

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 7 部門第 3 区分

【発行日】平成 20 年 6 月 26 日 (2008.6.26)

【公開番号】特開 2007-13447 (P2007-13447A)

【公開日】平成 19 年 1 月 18 日 (2007.1.18)

【年通号数】公開・登録公報 2007-002

【出願番号】特願 2005-190269 (P2005-190269)

【国際特許分類】

H 0 3 H 9/24 (2006.01)

B 8 1 B 3/00 (2006.01)

H 0 3 H 9/46 (2006.01)

【F I】

H 0 3 H 9/24 Z

B 8 1 B 3/00

H 0 3 H 9/46

【手続補正書】

【提出日】平成 20 年 5 月 12 日 (2008.5.12)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】微小共振器、バンドパスフィルタ、半導体装置、並びに通信装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、静電駆動するビーム型の共振子からなる微小共振器、この微小共振器を備えたバンドパスフィルタ、この微小共振器を備えた半導体装置、並びにこの微小共振器による帯域フィルタを用いた通信装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年の無線通信技術の発展に伴い、無線通信技術を利用した通信機器においては小型化、軽量化が要求されている。これまで小型化が困難とされてきた RF 信号処理部分に、半導体に用いる微細加工技術を使い、微細な機械構造を作製するマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム (MEMS) 技術が利用されてきている。その 1 つに機械的な共振を利用したメカニカルフィルタがあり、小型で集積化が可能であることから通信分野への応用が期待されている。

【0003】

フィルタを構成するメカニカル共振子としては、特許文献 1 に示す静電駆動するビーム型の微小共振子が提案されている。図 18A, B に示すように、この微小共振子 1 は、少なくとも表面が絶縁性である基板 2 上に下部電極である入力電極 3 及び出力電極 4 が形成され、この入力電極 3 及び出力電極 4 に対向するように空間 5 を挟んで振動部となる電極、いわゆるビーム (梁) 6 が形成されて成る。入力電極 3 及び出力電極 4 はビーム 6 の長手方向に対して交差するように形成される。ビーム 6 は、入出力電極 3、4 をブリッジ状に跨ぎ、入出力電極 3、4 の外側に配置した配線層 7 に接続されるように、両端を支持部 (アンカー部) 8 (8A, 8B) で一体に支持される。ビーム 6 には配線層 7 を通して所要の DC バイアス電圧 V_{DC} が印加される。

【0004】

この微小共振子 1 では、入力電極 3 から入力された信号により、DC バイアス電圧 V_{DC} が印加されたビーム 6 と入力電極 3 間に生じる静電力でビーム 6 が外力を受け、ビーム 6 が固有の共振周波数で振動を起こす。この振動が微小な空間 5 を介して出力電極 4 に信号として伝わる。

【特許文献 1】特開 2004-328076 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

このような微小共振子 1 を用いてメカニカルフィルタを構成する場合、単一の微小共振子 1 を並列化した微小共振器を用いる。バンドパスフィルタでは、その通過帯域に応じて決定した 2 つの異なる共振周波数を持つ共振器を相互に接続することにより、フィルタ特性を得ることができる。

【0006】

共振器を組み合わせてバンドパスフィルタを作る場合、共振器の組み合わせ方に例えばラダー型等が知られている。ラダー型のバンドパスフィルタは、図 14 に示すように、信号線路 11 に直列に共振子からなる高い共振周波数を持つ直列共振器 13 が接続され、この直列共振器 13 の出力側信号線路 11 とグランド線路 12 間に同様に共振子からなる低い共振周波数を持つシャント共振器 14 が接続されて成る。図 14 は 2 段構成のラダー型フィルタ 10 である。

【0007】

このラダー型フィルタ 10 のフィルタ特性は、次のようにして得られる。図 16 に示すように、直列共振器 13 では高い周波数に共振ピーク p_1 を持つ出力波形 15 が得られ、シャント共振器 14 では低い周波数に共振ピーク p_2 を持つ出力波形 16 が得られる。一方、信号線路 11 とグランド線路 12 間にシャント共振器 14 を接続して信号を入力するときの出力波形は、符号 17 のようになる。その結果、ラダー型フィルタ 10 の周波数特性は、結果として出力波形 17 と直列共振器 13 の出力波形 15 が足し合わされた波形となる。すなわち、図 17 に示すフィルタ特性の波形 18 が得られる。

【0008】

直列共振器 13 の共振ピーク p_1 の周波数とシャント共振器 14 の反共振ピーク p_2 の周波数を同じにすることにより、良好なフィルタ特性の波形 18 が得られる。このラダー型バンドパスフィルタにおいては、シャント共振器 14 の共振ピーク p_2 と反共振ピーク p_2 の周波数差 f を広くとることにより、広い帯域 19 (図 17 参照) を得ることができる。

