

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5896718号
(P5896718)

(45) 発行日 平成28年3月30日 (2016. 3. 30)

(24) 登録日 平成28年3月11日 (2016. 3. 11)

(51) Int. Cl.

F I

H O 3 B 5/30 (2006. 01)

H O 3 B 5/30

C

H O 3 B 5/36 (2006. 01)

H O 3 B 5/36

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2011-273840 (P2011-273840)
 (22) 出願日 平成23年12月14日 (2011. 12. 14)
 (65) 公開番号 特開2012-178819 (P2012-178819A)
 (43) 公開日 平成24年9月13日 (2012. 9. 13)
 審査請求日 平成26年11月25日 (2014. 11. 25)
 (31) 優先権主張番号 特願2011-22346 (P2011-22346)
 (32) 優先日 平成23年2月4日 (2011. 2. 4)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000232483
 日本電波工業株式会社
 東京都渋谷区笹塚一丁目4 7 番 1 号
 (74) 代理人 100093104
 弁理士 船津 暢宏
 (72) 発明者 細田 朋之
 埼玉県狭山市上広瀬 1 2 7 5 - 2 日本電
 波工業株式会社内

審査官 橋本 和志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電発振器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

トランジスタを備えた圧電発振器であって、
 前記トランジスタのゲートには共振回路の一端のみが接続され、
 前記共振回路の他端が抵抗を介して接地され、
 前記トランジスタのドレインには出力端子が設けられ、
 前記トランジスタのソースには共振によって反射させる反射素子として圧電共振器のみ
 が接続され、
 前記トランジスタのソースが前記トランジスタのゲートに接続されないよう構成されて
 おり、

前記圧電共振器は、反射素子として反射特性を用いて共振して発振周波数を出力するも
 のであり、当該圧電共振器の発振周波数が、前記共振回路で発振した共振周波数と略同じ
 になるよう設定されていることを特徴とする圧電発振器。

【請求項 2】

トランジスタのゲートと共振回路との間に第 1 のマッチング回路を設け、
 前記トランジスタのドレインと出力端子との間に第 2 のマッチング回路を設け、
 前記トランジスタのソースと圧電共振器との間には第 3 のマッチング回路を設け、
 前記第 1 のマッチング回路及び前記第 2 のマッチング回路及び前記第 3 のマッチング回
 路により、前記共振回路の共振周波数を可変にし、前記圧電共振器の発振周波数に近づけ
 る調整を行うことを特徴とする請求項 1 記載の圧電発振器。

10

20

【請求項 3】

共振回路をコイルとコンデンサの並列接続回路で構成したことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の圧電発振器。

【請求項 4】

共振回路を圧電共振器としたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の圧電発振器。

【請求項 5】

反射素子と共振回路とを共に圧電共振器とし、

前記反射素子の圧電共振器と前記共振回路の圧電共振器について、1 つの圧電素子に 2 つの電極を形成し、当該 2 つの電極をそれぞれ前記 2 つの圧電共振器の電極とする共振器で構成したことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の圧電発振器。

10

【請求項 6】

マッチング回路は、可変容量素子と可変抵抗を備え、前記可変容量素子又は / 及び前記可変抵抗の設定を変更し、不平衡状態を作り出し、平衡状態に戻ることを利用して周波数を可変にすることを特徴とする請求項 2 記載の圧電発振器。

【請求項 7】

共振回路をマイクロストリップライン及び共振器で構成したことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の圧電発振器。

【請求項 8】

出力端子の前段にフィルタを設けたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の圧電発振器。

20

【請求項 9】

トランジスタを電界効果型トランジスタとしたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の圧電発振器。

【請求項 10】

トランジスタを NPN 型トランジスタとしたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の圧電発振器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、反射素子を用いた圧電発振器に係り、特に、反射素子の反射特性を用いて高周波化、周波数安定化を行う圧電発振器に関する。

30

【背景技術】

【0002】

[従来技術]

圧電発振器では、コルピッツ型、ピアース型等の回路がある。

従来の発振器は、共振器の位相を制御して発振させる回路を用いて、その周波数を制御していた。

従来の圧電発振器について、コルピッツ回路の水晶発振回路とインバータ回路の水晶発振回路について説明する。

【0003】

40

[コルピッツ型水晶発振回路：図 13]

従来のコルピッツ型水晶発振回路について図 13 を参照しながら説明する。図 13 は、従来のコルピッツ型水晶発振回路の回路図である。

従来のコルピッツ型水晶発振回路は、図 13 に示すように、水晶振動子 X の一端が発振用のトランジスタ Tr のベースに接続し、水晶振動子 X の他端が接地している。

そして、トランジスタ Tr のコレクタには電源電圧 V が抵抗 Rc を介して印加されると共にコンデンサを介して出力端子 (OUTPUT) が設けられている。

また、トランジスタ Tr のエミッタは抵抗 RE を介して接地している。

【0004】

トランジスタ Tr のベースには、電源電圧 V が抵抗 RA を介して印加され、当該ベース

50

は抵抗 R_B を介して接地している。

更に当該ベースには容量 C_1 、 C_2 の直列接続の一端が接続し、他端が接地され、容量 C_1 と容量 C_2 の間の点がエミッタに接続している。

以上の構成の従来のコルピッツ型水晶発振回路で発振動作が行われる。

【0005】

[インバータ型水晶発振回路：図14]

