



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102714485 B

(45) 授权公告日 2015. 01. 28

(21) 申请号 201080039654. 5

US 5539761 A, 1996. 07. 23, 全文.

(22) 申请日 2010. 08. 13

Reddy, M. et al. "bias stabilization for resonant tunnel diode oscillators".

(30) 优先权数据

2009-205671 2009. 09. 07 JP

《Microwave and Guided Wave

Letters, IEEE》. 1995, 第 5 卷 (第 7 期), 第

(85) PCT 国际申请进入国家阶段日

2012. 03. 07

219-221 页.

审查员 赵洋

(86) PCT 国际申请的申请数据

PCT/JP2010/064037 2010. 08. 13

(87) PCT 国际申请的公布数据

W02011/027672 EN 2011. 03. 10

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 小山泰史 关口亮太

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 康建忠

(51) Int. Cl.

H03B 7/08 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2007124250 A, 2007. 05. 17, 全文.

CN 101447763 A, 2009. 06. 03, 全文.

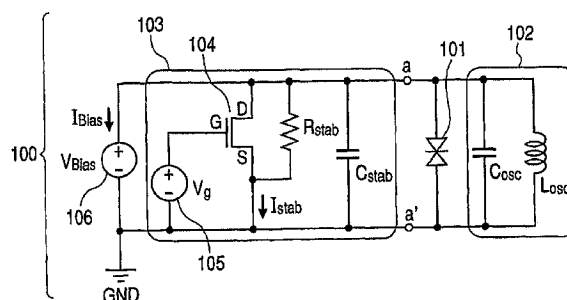
权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

具有负微分电阻元件的振荡电路和使用振荡电路的振荡器

(57) 摘要

一种振荡电路, 包括: 负电阻元件; 谐振电路, 其与所述负电阻元件连接; 和稳定电路, 其与所述负电阻元件并联连接以抑制寄生振荡, 其中, 所述稳定电路包括可变分流电阻器和用于调整该分流电阻器的调整器件。



1. 一种振荡电路,包括:
负微分电阻元件;
谐振电路,所述谐振电路与所述负微分电阻元件连接;
稳定电路,所述稳定电路与所述负微分电阻元件并联连接以抑制寄生振荡;以及
偏压器件,用于向所述负微分电阻元件施加偏压,
其中,所述稳定电路包括可变分流电阻器和调整器件,所述调整器件用于调整所述可变分流电阻器,并且所述偏压器件不同于所述调整器件。
2. 根据权利要求1所述的振荡电路,其中,通过利用所述调整器件调整所述可变分流电阻器来对振荡输出执行调整和切换之一。
3. 根据权利要求1所述的振荡电路,其中,所述可变分流电阻器包括晶体管。
4. 根据权利要求1所述的振荡电路,其中,所述稳定电路被连接到所述谐振电路的谐振驻波具有波节的位置。
5. 根据权利要求1所述的振荡电路,其中,所述负微分电阻元件是谐振隧穿二极管。
6. 根据权利要求1所述的振荡电路,其中,所述可变分流电阻器包括多个分流电阻器,并且其中,所述调整器件通过切换所述多个分流电阻器来调整所述可变分流电阻器。
7. 一种振荡器,包括:
基板;和
集成在所述基板上的根据权利要求1所述的振荡电路。
8. 一种用于调整振荡电路的方法,所述振荡电路包括负微分电阻元件;谐振电路,所述谐振电路与所述负微分电阻元件连接;稳定电路,所述稳定电路与所述负微分电阻元件并联连接以抑制寄生振荡;以及偏压器件,用于向所述负微分电阻元件施加偏压,其中,所述稳定电路包括可变分流电阻器和用于调整所述可变分流电阻器的调整器件,并且所述偏压器件不同于所述调整器件,所述方法包括:
通过利用所述调整器件改变分流电阻来调整所述振荡电路在低频带中的阻抗,对于所述振荡电路对所述振荡电路的在比所述低频带高的频带中的振荡输出执行调整和切换之一。
9. 根据权利要求8所述的用于调整振荡电路的方法,其中,在向所述负微分电阻元件施加偏压的同时实行振荡输出调整或振荡切换。