【0009】

しかしながら、上述したビーム型共振子 1 からなる微小共振器はその構造上、入力電極 3 とビーム 6 間、出力電極 4 とビーム 6 間の寄生容量 C_1 , C_2 が大きい。このため、共振ピーク p_2 と反共振ピーク p_2 の周波数差 f を広くとることが難しく、バンドパスフィルタの帯域 19 を広げることが困難であった。すなわち、ビーム型共振子の場合、ビームの機械的振動を介して伝わる信号経路の他に、図 19 に示すように、入力電極 3 とビーム 6 間、出力電極 4 とビーム 6 間の寄生容量 C_1 , C_2 と、ビーム部分の抵抗 R を介して電氣的に伝わる信号経路 20 がある。この経路 20 を伝わる漏れ信号はビームの共振とは無関係であり、共振器の S/N を低下させる。この微小共振器では、下部電極である入出力電極 3、4 とビーム 6 間の空間 5 が狭く形成されているので、入力電極 3 とビーム 6 間、出力電極 4 とビーム 6 間の寄生容量 C_1 , C_2 が大きく、寄生容量 C_1 , C_2 を介して流れる信号漏洩が大きくなる。このため、微小共振器を用いてバンドパスフィルタを設計する場合、共振ピーク、反共振ピークの周波数差 f を広く取ることが難しく、帯域を広げたバンドパスフィルタの作製が困難であった。

【0010】

因みに、上述の信号漏洩を抑制するためには、入力電極 3 とビーム 6 間、出力電極 4 とビーム 6 間の寄生容量 C_1 , C_2 を小さくする、あるいはビーム部分の抵抗 R を大きくす

ることが考えられる。しかし、寄生容量 C_1 , C_2 を小さくするためにはビーム 6 と信号線（すなわち、入力電極 3、出力電極 4）間の空間 5 を大きくする必要があるが、それにより信号線とビーム 6 間の電気機械変換効率が低下してしまうので、性能が低下してしまう。ビーム 6 自体の抵抗 R を大きくした場合には、ビーム 6 に DC バイアス電圧 V_{DC} を印加して振動を起こさせるための電荷が集まらず、静電力により振動が得られない。

【 0 0 1 1 】

本発明は、上述の点に鑑み、入出力信号間の寄生容量を介しての信号漏洩を低減できる微小共振器を提供するものである。

また、本発明は、この微小共振器を用いた広い帯域のバンドパスフィルタ、この微小共振器を備えた半導体装置、この微小共振器によるバンドパスフィルタを備えた通信装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

本発明に係る微小共振器は、ビーム型の共振子からなり、この共振子の振動部となるビーム中に高抵抗部分または絶縁性部分を有していることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

本発明に係るバンドパスフィルタは、ビーム型の共振子からなり、該共振子の振動部となるビーム中に高抵抗部分または絶縁性部分を有した微小共振器からなることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

本発明に係る半導体装置は、ビーム型の共振子からなり、この共振子の振動部となるビーム中に高抵抗部分または絶縁性部分を有した微小共振器を備えていることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

本発明に係る通信装置は、送信信号及び／又は受信信号の帯域制限を行うフィルタを備えた通信装置において、フィルタとして、ビーム型の共振子からなり、この共振子の振動部となるビーム中に高抵抗部分または絶縁性部分を有した微小共振器によるフィルタが用いられていることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 6 】

本発明に係る微小共振器によれば、共振子のビーム中に高抵抗部分又は絶縁性部分を有するので、入出力信号間の寄生容量を介しての信号漏洩が低減できる。これにより、共振ピーク、反共振ピークの周波数差を広くとることが可能となり、例えばバンドパスフィルタに適用した場合、帯域の広いバンドパスフィルタの作製が可能になる。

【 0 0 1 7 】

本発明に係るバンドパスフィルタによれば、入出力信号間の寄生容量を介しての信号漏洩が低減された微小共振器を用いるので、共振ピーク、反共振ピークの周波数差を広くとることが可能となり、帯域の広いバンドパスフィルタを提供することができる。

【 0 0 1 8 】

本発明に係る半導体装置によれば、入出力信号間の寄生容量を介しての信号漏洩が低減された微小共振器を備えることにより、優れた特性を有する半導体装置を提供することができる。

【 0 0 1 9 】

本発明に係る通信装置によれば、帯域フィルタとして、入出力信号間の寄生容量を介しての信号漏洩が低減された微小共振器によるフィルタを用いることにより、帯域の広い優れたフィルタ特性が得られ、優れた特性を有する通信装置を提供することができる。信頼性の高い通信装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 0 】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【 0 0 2 1 】