従来のインバータ型水晶発振回路について図14を参照しながら説明する。図14は、従来のインバータ型水晶発振回路の回路図である。

従来のインバータ型水晶発振回路は、図14に示すように、インバータICの入力側に水晶振動子Xの一端が接続し、インバータICの出力側に水晶振動子Xの他端が接続し、更に入力側と出力側が抵抗 R_f を介して接続している。

10

【0006】

入力側には容量 C_g の一端が接続し、他端が接地され、出力側には容量 C_d の一端が接続され、他端が接地され、出力側には出力端子 (OUTPUT) が設けられている。

以上の構成の従来のインバータ型水晶発振回路で発振動作が行われる。

【0007】

[関連技術]

尚、関連する先行技術として、特開2000-082922号公報「圧電発振器」(東洋通信機株式会社)[特許文献1]、特開2000-295037号公報「高安定度圧電発振器」(東洋通信機株式会社)[特許文献2]、実開平01-074616号公報「マイクロ波発振回路」(富士電気化学株式会社)[特許文献3]、特開平10-112612号公報「高周波発振回路」(株式会社村田製作所)[特許文献4]、特開2008-157751号公報「感知装置」(日本電波工業株式会社)[特許文献5]がある。

20

【0008】

更に、非特許文献として、「INTERNATIONAL STANDARD, Waveguide type dielectric resonators Part 2: Guidelines for oscillator and filter applications, IEC 61338-2, First edition 2004-05, International Electrotechnical Commission」[非特許文献1]と「電子情報通信学会「知識ベース」9群-7編-5章(ver.1/2010.7.22) 能動回路素子 5-1-4 FET発振器の一般構成」[非特許文献2]がある。

【0009】

特許文献1, 2には、圧電発振器において、トランジスタのベースに直列共振回路を接続し、ベース・エミッタ間に並列共振回路を接続することが示されている。

30

【0010】

特許文献3には、マイクロ波発振回路において、誘電体を用いた帰還部と増幅器とを組み合わせ、増幅器の出力側に基本波を反射する反射部を設け、基本波を帰還部に戻して高周波を出力することが示されている。

特許文献4には、高周波発振回路において、出力フィルタで発振条件を設定することが示されている。

【0011】

また、特許文献5には、圧電振動子を発振させるために、駆動電流が0.3mA以下となるように圧電振動子に発振駆動電力を供給する発振回路を備えた感知装置が示されている。

40

更に、非特許文献1には、反射型の発振器の例が記載されている。

また、非特許文献2には、FETトランジスタを使用した発振回路の一般構成が示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】特開2000-082922号公報

【特許文献2】特開2000-295037号公報

50

【特許文献3】実開平01-074616号公報
【特許文献4】特開平10-112612号公報
【特許文献5】特開2008-157751号公報
【非特許文献】
【0013】

【非特許文献1】INTERNATIONAL STANDARD, Waveguide type dielectric resonators Part 2: Guidelines for oscillator and filter applications, IEC 61338-2, First edition 2004-05, International Electrotechnical Commission.

【非特許文献2】電子情報通信学会「知識ベース」9群-7編-5章(ver.1/2010.7.22)
能動回路素子 5-1-4 FET発振器の一般構成

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

しかしながら、従来の圧電発振器では、周波数が高周波になるに従い、その波長が短くなることから、プリント基板の線路長、共振子からパッケージまでの線路長、共振子搭載時のずれなどを考慮する必要があり、またこれらにより線路長がずれることから、所望の周波数からずれてしまい、周波数を調整するために位相調整がセンシティブとなり、高安定化させることが難しくなっているという問題点があった。

【0015】

本発明は上記実情に鑑みて為されたもので、反射素子の反射特性を用いて高周波化、周波数の早期安定化を図ることができる圧電発振器を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記従来例の問題点を解決するための本発明は、トランジスタを備えた圧電発振器であって、トランジスタのゲートには共振回路の一端のみが接続され、共振回路の他端が抵抗を介して接地され、トランジスタのドレインには出力端子が設けられ、トランジスタのソースには共振によって反射させる反射素子として圧電共振器のみが接続され、トランジスタのソースがトランジスタのゲートに接続されないよう構成されており、圧電共振器は、反射素子として反射特性を用いて共振して発振周波数を出力するものであり、当該圧電共振器の発振周波数が、共振回路で発振した共振周波数と略同じになるよう設定されていることを特徴とする。

30

【0017】

本発明は、上記圧電発振器において、トランジスタのゲートと共振回路との間に第1のマッチング回路を設け、トランジスタのドレインと出力端子との間に第2のマッチング回路を設け、トランジスタのソースと圧電共振器との間には第3のマッチング回路を設け、第1のマッチング回路及び第2のマッチング回路及び第3のマッチング回路により、共振回路の共振周波数を可変にし、圧電共振器の発振周波数に近づける調整を行うことを特徴とする。