具有负微分电阻元件的振荡电路和使用振荡电路的振荡器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于产生电磁波的具有负电阻元件的振荡电路和使用该振荡电路的振荡器。更特别地,本发明涉及一种如下这样的振荡电路和使用该振荡电路的振荡器,该振荡电路使用诸如谐振隧穿二极管的负电阻元件来产生电磁波,该电磁波在该电磁波的至少一部分中包含太赫兹带频域(30GHz 或更高、但不高于 30THz 的频率)中的频率分量。

背景技术

[0002] 作为在太赫兹波的频带中工作和振荡的固态器件,使用诸如谐振隧穿二极管(RTD)的负电阻元件的振荡器已被提出。特别地,使用 RTD 的振荡器利用基于 RTD 的半导体量子阱结构中的电子的子带间跃迁的电磁波增益,并且太赫兹带中的室温振荡已被报告。日本专利申请公开 No. 2007-124250 和 Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 47, No. 6, pp. 4375-4384, 2008 公开了一种振荡器,在该振荡器中,双势垒 RTD 和平面缝隙天线集成在半导体基板上。振荡器在如下这样的偏压下在太赫兹带中在室温下振荡,在所述偏压,负微分电阻出现在 RTD 的电流-电压特性中。

[0003] 已知使用诸如 RTD 的负电阻元件的振荡器引起低频寄生振荡,所述低频寄生振荡可归因于包括电源的偏压电路。寄生振荡可能是太赫兹波的频带中的所希望的谐振频率的振荡输出劣化的起因。为了针对该问题采取措施,IEEE MICROWAVE AND GUIDED WAVELETTERS, VOL. 5, NO. 7, JULY 1995pp. 219-221 公开了用于将稳定电路定位在偏压电源与 RTD 之间的技术。稳定电路包含与 RTD 并联设置的电容器和电阻器,并将谐振电路设为在除了谐振频率之外的所有频率中为低阻抗。另外,稳定电路被定位在距 RTD $\lambda/4$ (λ 是太赫兹带频域中的所希望的谐振频率的波长)的距离内的位置。通过这些设计,寄生振荡被抑制,以通过使用负电阻元件的振荡器实现太赫兹带中的室温振荡。

[0004] 引文列表

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献 1:日本专利申请公开 No. 2007-124250

[0007] 非专利文献

[0008] 非专利文献 1:Jpn. J. Appl. phys., Vol. 47, No. 6, pp. 4375-4384, 2008

[0009] 非专利文献 2:IEEE MICROWAVE AND GUIDED WAVELETTERS, VOL. 5, NO. 7, JULY 1995pp. 219-221

[0010] 非专利文献 3:Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 42, 2367 (2003)

发明内容

[0011] 为了将这些振荡器应用于太赫兹带中的通信或成像,振荡输出的调制操作是必要的。输出调制的方法包括直接调制和外部调制,在直接调制中,如常规半导体激光器中那样切换应用于负电阻元件的偏压,在外部调制中,外部提供机械调制盘(mechanical chopper)或光学组件。在这些方法中,从使装置尺寸缩减和提速的观点来讲,直接调制是有

前途的。另一方面,已知使用负电阻元件的振荡器的振荡频率由于偏压变化而变化。在非专利文献 1 中所公开的使用 RTD 的振荡器中,大约 0.05V 的偏压变化使振荡频率变化大约 7%,从而使振荡输出也变化。因此,使用负电阻元件的振荡器具有这样的可能性,即,其振荡特性(诸如振荡频率)在基于偏压切换的直接调制期间可能不稳定。

[0012] 作为本发明的一个方面的振荡电路包括:负电阻元件;谐振电路,其与所述负电阻元件连接;和稳定电路,其与所述负电阻元件并联连接以抑制寄生振荡;其中,所述稳定电路包括可分流电阻器和用于调整该分流电阻器的调整器件。

[0013] 在本发明的振荡电路中,可分流电阻器和用于调整分流电阻器的调整器件设置在稳定电路中以便主要抑制低频寄生振荡。通过调整分流电阻器,典型地使包括负电阻元件的振荡电路的低频带(DC 到几 GHz)中的阻抗改变。响应于该改变,振荡电路的振荡频带在所希望的频带(典型地为太赫兹带)与低频带(DC 到大约几 GHz,其被称为寄生振荡)之间切换。也就是说,本发明的振荡电路适于使得通过利用调整器件改变分流电阻器来调整寄生振荡,可在保持施加偏压的情况下执行振荡操作的切换和振荡输出的调整。这样,通过使用本发明的振荡电路,能够在保持偏压的同时进行基于切换或输出调整的调制操作。因此,实现下述振荡电路和使用该振荡电路的振荡器,所述振荡电路能够在使诸如频率的振荡特性稳定的同时还进行太赫兹带中的输出调制。