本実施の形態で対象とする微小共振器を構成する微小共振子は、マイクロスケール、ナノスケールの素子である。

図 1 A , B に、本発明に係る微小共振器の実施の形態を示す。まず、微小共振器 3 0 を構成する単体の微小共振子について説明する。本実施の形態に係る微小共振子 3 1 は、少なくとも表面が絶縁性である基板 3 2 上に下部電極である入力電極 3 3 及び出力電極 3 4 が形成され、この入力電極 3 3 及び出力電極 3 4 に対向するように空間 3 5 を挟んで振動部となる電極、いわゆるビーム（梁） 3 6 が形成されて成る。入力電極 3 3 及び出力電極 3 4 はビーム 3 6 の長手方向に対して交差するように形成される。ビーム 3 6 は、入出力電極 3 3、3 4 をブリッジ状に跨ぎ、入出力電極 3 3、3 4 の外側に配置した配線層 3 7 に接続されるように、両端を支持部（アンカー部） 3 8 [3 8 A , 3 8 B] で一体に支持される。ビーム 3 6 には所要の DC バイアス電圧 V_{DC} が印加される。

【 0 0 2 2 】

そして、本実施の形態においては、振動部となるビーム 3 6 の抵抗成分の分布 3 9 を制御して、振動部の寄生容量、すなわち入力電極 3 3 とビーム 3 6 間、出力電極 3 4 とビーム 3 6 間の寄生容量 C_1 , C_2 を介して入出力電極 3 3、3 4 間に流れる信号漏洩を低減させるように構成する。

そして、本実施の形態に係る微小共振器 3 0 は、このように構成された微小共振子 3 1 を 1 つあるいは複数個組み合わせる構成される。例えば複数の微小共振子 3 1 を並列化して微小共振器 3 0 が構成される。

【 0 0 2 3 】

本実施の形態の微小共振子 3 1 の動作は、前述と同様に、入力電極 3 3 から入力された信号により、DC バイアス電圧 V_{DC} が印加されたビーム 3 6 と入力電極 3 3 間に生じる静電力でビーム 3 6 が外力を受け、ビーム 3 6 が固有の共振周波数で振動を起こす。この振動が微小な空間 3 5 を介して出力電極 3 4 に信号として伝わる。

【 0 0 2 4 】

上述の本実施の形態に係る微小共振器 3 0 によれば、微小共振子 3 1 におけるビーム 3 6 の抵抗成分の分布 3 9 を制御することにより、すなわち、ビーム 3 6 の一部の抵抗を大きくすることにより、振動部の寄生容量 C_1 , C_2 を介して流れる信号漏洩を低減することができる。これにより共振器 3 0 としての S / N が向上する。従って、この微小共振器 3 0 を用いて例えばバンドパスフィルタを設計した場合、共振ピーク、反共振ピークの周波数差を広く取ることができ、広い帯域のフィルタ特性を有するバンドパスフィルタを作成することができる。

【 0 0 2 5 】

ビーム 3 6 に対して、信号漏洩を抑制するための抵抗成分の分布を持たせる構成としては、例えば、ビーム 3 6 の入力電極 3 3 と出力電極 3 4 との間に対応する部分を、ビーム 3 6 の他部よりも高抵抗にして、または絶縁体にして形成することができる。

または、ビーム 3 6 の振動モードの節に対応した部分を、高抵抗にして、または絶縁体にして形成することができる。

または、ビーム 3 6 を抵抗率の異なる複数の材料で形成することができえる。または、ビーム 3 6 を不純物濃度の異なる複数の領域により形成することができる。

また、ビーム 3 6 を少なくとも 2 層以上からなり、上層とこれに連続して最下層の一部が高抵抗、または絶縁体となるように形成することができる。

【 0 0 2 6 】

図 2 A , B に、本発明に係る微小共振器の第 1 実施の形態を示す。本実施の形態の微小共振器 3 0 1 は、2 次振動モードの微小共振子 3 1 1 で構成され、その微小共振子 3 1 1 のビーム 3 6 が第 1 層膜 3 6 1 と第 2 層膜 3 6 2 からなる 2 層膜で形成される。入出力電極 3 3、3 4 に対向する下層の第 1 層膜 3 6 1 は例えば不純物濃度が高い低抵抗の（すなわち導電性を有する）ポリシリコン膜で形成し、上層の第 2 層膜 3 6 2 は例えば不純物濃度が低い高抵抗のポリシリコン膜あるいは、ノンドープのポリシリコン膜（実質的に絶縁

体)で形成する。このとき、第1層膜361が、ビーム36の中央、すなわち2次振動モードの節に対応する部分で2分割され、この第1層膜361の分割された間(いわゆる節)の部分361aが第2層膜362と同じ材質で形成される。ビーム36に対するDCバイアス電圧 V_{DC} はビーム36の両端の配線層37〔37A, 37B〕を通して印加される。その他の構成は図1と同様であるので、対応する部分には同一符号を付して重複説明省略する。