【0021】

本発明は、上記圧電発振器において、共振回路をコイルとコンデンサの並列接続回路で構成したことを特徴とする。

40

【0022】

本発明は、上記圧電発振器において、共振回路を圧電共振器としたことを特徴とする。

【0023】

本発明は、上記圧電発振器において、反射素子と共振回路とを共に圧電共振器とし、反射素子の圧電共振器と共振回路の圧電共振器について、1つの圧電素子に2つの電極を形成し、当該2つの電極をそれぞれ2つの圧電共振器の電極とする共振器で構成したことを特徴とする。

【0024】

本発明は、上記圧電発振器において、マッチング回路が、可変容量素子と可変抵抗を備

50

え、可変容量素子又はノ及び可変抵抗の設定を変更し、不平衡状態を作り出し、平衡状態に戻ることを利用して周波数を可変にすることを特徴とする。

【0025】

本発明は、上記圧電発振器において、共振回路をマイクロストリップライン及び共振器で構成したことを特徴とする。

【0026】

本発明は、上記圧電発振器において、出力端子の前段にフィルタを設けたことを特徴とする。

【0027】

本発明は、上記圧電発振器において、トランジスタを電界効果型トランジスタとしたことを特徴とする。

10

【0028】

本発明は、上記圧電発振器において、トランジスタをNPN型トランジスタとしたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0029】

本発明によれば、トランジスタのゲートには共振回路の一端のみが接続され、共振回路の他端が抵抗を介して接地され、トランジスタのドレインには出力端子が設けられ、トランジスタのソースには共振によって反射させる反射素子として圧電共振器のみが接続され、トランジスタのソースがトランジスタのゲートに接続されないよう構成されており、圧電共振器は、反射素子として反射特性を用いて共振して発振周波数を出力するものであり、当該圧電共振器の発振周波数が、共振回路で発振した共振周波数と略同じになるよう設定されているとしているので、高周波にて周波数を早期に安定化できる効果がある。

20

【0030】

本発明によれば、トランジスタのゲートと共振回路との間に第1のマッチング回路を設け、トランジスタのドレインと出力端子との間に第2のマッチング回路を設け、トランジスタのソースと圧電共振器との間には第3のマッチング回路を設け、第1のマッチング回路及び第2のマッチング回路及び第3のマッチング回路により、共振回路の共振周波数を可変にし、圧電共振器の発振周波数に近づける調整を行う上記圧電発振器としているので、高周波にて周波数を早期に安定化できる効果がある。

30

【0033】

本発明によれば、マッチング回路が、可変容量素子と可変抵抗を備え、可変容量素子又はノ及び可変抵抗の設定を変更し、不平衡状態を作り出し、平衡状態に戻ることを利用して周波数を可変にする上記圧電発振器としているので、発振周波数を可変にし、可変した周波数を早期に安定化させることができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る圧電発振器の回路図である。

【図2】本発明の第2の実施形態に係る圧電発振器の回路図である。

【図3】第1の実施形態における具体的圧電発振器の例1を示す回路図である。

40

【図4】第1の実施形態における具体的圧電発振器の例2を示す回路図である。

【図5】本発明の第3の実施形態に係る圧電発振器の回路図である。

【図6】本発明の第4の実施形態に係る圧電発振器の回路図である。

【図7】本発明の第5の実施形態に係る圧電発振器の回路図である。

【図8】マッチング回路1の回路図である。

【図9】マッチング回路2の回路図である。

【図10】共振回路がマイクロ波回路である場合を示す回路図である。

【図11】シミュレーション回路の回路図である。

【図12】発振起動時間のシミュレーション結果を示す図である。

【図13】従来のコルピッツ型水晶発振回路の回路図である。

50

【図 1 4】従来のインバータ型水晶発振回路の回路図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 5 】

本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

[実施の形態の概要]

本発明の実施の形態に係る圧電発振器は、トランジスタのゲート（ベース）に共振回路が接続し、トランジスタのドレイン（コレクタ）に出力端子が接続され、当該出力端子側に電源電圧が印加され、トランジスタのソース（エミッタ）に反射素子が接続され、共振回路の共振周波数と反射素子の発振周波数を略同じにしたものであり、高周波にて周波数を早期に安定化できるものである。

10

【 0 0 3 6 】

また、本発明の実施の形態に係る圧電発振器は、トランジスタのゲート（ベース）に共振回路が接続し、トランジスタのドレイン（コレクタ）に電源電圧が印加され、トランジスタのソース（エミッタ）に反射素子と出力端子が接続され、共振回路の共振周波数と反射素子の発振周波数を略同じにしたものであり、高周波にて周波数を早期に安定化できるものである。

【 0 0 3 7 】

[第 1 の実施形態の圧電発振器：図 1]

本発明の第 1 の実施形態に係る圧電発振器について図 1 を参照しながら説明する。図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る圧電発振器の回路図である。

20

本発明の第 1 の実施形態に係る圧電発振器（第 1 の圧電発振器）は、図 1 に示すように、トランジスタ 1 と、共振回路 3 と、インピーダンス（ Z_0 ）となる抵抗 4 と、反射素子の圧電共振器 6 と、出力端子（OUTPUT）8 とを基本的に有している。

【 0 0 3 8 】

トランジスタ 1 は、電界効果型トランジスタ（FET）1 であり、共振回路 3 の一端に FET 1 のゲート（G）が接続し、ドレイン（D）は出力端子 8 に接続し、ソース（S）は圧電共振器 6 の一端に接続している。

