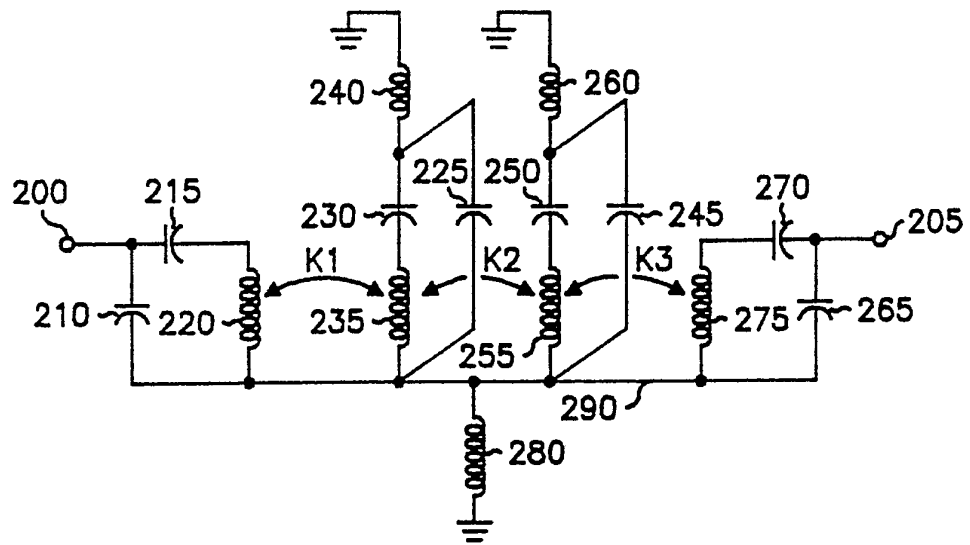
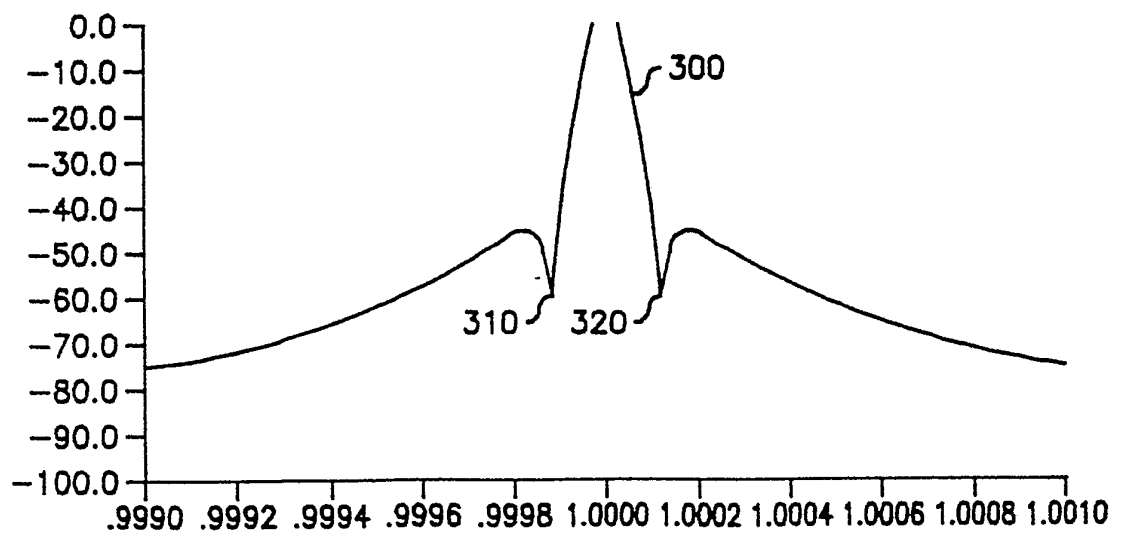