【0027】

第1実施の形態の微小共振器301によれば、ビーム36の第1層膜361の中央部分361aが高抵抗、または絶縁体で形成されるので、寄生容量 C_1 , C_2 を介しての信号漏洩は抑制される。共振器の共振、反共振ピークの差は大きくなる。また、ビーム36の入出力電極33、34に対向する部分(第1層膜361)は、導電性を有しているので、DCバイアス電圧 V_{DC} が印加され静電力による共振駆動が良好に行われる。

【0028】

図3に本発明に係る微小共振器の第2実施の形態を示す。本実施の形態の微小共振器302は、2次振動モードの微小共振子312で構成され、その微小共振子312のビーム36が例えば高不純物濃度の導電性のポリシリコン膜で形成されると共に、中央部分(振動モードの節に対応する部分)36aが例えば低不純物濃度の高抵抗のポリシリコン膜あるいはノンドープのポリシリコン膜による絶縁体で形成される。ビーム36に対するDCバイアス電圧 V_{DC} はビーム36の両端の配線層37〔37A, 37B〕を通して印加される。その他の構成は図1と同様であるので、対応する部分には同一符号を付して重複説明省略する。

【0029】

第2実施の形態の微小共振器302によれば、ビーム36の中央部分36aが高抵抗、または絶縁体になるので、寄生容量 C_1 , C_2 を介しての信号漏洩は抑制される。共振器の共振、反共振ピークの差は大きくなる。また、ビーム36の入出力電極33、34に対向する部分は、導電性を有しているのでDCバイアス電圧 V_{DC} が印加され静電力による共振駆動が良好に行われる。さらに、製造時にイオン注入でビーム36の不純物濃度を制御できる利点を有する。

【0030】

図4に本発明に係る微小共振器の第3実施の形態を示す。本実施の形態の微小共振器303は、2次振動モードの微小共振子313で構成され、その微小共振子313のビーム36が抵抗率の異なる材料で形成される。本例ではビーム36が不純物濃度分布を持たせたポリシリコン膜で形成される。すなわち、例えばビーム36が例えば高不純物濃度の導電性のポリシリコン膜36c(領域A)で形成されると共に、中央部分(2次振動モードの節に対応する部分)において不純物濃度が中心に向かって低くなるように低抵抗のポリシリコン膜36b(領域B), さらに低抵抗のポリシリコン膜36a(領域C)で形成される。中心のポリシリコン膜36aはノンドープで形成することもできる。ビーム36に対するDCバイアス電圧 V_{DC} はビーム36の両端の配線層37〔37A, 37B〕を通して印加される。その他の構成は図1と同様であるので、対応する部分には同一符号を付して重複説明省略する。

【0031】

第3実施の形態の微小共振器303によれば、ビーム36の不純物濃度に分布を持たせ、ビーム36の中央部(節の部分)36a, 36bの抵抗率を変化させる、すなわち高抵抗化、絶縁化することにより、寄生容量 C_1 , C_2 を介しての信号漏洩は抑制される。共振器の共振、反共振ピークの差は大きくなる。また、ビーム36の入出力電極33、34に対向する部分は、導電性を有しているのでDCバイアス電圧 V_{DC} が印加され静電力による共振駆動が良好に行われる。さらに、製造時にイオン注入でビーム36の不純物濃度を制御できる利点を有する。

【0032】

ここで、図5に示すように、ビーム36の両端からDCバイアス電圧 V_{DC} を印加する

場合には、1つの電源Eから配線を分岐して夫々の分岐配線41、42を介して供給される。このとき、単に分岐配線しただけであると、破線43に示すような信号漏洩が生じる虞れがある。このため、分岐配線41、42の夫々に所要の抵抗R1、R2を挿入して信号漏洩を防止する対策を施すことが望ましい。

【0033】

図6に本発明に係る微小共振器の第4実施の形態を示す。本実施の形態の微小共振器304は、3次振動モードの微小共振子314で構成され、その微小共振子314の入力電極33及び出力電極34が間隔を離して形成されると共に、ビーム36の3次振動モードの節に対応する部分36e、36fが例えば低不純物濃度の高抵抗のポリシリコン膜あるいはノンドープのポリシリコン膜による絶縁体で形成される。ビーム36の節に対応する部分36e、36f以外の部分は高不純物濃度の導電性のポリシリコン膜で形成される。ビーム36の導電性の部分にはDCバイアス電圧 V_{DC} が印加される。その他の構成は図1と同様であるので、対応する部分には同一符号を付して重複説明省略する。