トランジスタ 1 は、共振回路 3 から出力された共振周波数を増幅する。

【 0 0 3 9 】

共振回路 3 の一端は、FET 1 のゲート（G）に接続し、共振回路 3 の他端は抵抗 4 の一端に接続している。

30

共振回路 3 は、LC 共振器、圧電共振器、圧電フィルタ、SAW（Surface acoustic wave：弾性表面波）共振器、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）共振器等で構成され、周波数の発振動作を行い、共振周波数をトランジスタ 1 に出力する。

尚、出力端子 8 側に電源電圧が抵抗を介して印加されるようになっている。

【 0 0 4 0 】

反射素子の圧電共振器 6 は、反射特性を用いて共振させ、発振周波数を出力するものである。この発振周波数によって出力端子 8 から発振出力が得られる。

ここで、圧電共振器 6 の発振周波数と共振回路 3 の共振周波数は、ほぼ同じになるよう設定されている。何故ならば、共振回路 3 の共振周波数を圧電共振器 6 に出力することで、圧電共振器 6 の発振起動を早くすることができ、周波数を早期に安定化できるものである。

40

つまり、圧電共振器 6 を反射素子として共振させることで、出力端子 8 から得られる発振出力を、高周波にて周波数を早期に安定化させることができる。

【 0 0 4 1 】

また、トランジスタ 1 は、FET としているが、NPN 型トランジスタであってもよい。この場合、コレクタ（C）には出力端子 8 が接続され、エミッタ（E）には反射素子の圧電共振器 6 が接続され、ベース（B）には共振回路 3 の一端が接続され、共振回路 3 の他端には抵抗 4 を介して接地されるものである。

尚、出力端子 8 の前段にフィルタを設けるようにしてもよい。

50

【 0 0 4 2 】

[第 2 の実施形態の圧電発振器：図 2]

本発明の第 2 の実施形態に係る圧電発振器について図 2 を参照しながら説明する。図 2 は、本発明の第 2 の実施形態に係る圧電発振器の回路図である。

本発明の第 2 の実施形態に係る圧電発振器（第 2 の圧電発振器）は、図 2 に示すように、基本的には、図 1 の回路と同様であるが、F E T 1 のゲート（G）がマッチング回路（M）2 を介して共振回路 3 に接続し、F E T 1 のドレイン（D）はマッチング回路（M）7 を介して出力端子 8 に接続し、ソース（S）はマッチング回路（M）5 を介して圧電共振器 6 の一端に接続し、圧電共振器 6 の他端が接地している。

【 0 0 4 3 】

尚、第 2 の圧電発振器でも、高周波にて周波数の早期安定化のために、共振回路 3 の共振周波数と圧電共振器 6 の発振周波数はほぼ同じに設定されている。

【 0 0 4 4 】

マッチング回路 2 , 5 , 7 は、共振回路 3 からの共振周波数を可変にし、その周波数の調整を行う。

つまり、共振回路 3 の共振周波数と圧電共振器 6 の発振周波数はほぼ同じに設定しているものの、両者の不一致が適性でない場合も想定されるので、マッチング回路 2 , 5 , 7 を調整することにより、共振回路 3 の共振周波数を可変にして、圧電共振器 6 の発振周波数に近づけるものである。

【 0 0 4 5 】

具体的には、マッチング回路 2 , 5 , 7 は、内部の可変容量素子又はノ及び可変抵抗の値を変更することにより、ゲート側、ソース側に形成される回路のインピーダンスを不平衡にし、それにより、回路が平衡になるうとして平衡状態に落ち着き、周波数を可変にするものである。マッチング回路の具体的な構成は、後述する。

尚、出力端子 8 側に電源電圧が抵抗を介して印加されるようになっている。

トランジスタ 1 は、N P N 型トランジスタを用いてもよい。

【 0 0 4 6 】

[第 2 の実施形態の具体例 1：図 3]

第 2 の実施形態における具体的圧電発振器の例 1 について図 3 を参照しながら説明する。図 3 は、第 2 の実施形態における具体的圧電発振器の例 1 を示す回路図である。

第 2 の実施形態における具体的圧電発振器の例 1（具体的圧電発振器 1）は、図 3 に示すように、図 2 の第 2 の圧電発振器において、共振回路 3 がコイル（L1）31 とコンデンサ（C1）の並列接続回路となっており、マッチング回路 7 と出力端子 8 との間にフィルタ 9 が形成され、マッチング回路 7 とフィルタ 9 との間に抵抗（R1）10 を介して電源電圧 V が印加されている。

尚、図 3 における構成において、F E T 1 を N P N 型トランジスタに置き換えてもよい。

【 0 0 4 7 】

尚、第 2 の実施形態の具体的圧電発振器 1 でも、高周波にて周波数の早期安定化のために、L1 31 と C1 32 の並列回路で構成される共振回路 3 の共振周波数と圧電共振器 6 の発振周波数はほぼ同じに設定されている。

【 0 0 4 8 】

[第 2 の実施形態の具体例 2：図 4]