Fig. 3*Fig. 4*

3/4

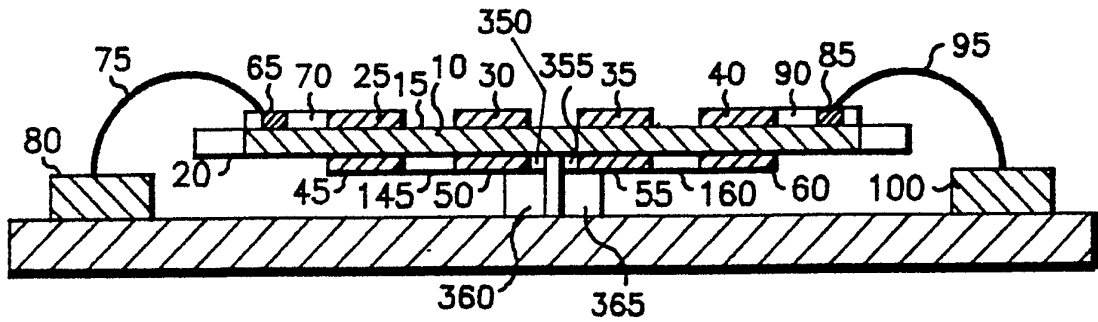


Fig. 5

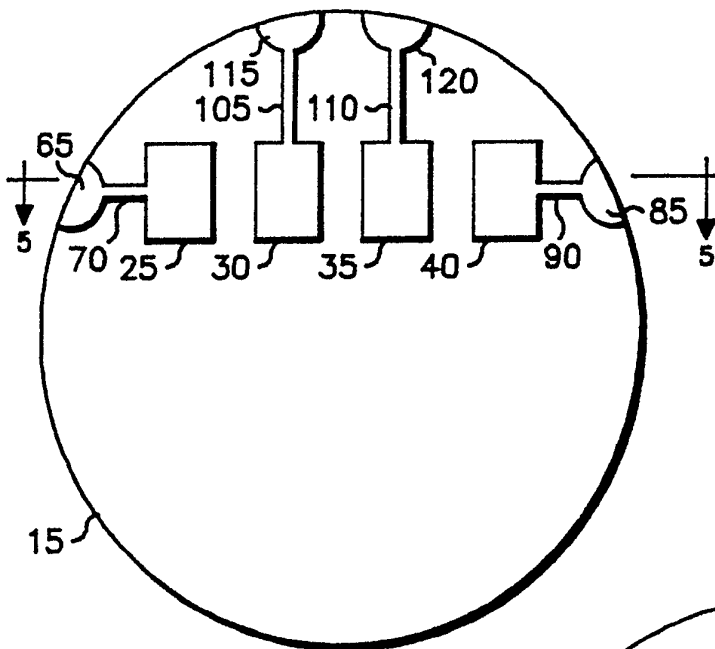


Fig. 6a

Fig. 6b

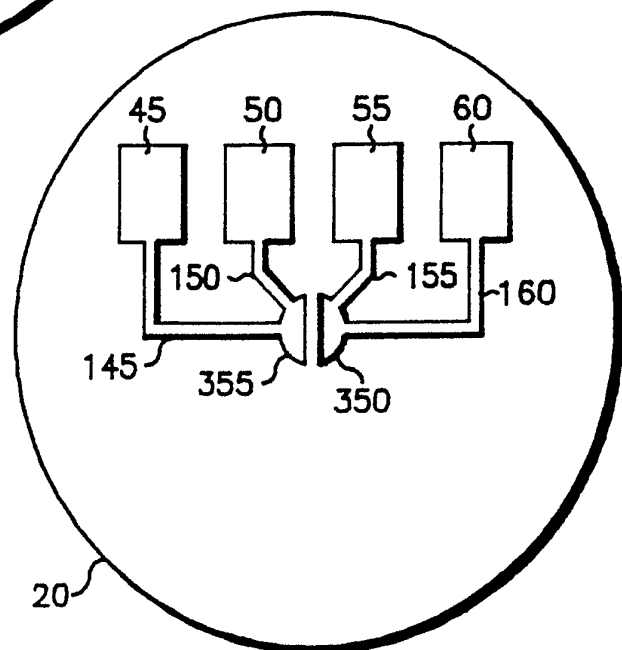
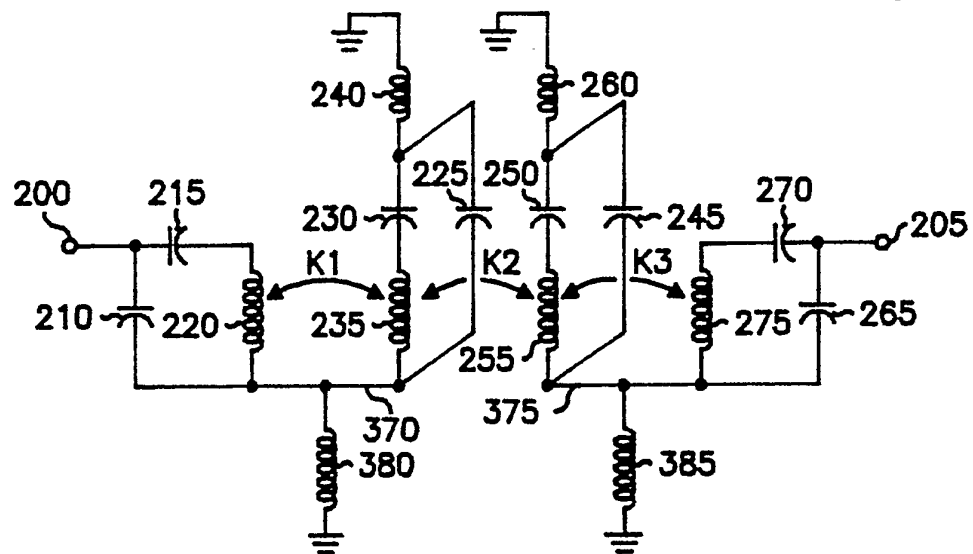


Fig. 7*Fig. 8*