【0034】

第4実施の形態の微小共振器304によれば、3次振動モードにおいて、ビーム36の節に対応する部分36e、36fを高抵抗あるいは絶縁体で形成することにより、寄生容量C1、C2を介しての信号漏洩は抑制される。共振器の共振、反共振ピークの差は大きくなる。また、ビーム36の入出力電極33、34に対向する部分は、導電性を有しているのでDCバイアス電圧 V_{DC} が印加され静電力による共振駆動が良好に行われる。

【0035】

図7に本発明に係る微小共振器の第5実施の形態を示す。本実施の形態の微小共振器305は、3次振動モードの微小共振子315で構成され、その微小共振子314の入力電極33及び出力電極34が間隔を離して形成されると共に、ビーム36の3次振動モードの2つの節を含んで入出力電極33及び34間に対応する部分36gの全てが例えば低不純物濃度の高抵抗のポリシリコン膜あるいはノンドープのポリシリコン膜による絶縁体で形成される。ビーム36のそれ以外の部分は高不純物濃度の導電性のポリシリコン膜で形成される。ビーム36の導電性の部分にはDCバイアス電圧 V_{DC} が印加される。その他の構成は図1と同様であるので、対応する部分には同一符号を付して重複説明省略する。

【0036】

第5実施の形態の微小共振器305によれば、ビーム36の2つの節の間の部分36g全てを高抵抗あるいは絶縁体で形成することにより、寄生容量C1、C2を介しての信号漏洩は抑制される。共振器の共振、反共振ピークの差は大きくなる。また、ビーム36の入出力電極33、34に対向する部分は、導電性を有しているのでDCバイアス電圧 V_{DC} が印加され静電力による共振駆動が良好に行われる。

【0037】

図8A、Bに本発明に係る微小共振器の第6実施の形態を示す。本実施の形態の微小共振器306は、1次振動モードの微小共振子316で構成される。この微小共振子316は、基板32上に所定間隔を置いて向かい合うように下部電極の入力電極33及び出力電極34が形成され、空間35を挟んで入出力電極33、34と対向するようにビーム36が配置されて成る。ビーム36は、支持部37A及び37B間の長手方向が入出力電極33、34の対向方向と直交するように配置される。そして、ビーム36の長手方向に沿った中央部36hを、高抵抗または絶縁体で形成される。ビーム36の導電性の分にはDCバイアス電圧 V_{DC} が印加される。

【0038】

第6実施の形態の微小共振器306においても、ビーム36の入出力電極33、34間に対応する中央部36hを高抵抗あるいは絶縁体で形成することにより、寄生容量C1、C2を介しての信号漏洩は抑制される。共振器の共振、反共振ピークの差は大きくなる。また、ビーム36の入出力電極33、34に対向する部分は、導電性を有しているのでDCバイアス電圧 V_{DC} が印加され静電力による共振駆動が良好に行われる。

【0039】

図 9 に、本発明に係る微小共振器の第 7 実施の形態を示す。本実施の形態に係る微小共振器 307 は、微小共振子 317 において、そのビーム抵抗を増大させるために、ビーム 36 の不純物濃度を一様に低下させて構成する。この場合、ビーム 36 の抵抗率は、寄生容量 C_1 、 C_2 を介しての信号漏洩を抑制でき、且つ DC バイアス電圧 V_{DC} を印加したときにビーム振動が生じる程度の抵抗率に選定される。その他の構成は図 1 と同様であるので、対応する部分に同一符号を付して重複説明を省略する。

この第 7 実施の形態の微小共振器 307 の構造を用いると、共振器の作製プロセスを複雑化することなく、寄生容量を介しての信号漏洩を抑制することができる。この場合も、ビーム 36 全体に高抵抗な材料を使用することで上述の実施の形態と同様の効果が得られる。

【0040】

次に、図 10 ~ 図 11 を用いて本発明に係る微小共振器の製造方法の実施の形態を説明する。本例は図 2 の第 1 実施の形態の微小共振器 301 を製造する場合である。

【0041】

まず、図 10A に示すように、高抵抗シリコン基板 45 の一主面上に減圧 CVD によるシリコン酸化膜 (SiO_2) 46 とプラズマ CVD によるシリコン窒化膜 (SiN) 47 を成膜して絶縁膜 48 を形成する。この高抵抗シリコン基板 45 と絶縁膜 48 で基板 32 が形成される。

【0042】

次に、図 10B に示すように、絶縁膜 48 上に高濃度に不純物ドーパされた導電性を有するポリシリコン膜 51 を減圧 CVD により形成する。その後、リソグラフィ技術とエッチング技術を用いて、ポリシリコン膜 51 をパターニングして、下部電極となる入力電極 33、出力電極 34 及び配線層 (駆動用電極) 37 (37A, 37B) を形成する。