第 2 の実施形態における具体的圧電発振器の例 2 について図 4 を参照しながら説明する。図 4 は、第 2 の実施形態における具体的圧電発振器の例 2 を示す回路図である。

第 2 の実施形態における具体的圧電発振器の例 2（具体的圧電発振器 2）は、図 4 に示すように、図 3 における共振回路の代わりに、圧電共振器 30 が設けられている。

【 0 0 4 9 】

図 4 において、ゲート（G）側に接続する圧電共振器 30 とソース（S）に接続する圧電共振器 6 とは別の構成とし、ソース（S）に接続する圧電共振器 6 の共振特性により出

10

20

30

40

50

力周波数を決定する。つまり、圧電共振器 30 の共振周波数と圧電共振器 6 の発振周波数はほぼ同じ設定されている。

【0050】

また、図 4 において、圧電共振器 30 と圧電共振器 6 を別々の構成とはせず、1 つの圧電素子から 2 つの電極を形成した共振器とし、一方をゲート (G) 側に接続し、他方をソース (S) 側に接続する構成としてもよい。この場合も、ソース (S) 側にある圧電共振器の共振特性により出力周波数を決定する。

尚、図 4 における構成において、FET1 を NPN 型トランジスタに置き換えてもよい。

【0051】

10

[第 3 の実施形態の圧電発振器 : 図 5]

本発明の第 3 の実施形態に係る圧電発振器について図 5 を参照しながら説明する。図 5 は、本発明の第 3 の実施形態に係る圧電発振器の回路図である。

本発明の第 3 の実施形態に係る圧電発振器 (第 3 の圧電発振器) は、図 5 に示すように、トランジスタ 1 と、マッチング回路 (M) 2 と、共振回路 3 と、インピーダンス (Z0) となる抵抗 4 と、反射素子のフィードバックリアクタンス 12 と、マッチング回路 (M) 11 と、出力端子 (OUTPUT) 8 と、フィルタ 9 と、抵抗 (R1) 10 とを基本的に有している。

【0052】

トランジスタ 1 は、FET であり、ドレイン (D) には抵抗 10 を介して電源電圧 V が印加され、ソース (S) にはマッチング回路 (M) 11 を介して反射素子のフィードバックリアクタンス 12 が接続され、ゲート (G) にはマッチング回路 (M) 2 を介して共振回路 3 の一端が接続され、共振回路 3 の他端には抵抗 4 を介して接地されている。

20

また、マッチング回路 11 とフィードバックリアクタンス 12 を接続する線にフィルタ 9 を介して出力端子 8 が設けられている。

【0053】

フィルタ 9 は、出力端子 8 の前段に設けられ、特定帯域の周波数を通過させ、精度の高い周波数を出力できる。フィルタとして SAW フィルタ等の圧電フィルタであってもよい。

マッチング回路 11 は、フィードバックリアクタンス 12 からの発振周波数を可変にし、その周波数の調整を行う。

30

【0054】

フィードバックリアクタンス 12 は、反射素子として動作するもので、LCR で構成される帰還リアクタンスであり、IC にて回路を実現でき、発振器を高周波化し、製品を小型化できる。

また、フィードバックリアクタンス 12 に、圧電共振器を用いてもよく、圧電共振器の一端をマッチング回路 (M) 11 に接続し、圧電共振器の他端を接地せず、開放とする。

【0055】

トランジスタ 1、マッチング回路 2、共振回路 3、抵抗 4 については、図 1 又は図 2 で説明したものと同様である。

40

図 5 の第 3 の圧電発振器においても、共振回路 3 の共振周波数とフィードバックリアクタンス 12 における発振周波数がほぼ同じになるよう設定されている。

【0056】

また、共振回路 3 とフィードバックリアクタンス 12 にて、別の共振帯域を使用することにより、出力周波数を N 倍若しくは 1 / n 倍にすることもできる。

更に、図 5 の FET 1 の代わりに、NPN 型トランジスタを用いてもよい。

尚、トランジスタ 1 のドレイン (D) と抵抗 10 との間にマッチング回路を設けるようにしてもよい。

【0057】

[第 4 の実施形態の圧電発振器 : 図 6]

50

本発明の第４の実施形態に係る圧電発振器について図６を参照しながら説明する。図６は、本発明の第４の実施形態に係る圧電発振器の回路図である。

本発明の第４の実施形態に係る圧電発振器（第４の圧電発振器）は、図６に示すように、図５のマッチング回路１１の代わりに、ソース（Ｓ）にコイル（Ｌ２）１３の一端を接続し、その他端をフィルタ９の入力に接続し、コイル１３の他端とフィルタ９の入力側との間の点に抵抗（Ｒ２）１４の一端が接続し、その他端が接地されている。

【００５８】

図６の第４の圧電発振器においても、共振回路３の共振周波数とフィードバックリアクタンス１２における発振周波数がほぼ同じになるよう設定されている。

図５のマッチング回路１１の代わりに、図６のＬ１３とＲ１４を用いた回路であっても図５と同様の効果を達成できるものである。つまり、マッチング回路２を調整することにより、不平衡状態を作り出し、平衡状態に戻ることを利用して周波数を可変にし、周波数を安定化させるものである。