【0043】

次に、図 10C に示すように、下部電極となる入力電極 33、出力電極 34 及び配線層 37 (37A, 37B) を含む基板表面に犠牲層 52、例えばシリコン酸化膜 (SiO_2) を減圧 CVD により形成する。その後、犠牲層 52 を選択的にパターニングして、ビームの支持部となる部分に開口 53 (53A, 53B) を形成する。ここで、入力電極 33、出力電極 34 及び配線層 37 上の犠牲層 52 の厚さ d_1 は、下部電極とビーム間の中空部分 (空間) 35 (図 3 参照) の厚さに相当する。

【0044】

次に、図 11D に示すように、開口 53A, 53B 内を含んで犠牲層 52 上にビームとなる低抵抗 (高濃度に不純物ドーパされて導電性を有する) のポリシリコン膜 54 を減圧 CVD により形成する。次いで、ポリシリコン膜 54 をビーム形状が残るようにパターニングする。このとき、ビーム形状が 2 分割されて入力電極 33 及び出力電極 34 間に対応する中央部に開口 55 が形成されるようにポリシリコン膜 54 をパターニングする。同時に、開口 53A, 53B 内には配線層 37A, 37B に接続された支持部 38A, 38B が形成される。

【0045】

次に、図 11E に示すように、ビーム形状のポリシリコン膜 54 上を含んで低不純物濃度の高抵抗またはノンドーパ (絶縁体) のポリシリコン膜 56 を減圧 CVD により形成する。次いで、このポリシリコン膜 56 をビーム形状が残るようにパターニングする。高抵抗または絶縁体のポリシリコン膜 56 は下層の低抵抗のポリシリコン膜 54 の 2 分割された開口 55 内にも形成される。これによって、2 層のポリシリコン膜 54、56 からなり、下層のポリシリコン膜 54 の中央部が上層のポリシリコン膜 56 で一体に形成されたビーム 36 を形成する。すなわち、ポリシリコン膜 54 による第 1 層膜 361 とポリシリコン膜 56 による第 2 層膜 362 からなるビーム 36 を形成する。

【0046】

次に、図 11F に示すように、犠牲層 52 をフッ酸によるウェットエッチングで除去し、入出力電極 33、34 とビーム 36 間に空間 35 が形成された中空構造の微小共振器 3

01を得る。

【0047】

上述した各実施の形態に係る微小共振器によれば、ビーム36の入出力電極間に対応した部分を高抵抗、または絶縁体で形成するので、入力電極33とビーム36間、出力電極34とビーム36間の寄生容量 C_1 、 C_2 を介しての信号漏洩が低減される。これにより、共振ピーク、反共振ピークの周波数差を広く取ることができ、バンドパスフィルタにこの微小共振器を適用した場合、帯域の広いバンドパスフィルタの作製が可能になる。

【0048】

本発明の他の実施の形態は、上述した各実施の形態の微小共振器301～307を用いて、すなわち異なる共振周波数を有する微小共振器を相互に接続してバンドパスフィルタを構成する。バンドパスフィルタは、前述の図14に示すラダー型フィルタと図15に示すラティス型フィルタを用いて形成することができる。ラダー型フィルタでは、上述の実施の形態の複数の微小共振子を並列化して直列共振器、シャント共振器を形成することができる。

【0049】

ラティス型フィルタは、図15に示すように、信号線路11とグランド線路12の夫々に同じ高い共振周波数を持つ共振器15、16が接続され、信号線路11側の共振器15の入力側とグランド線路12側の共振器16の出力側との間と、グランド線路12側の共振器16の入力側と信号線路11側の共振器15の出力側との間とに、夫々同じ低い共振周波数を持つ共振器17、18が接続されて成る。各共振器15～18は、上述の実施の形態の複数の微小共振子を並列化して形成することができる。このラティス型フィルタにおいても、共振器の共振ピークと反共振ピークの周波数差を広くとることにより、フィルタの帯域を広げることができる。

【0050】

本実施の形態のバンドパスフィルタによれば、上述の実施の形態の共振器を用いて構成することにより、共振器における寄生容量 C_1 、 C_2 を介しての信号の漏洩が抑制されて、共振器の共振ピークと反共振ピークの周波数差を広くとることができ、帯域の広いバンドパスフィルタを作成することができる。なお、帯域の広いバンドパスフィルタの作成には、ラダー型フィルタの方が適している。

【0051】

本発明に係る他の実施の形態においては、上述の微小振動子を用いて、信号フィルタ、ミキサ、共振器、オシレータ及びそれらが含まれるSiP（システム・イン・パッケージ）デバイスモジュール、SoC（システム・オン・チップ）デバイスモジュール等の半導体装置を構成することができる。

本実施の形態に係る半導体装置によれば、半導体装置の構成要素となる共振器に上述の寄生容量を介しての信号漏洩が抑制された微小共振子からなる微小共振器を用いることにより、優れた特性を有し、信頼性の高い半導体装置を提供することができる。

【0052】

図12に、本発明の微小共振器と、この共振器の信号入力線路側に保護用のコンデンサを接続し、その信号出力線路側にバッファとして機能する増幅器を接続してなる半導体装置の具体例の断面構造を示す。本実施の形態の半導体装置71は、シリコン半導体基板72の一主面に選択酸化（LOCOS）によるフィールド絶縁層73が形成され、フィールド絶縁層73で区画された領域にバッファとして機能するMOSトランジスタからなる増幅器74、その他の回路素子が形成される。半導体基板72上にシリコン酸化膜（SiO₂）による層間絶縁膜76が形成され、層間絶縁膜76上の一部にシリコン窒化膜（SiN）77が形成され、このシリコン窒化膜77上に入力電極105、出力電極106、ビーム108、配線層109による上述の本発明の微小共振器101が形成される。さらに、層間絶縁膜78、79を介して保護用のコンデンサ102が形成される。このコンデンサ102は、信号入力線路を兼ねる下部電極81と誘電体膜82と信号入力線路を兼ねる上部電極83とから形成される。増幅器74、微小共振器101のビーム108に繋がる

配線層 109 は、それぞれ層間絶縁膜を貫通する導体層 84 を介して上部電極 85 に接続される。最上層は絶縁保護膜 86 が形成される。なお、図面では現れないが、コンデンサ 102 の下部電極 81 が微小共振器 101 の入力電極 105 に接続され、微小共振器 101 の出力電極 106 が信号出力線に接続される。

【0053】

上述した実施の形態の微小共振器は、高周波 (RF) フィルタ、中間周波数 (IF) フィルタ等の帯域信号フィルタとして用いることができる。

【0054】

本発明は、上述した実施の形態の微小共振器によるフィルタを用いて構成される携帯電話、無線 LAN 機器、無線トランシーバ、テレビチューナ、ラジオチューナ等の、電磁波を利用して通信する通信装置を提供することができる。

【0055】

次に、本例のフィルタを適用した通信装置の構成例を、図 13 を参照して説明する。

まず送信系の構成について説明すると、I チャンネルの送信データと Q チャンネルの送信データを、それぞれデジタル / アナログ変換器 (DAC) 201 I 及び 201 Q に供給してアナログ信号に変換する。変換された各チャンネルの信号は、バンドパスフィルタ 202 I 及び 202 Q に供給して、送信信号の帯域以外の信号成分を除去し、バンドパスフィルタ 202 I 及び 202 Q の出力を、変調器 210 に供給する。

【0056】

変調器 210 では、各チャンネルごとにバッファアンプ 211 I 及び 211 Q を介してミキサ 212 I 及び 212 Q に供給して、送信用の PLL (phase-locked loop) 回路 203 から供給される送信周波数に対応した周波数信号を混合して変調し、両混合信号を加算器 214 で加算して 1 系統の送信信号とする。この場合、ミキサ 212 I に供給する周波数信号は、移相器 213 で信号位相を 90° シフトさせてあり、I チャンネルの信号と Q チャンネルの信号とが直交変調されるようにしてある。

【0057】

加算器 214 の出力は、バッファアンプ 215 を介して電力増幅器 204 に供給し、所定の送信電力となるように増幅する。電力増幅器 204 で増幅された信号は、送受信切換器 205 と高周波フィルタ 206 を介してアンテナ 207 に供給し、アンテナ 207 から無線送信させる。高周波フィルタ 206 は、この通信装置で送信及び受信する周波数帯域以外の信号成分を除去するバンドパスフィルタである。

【0058】

受信系の構成としては、アンテナ 207 で受信した信号を、高周波フィルタ 206 及び送受信切換器 205 を介して高周波部 220 に供給する。高周波部 220 では、受信信号を低ノイズアンプ (LNA) 221 で増幅した後、バンドパスフィルタ 222 に供給して、受信周波数帯域以外の信号成分を除去し、除去された信号をバッファアンプ 223 を介してミキサ 224 に供給する。そして、チャンネル選択用 PLL 回路 251 から供給される周波数信号を混合して、所定の送信チャンネルの信号を中間周波信号とし、その中間周波信号をバッファアンプ 225 を介して中間周波回路 230 に供給する。

【0059】

中間周波回路 230 では、供給される中間周波信号をバッファアンプ 231 を介してバンドパスフィルタ 232 に供給して、中間周波信号の帯域以外の信号成分を除去し、除去された信号を自動ゲイン調整回路 (AGC 回路) 233 に供給して、ほぼ一定のゲインの信号とする。自動ゲイン調整回路 233 でゲイン調整された中間周波信号は、バッファアンプ 234 を介して復調器 240 に供給する。