【００５９】

尚、図６のＦＥＴ１の代わりに、ＮＰＮ型トランジスタを用いてもよい。

また、トランジスタ１のドレイン（Ｄ）と抵抗１０との間にマッチング回路を設けるようにしてもよい。

【００６０】

[第５の実施形態の圧電発振器：図７]

本発明の第５の実施形態に係る圧電発振器について図７を参照しながら説明する。図７は、本発明の第５の実施形態に係る圧電発振器の回路図である。

本発明の第５の実施形態に係る圧電発振器（第５の圧電発振器）は、図７に示すように、図６のフィルタ９と出力端子８を取り除き、トランジスタ１のドレイン（Ｄ）にはマッチング回路７、フィルタ９を介して出力端子８が接続し、マッチング回路７とフィルタ９との間の点に抵抗（Ｒ１）１０を介して電源電圧Ｖが印加されている。

【００６１】

図７の第４の圧電発振器においても、共振回路３の共振周波数とフィードバックリアクタンス１１における発振周波数がほぼ同じになるよう設定されている。

図７の回路であっても図５、図６と同様の効果を達成できるものである。つまり、マッチング回路２，７を調整することにより、不平衡状態を作り出し、平衡状態に戻ることを利用して周波数を可変にし、周波数を安定化させるものである。

尚、図７のＦＥＴ１の代わりに、ＮＰＮ型トランジスタを用いてもよい。

【００６２】

[マッチング回路１：図８]

次に、本実施の形態におけるマッチング回路の例１（マッチング回路１）について図８を参照しながら説明する。図８は、マッチング回路１の回路図である。

マッチング回路１は、図８に示すように、可変コイルＬ３と可変コンデンサＣ２とから構成され、可変コイルＬ３の出力側に可変コンデンサＣ２の一端が接続し、その他端が接地されている。

【００６３】

マッチング回路１では、可変コイルＬ３と可変コンデンサＣ２の一方又は双方の値を変更することにより、不平衡状態を作り出し、平衡状態に戻ることを利用して周波数を可変にするものである。

【００６４】

[マッチング回路２：図９]

更に、本実施の形態におけるマッチング回路の例２（マッチング回路２）について図９を参照しながら説明する。図９は、マッチング回路２の回路図である。

マッチング回路２は、図９に示すように、図８のコンデンサＣ２の代わりに、可変ダイオードＤを用い、可変ダイオードＤのカソード側がコイルＬ３の出力側に接続し、可変ダイオードＤのアノード側が接地されている。

【 0 0 6 5 】

マッチング回路 2 では、可変コイル L3 と可変ダイオード D の一方又は双方の値を変更することにより、不平衡状態を作り出し、平衡状態に戻ることを利用して周波数を可変にするものである。

図 1 ~ 図 7 のマッチング回路として、上記マッチング回路 1 , 2 が用いられる。

【 0 0 6 6 】

[共振回路 (マイクロ波回路) : 図 1 0]

次に、本実施の形態における共振回路についてマイクロ波回路の場合を、図 1 0 を参照しながら説明する。図 1 0 は、共振回路がマイクロ波回路である場合を示す回路図である。

共振回路がマイクロ波回路である場合は、マイクロストリップライン 3 3 と、共振器 3 4 で構成され、マイクロストリップライン 3 3 との脇に非接触で共振器 3 4 を設ける。

マイクロ波回路の場合、図 1 , 2、図 5 ~ 図 7 の共振回路に、図 1 0 の共振回路が用いられる。

【 0 0 6 7 】

[シミュレーション回路 : 図 1 1]

次に、本実施の形態についてシミュレーションを行って動作検証したことを説明する。

まず、シミュレーション回路は、図 1 の回路を基礎とし、共振回路 3 をコイルとコンデンサの並列回路としたものであり、図 1 1 に示すものである。図 1 1 は、シミュレーション回路の回路図である。

シミュレーション回路は、図 1 1 に示すように、F E T 1 のゲート (G) の L C の共振回路 3 の一端が接続し、共振回路 3 の他端は抵抗 (Z 0) を介して接地されている。

共振回路 3 は、コイル L 1 とコンデンサ C 1 の並列接続回路である。

【 0 0 6 8 】

F E T 1 のソース (S) は、圧電共振器 5 6 の一端に接続し、圧電共振器 5 6 の他端が接地している。尚、F E T 1 のソース (S) 側に電流計を設けている。

また、F E T 1 のドレイン (D) は、出力端子 (Vout) 8 に接続すると共に抵抗 (R 1) 1 0 の一端に接続し、抵抗 1 0 の他端が電源電圧 (V_DC) に接続している。尚、抵抗 1 0 の他端には電流計が設けられ、また、ノイズ除去用のコンデンサ (C 2) の一端が接続し、そのコンデンサの他端が接地している。

【 0 0 6 9 】

ここで、共振回路 3 の共振周波数 f_3 は、以下の式で求められる。

$$f_3 = 1 / 2 \pi \sqrt{L_1 C_1}$$

また、圧電共振器 6 の発振周波数を f_5 とすると、 $f_5 = f_3$ となるよう、L 1 と C 1 の値を決定する。これにより、圧電共振器 6 の発振周波数 f_5 に対して共振回路 3 の共振周波数 f_3 をほぼ等しくでき、高周波で周波数安定を早期に実現できる。