【0060】

復調器 240 では、供給される中間周波信号をバッファアンプ 241 を介してミキサ 242 I 及び 242 Q に供給して、中間周波用 PLL 回路 252 から供給される周波数信号を混合して、受信した I チャンネルの信号成分と Q チャンネルの信号成分を復調する。この場合、I 信号用のミキサ 242 I には、移相器 243 で信号位相を 90° シフトさせた

周波数信号を供給するようにしてあり、直交変調された I チャンネルの信号成分と Q チャンネルの信号成分を復調する。

【 0 0 6 1 】

復調された I チャンネルと Q チャンネルの信号は、それぞれバッファアンプ 2 4 4 I 及び 2 4 4 Q を介してバンドパスフィルタ 2 5 3 I 及び 2 5 3 Q に供給して、I チャンネル及び Q チャンネルの信号以外の信号成分を除去し、除去された信号をアナログ / デジタル変換器 (A D C) 2 5 4 I 及び 2 5 4 Q に供給してサンプリングしてデジタルデータ化し、I チャンネルの受信データ及び Q チャンネルの受信データを得る。

【 0 0 6 2 】

ここまで説明した構成において、各バンドパスフィルタ 2 0 2 I , 2 0 2 Q , 2 0 6 , 2 2 2 , 2 3 2 , 2 5 3 I , 2 5 3 Q の一部又は全てとして、本例の構成のフィルタを適用して帯域制限することが可能である。図 1 3 の例では、各フィルタをバンドパスフィルタとして構成したが、所定周波数よりも下の周波数帯域だけを通過させるローパスフィルタや、所定周波数よりも上の周波数帯域だけを通過させるハイパスフィルタとして構成して、それらのフィルタに上述した実施の形態の構成のフィルタを適用してもよい。また、図 1 3 の例では、無線送信及び無線受信を行う通信装置としたが、有線の伝送路を介して送信及び受信を行う通信装置が備えるフィルタに適用してもよく、さらに送信処理だけを行う通信装置や受信処理だけを行う通信装置が備えるフィルタに、上述した実施の形態の構成のフィルタを適用してもよい。

【 0 0 6 3 】

本実施の形態に係る通信装置によれば、帯域フィルタに本発明の微小共振器によるフィルタを用いることにより、帯域の広い優れたフィルタ特性が得られ、信頼性の高い通信装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 4 】

【図 1】A , B 本発明に係る微小共振器の実施の形態を示す平面図及び断面図である。

【図 2】A , B 第 1 実施の形態に係る微小共振器の平面図及び断面図である。

【図 3】第 2 実施の形態に係る微小共振器の断面図である。

【図 4】第 3 実施の形態に係る微小共振器の断面図である。

【図 5】本発明に係る微小共振器の他の実施の形態を示す構成図である。

【図 6】第 4 実施の形態に係る微小共振器の断面図である。

【図 7】第 5 実施の形態に係る微小共振器の断面図である。

【図 8】A , B 第 6 実施の形態に係る微小共振器の平面図及び断面図である。

【図 9】第 7 実施の形態に係る微小共振器の断面図である。

【図 1 0】A ~ C 本発明に係る微小共振器の製造方法の一実施の形態を示す製造工程図 (その 1) である。

【図 1 1】D ~ F 本発明に係る微小共振器の製造方法の一実施の形態を示す製造工程図 (その 2) である。

【図 1 2】本発明に係る半導体装置の実施の形態を示す要部の断面図である。

【図 1 3】本発明に係る通信装置の実施の形態を示す回路図である。

【図 1 4】ラダー型フィルタの例を示す回路図である。

【図 1 5】ラティス型フィルタの例を示す回路図である。

【図 1 6】ラダー型フィルタを構成する直列共振器及びシャント共振器の周波数特性を示す特性図である。

【図 1 7】ラダー型フィルタのフィルタ特性 (周波数特性) を示す特性図である。

【図 1 8】A , B 従来の静電駆動するビーム型の共振子の例を示す平面図及び断面図である。

【図 1 9】共振子における信号漏洩の説明に供する説明図である。

【符号の説明】

【 0 0 6 5 】

30・・・微小共振器、31・・・微小共振子、32・・・基板、33・・・入力電極、34・・・出力電極、35・・・空間、36・・・ビーム（梁）、37〔37A, 37B〕・・・配線層、38〔38A, 38B〕・・・支持部、39・・・抵抗成分の分布、361a, 36a, 36e, 36f, 36g, 36h・・・高抵抗部分または絶縁体、101・・・半導体装置

【手続補正2】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図8】