【 0 0 7 0 】

[シミュレーション結果 : 図 1 2]

次に、シミュレーション結果について図 1 2 を参照しながら説明する。図 1 2 は、発振起動時間のシミュレーション結果を示す図である。尚、図 1 2 では、横軸が時間 (time [μ sec]) を表し、縦軸がドレインの電圧 (V_out) の振幅 (ドレイン振幅) を表している。

図 1 2 では、圧電共振器 6 の水晶の Q について、 $Q = 1000$ と $Q = 10000$ の場合に、出力電圧 [V] の起動時間における推移を示している。

【 0 0 7 1 】

水晶 $Q = 10000$ の場合、発振起動時間が $30 \mu s$ を実現した。また、水晶 $Q = 1000$ の場合、発振起動時間が $50 \mu s$ を実現した。従来水晶発振器では起動時間は $300 \mu s$ 程度であるから、水晶 Q が低い状態においても、実施の形態では、起動時間を著しく短縮できる。

【 0 0 7 2 】

また、図 11 のシミュレーション回路において、圧電共振器 6 に流れる電流 I_X は、0.045 mA であり、従来技術では数 mA であるのに対して非常に小さいものとなった。

本実施の形態に係る圧電発振器では、圧電共振器 6 の持つ抵抗成分が小さく、圧電共振器 6 が容量成分として機能しているためである。

【0073】

従来、共振器として用いられる水晶振動子では、温度変化・経年変化による抵抗成分の変動があり、従来は設計時にパラメータを変化させ安定領域を検討していた。

これに対して、本実施の形態では、圧電共振器 6 の持つ抵抗成分を小さくしているため、抵抗成分の変動によらない、安定した動作を実現できるものである。

【0074】

[アクティビティディップへの対応]

水晶振動子に電流が流れる状態で使用すると、アクティビティディップという周波数ジャンプを引き起こし、支障をきたす場合があった。

この周波数ジャンプを回避するためには、水晶振動子に流れる電流を 0.3 mA 以下にする必要があるが、従来の回路では実現が難しい。特許文献 5 では、圧電振動子に供給される駆動電流を 0.3 mA 以下とする発振回路が示されているが、反射素子として利用される圧電共振器 6 に流れる電流を 0.3 mA 以下にすることは困難であった。

【0075】

本シミュレーション回路では、圧電共振器 6 に流れる電流 I_X が 0.04 mA ~ 0.05 mA となるので、0.3 mA 未満を実現でき、周波数ジャンプが発生しない状態で使用することが可能となるものである。

【0076】

[実施の形態の効果]

本発明の実施の形態に係る圧電発振器は、トランジスタ 1 のゲートに共振回路 3 が接続し、ドレインに出力端子 8 が接続され、当該出力端子 8 側に電源電圧 V が印加され、ソースに反射素子が接続され、共振回路 3 の共振周波数と反射素子の発振周波数を略同じにしたものであり、高周波にて周波数を早期に安定化できる効果がある。

【0077】

本発明の実施の形態に係る圧電発振器は、トランジスタ 1 のゲートと共振回路 3 との間にマッチング回路 2 が接続され、ドレインと出力端子 8 との間にマッチング回路 7 が接続されたものであり、マッチング回路 2, 5, 7 を調整することにより、共振回路 3 の共振周波数を可変にし、反射素子の発振周波数に近づけるようにしているので、高周波にて周波数を安定化できる効果がある。

【0078】

また、本発明の実施の形態に係る圧電発振器は、トランジスタ 1 のゲートと共振回路 3 との間にマッチング回路 2 が接続され、ドレインに電源電圧 V が印加され、ソースにマッチング回路 11 を介して反射素子と出力端子が接続されたものであり、高周波にて周波数を安定化できる効果がある。

【0079】

また、本発明の実施の形態に係る圧電発振器は、マッチング回路における可変容量素子又はノ及び可変抵抗等を可変にすることにより、ゲート側、ソース側のインピーダンスの不均衡を作り出して発振周波数を可変にし、平衡状態に落ち着くことで可変した周波数を安定化させることができる効果がある。

【産業上の利用可能性】

【0080】

本発明は、反射素子の反射特性を用いて高周波化、周波数安定化を図ることができる圧電発振器に好適である。

【符号の説明】

【0081】

1...トランジスタ、 2...マッチング回路(M)、 3...共振回路、 4...抵抗(

10

20

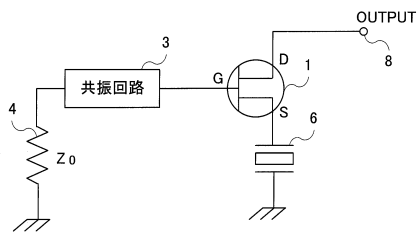
30

40

50

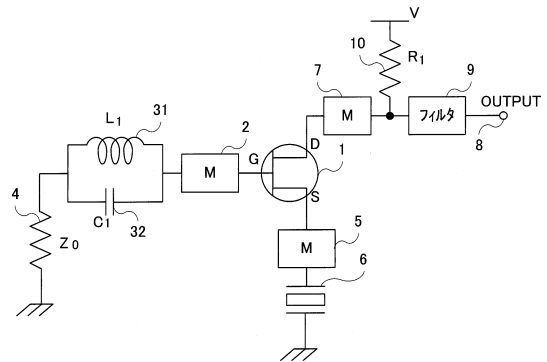
Z0)、 5...マッチング回路(M)、6...圧電共振器、 7...マッチング回路(M)、
 8、8...出力端子、 9、9...フィルタ、 10...抵抗(R1)、 11...
 マッチング回路(M)、 12...フィードバックリアクタンス、 13...コイル(L2)
)、 14...抵抗(R2)、 30...圧電共振器、 31...コイル(L1)、 32...
 コンデンサ(C1)

【図1】



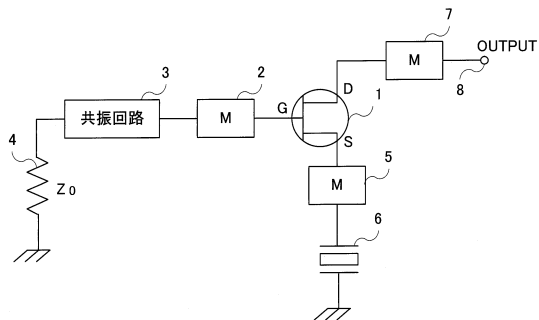
【図1】第1の実施形態の圧電発振器

【図3】



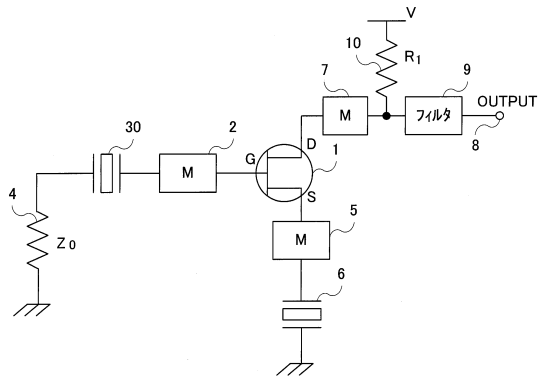
【図3】第2の実施形態の具体的圧電発振器1

【図2】



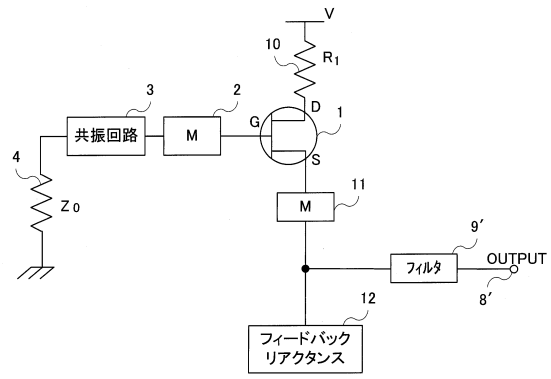
【図2】第2の実施形態の圧電発振器

【図 4】



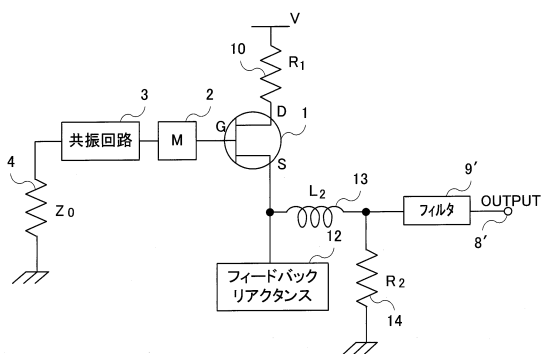
【図4】第2の実施形態の具体的圧電発振器2

【図 5】



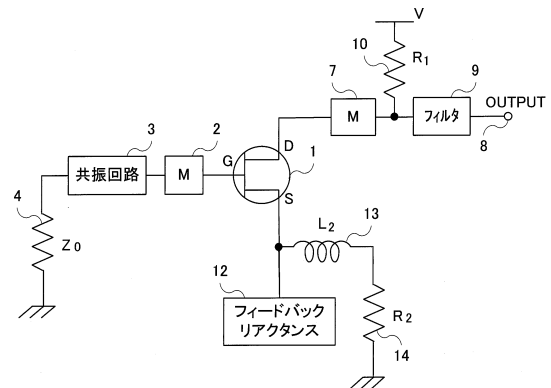
【図5】第3の実施形態の具体的圧電発振器

【図 6】



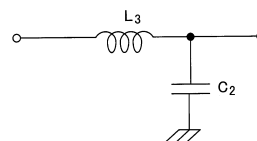
【図6】第4の実施形態の具体的圧電発振器

【図 7】



【図7】第5の実施形態の具体的圧電発振器

【図 8】



【図8】マッチング回路 1

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 4 - 2 6 6 5 8 3 (J P , A)
米国特許第 0 4 8 7 3 4 9 8 (U S , A)
特開 2 0 0 7 - 1 0 8 1 7 0 (J P , A)
特開平 1 0 - 1 1 2 6 1 2 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 0 1 6 5 8 6 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 2 4 3 9 3 0 (J P , A)
米国特許第 0 4 5 5 3 1 1 0 (U S , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 3 B 5 / 3 0

H 0 3 B 5 / 3 6