[0014] 从以下参照附图对示例性实施例的描述,本发明的进一步的特征将变得清晰。

附图说明

[0015] 图 1A 是用于描述根据实施例的振荡电路的配置的示意图。

[0016] 图 1B 是用于描述根据实施例的振荡电路的操作的示意图。

[0017] 图 2A 是用于描述实施例的修改形式 1 的配置的示意图。

[0018] 图 2B 是用于描述实施例的修改形式 2 的配置的示意图。

[0019] 图 3A 是用于描述根据示例的振荡器的配置的外视图。

[0020] 图 3B 是用于描述根据示例的振荡器的配置的截面图。

[0021] 图 4A 是用于描述示例的修改形式 1 的配置的示意图。

[0022] 图 4B 是用于描述示例的修改形式 2 的配置的示意图。

[0023] 图 5 是示例的修改形式的外视图。

具体实施方式

[0024] 现在将根据附图对本发明的优选实施例进行详细描述。

[0025] 本实施例的振荡电路中的要点是可分流电阻器被设置在稳定电路中以用于抑制寄生振荡,以使得能够在使诸如频率的振荡特性稳定的同时进行振荡器的输出调制。

[0026] 以下,将使用图 1A 和图 1B 对根据本发明实施例的振荡电路进行描述。图 1A 用于描述本实施例的振荡电路,图 1B 用于描述本实施例的振荡电路的操作。在本实施例中,谐振隧穿二极管用作负电阻元件。本实施例的振荡电路 100 包括谐振隧穿二极管(RTD)101、谐振电路 102 和稳定电路 103,稳定电路 103 包括 FET 104 和调整器件 105。RTD 101 是高频增益部分,并在图 1B 中所示的电流-电压特性中表现出负微分电阻(I_{Bias2})。谐振电路 102 用作用于确定振荡电路 100 的谐振频率的谐振器。振荡电路 100 以下述频率振荡,所述

频率 RTD 101 所具有的负微分电阻与根据谐振电路 102 的结构确定的谐振频率之间的关系确定。这里,在本实施例中,频率典型地属于太赫兹带频域。电源 106 与 RTD 101、谐振电路 102 和稳定电路 103 并联连接,以便将偏压施加于振荡电路 100。

[0027] 稳定电路 103 抑制振荡电路 100 中的低频寄生振荡,并至少包括与 RTD 101 并联连接的电容器 C_{stab} 和作为分流电阻器的电阻器 R_{stab} 。稳定电路 103 可被定位在距 RTD $\lambda/4$ (λ 是太赫兹带的频域中的振荡频率的波长) 的距离内的位置,以使得 RTD 101 不与包括电源 106 的外部电路谐振。另外,稳定电路 103 可具有尺寸比低频寄生振荡的波长小的结构,以使得 RTD 101 和稳定电路 103 不彼此谐振。此外,稳定电路 103 可被定位在不对谐振电路 102 内的驻波造成损失的位置处。例如,稳定电路 103 可被定位在驻波的波节处。

[0028] 除了 R_{stab} 之外,作为稳定电路 103 的分流电阻器,与 RTD 101 并联连接的 FET 104 也被设置在本实施例的振荡电路 100 中。另外,振荡电路 100 设有调整器件 105,其用于调整 FET 104 的电阻。在本实施例中,作为三端子器件的场效应晶体管 (FET) 用作可变电阻器的示例。例如,FET 104 的漏极电极与 RTD 101 的正极侧连接,FET 104 的源极电极接地。FET 104 的栅极电极与调整器件 105 连接,以使得从调整器件 105 施加合适的栅极电压 V_g 。FET 104 的源极-漏极电阻可通过调整栅极电压 V_g 被改变。

[0029] 当同时满足以下表达式 1 和 2 这二者时,振荡电路 100 以高频(通常在太赫兹带中)振荡。

[0030] 振幅条件:

[0031] $\text{Re}[Y_{RTD}] + \text{Re}[Y_{OSC}] \leq 0$ 表达式 1

[0032] 相位条件:

[0033] $\text{Im}[Y_{RTD}] + \text{Im}[Y_{OSC}] = 0$ 表达式 2

[0034] 另外,当满足以下表达式 3 时,低频域中的寄生振荡被抑制。其原因是,当 RTD 101 与从端子 aa' 起的电源 106 侧的外部电路谐振时,RTD 101 进入在低频带(DC 到几 GHz)中的寄生振荡。

[0035] 寄生振荡抑制条件:

[0036] $\text{Re}[Y_{RTD}] + \text{Re}[Y_a] > 0$ 表达式 3

[0037] 其中, Y_{RTD} 是 RTD 101 的导纳, Y_{osc} 是谐振电路 102 的导纳, Y_a 是从端子 aa' 起的电源 106 侧的电路(包括稳定电路 103、电源 106 和外部电路的电路)的导纳。另外, $\text{Re}[Y_{RTD}]$ 、 $\text{Re}[Y_a]$ 和 $\text{Re}[Y_{OSC}]$ 是导纳 Y_{RTD} 、 Y_a 和 Y_{OSC} 的实数部分,并且 $\text{Im}[Y_{RTD}]$ 和 $\text{Im}[Y_{OSC}]$ 是导纳 Y_{RTD} 和 Y_{OSC} 的虚数部分。

[0038] 如上所述,为了抑制寄生振荡,振荡电路 100 需要满足表达式 3。为了满足这个要求,可通过稳定电路 103 将振荡电路 100 设为在除了所希望的振荡频率 ω_{osc} 之外的所有频率中为低阻抗。对于从 DC 到几 GHz 的低频域,在这些频率之中,主要通过分流电阻器将振荡电路 100 设为低阻抗,所述分流电阻器是与 RTD 10 并联连接的电阻器。对于比该频域高的频域(从几 GHz 到振荡频率 ω_{osc}),主要通过并联电容器 C_{stab} 将振荡电路 100 设为低阻抗。根据上述非专利文献 2,希望的是分流电阻具有等于或稍小于 RTD 101 的负微分电阻的绝对值的值。在本实施例中,固定电阻并联电阻器 R_{stab} 和用作可变电阻并联电阻器的 FET 104 用作分流电阻器。

[0039] 振荡电路 100 使得可通过利用调整器件 105 改变 FET 104 的栅极电压 V_g , 从而调整源极 - 漏极电阻, 来将上述分流电阻调整为任意值。例如, 如果 V_g 被设为 V_{g1} 以使得 FET 104 和 R_{stab} 的组合电阻基本上与 RTD 101 的负微分电阻的绝对值相同, 那么, 分流电阻器和振荡电路 100 的电流 - 电压特性分别被表示为图 1B 中的 I_{stab1} 和 I_{Bias1} 。此时, 由于在从 DC 到几 GHz 的频带中满足上述表达式 3 所给出的条件, 所以低频寄生振荡被抑制。因此, 振荡电路 100 以由 RTD 101 和谐振电路 102 确定的高太赫兹带频率振荡 (图 1B 中的 L_{osc1})。

[0040] 另一方面, 如果 FET 104 的 V_g 被设为 V_{g2} 以使得 FET 104 和 R_{stab} 的组合电阻大于负微分电阻的绝对值, 那么, 分流电阻器和振荡电路 100 的电流 - 电压特性分别被表示为图 1B 中的 I_{stab2} 和 I_{Bias2} 。此时, 由于不再满足寄生振荡抑制条件 (上述表达式 3), 所以振荡电路 100 以例如几 GHz 的低频振荡。在高太赫兹带频率, 振荡电路 100 的振荡输出变弱 (图 1B 中的 L_{osc2})。这样, 振荡电路 100 使得通过利用调整器件 105 和 FET 104 调整分流电阻的值, 能够在保持施加偏压 (V_{Bias}) 的情况下进行振荡切换和振荡输出调整。另外, 可通过调整分流电阻对振荡电路 100 执行输出调制。

[0041] 如上所述, 通过调整布置在稳定电路 103 中的可变电阻分流电阻器, 并由此调整振荡电路 100 的低频阻抗, 可实行振荡电路 100 的输出调整和切换。如此, RTD 振荡电路的输出调制期间的振荡特性 (诸如振荡频率) 不稳定的常规未解决的问题通过利用该机制被解决。

[0042] 另外, 本实施例的配置使得诸如晶体管的调制单元能够小规模地集成在 RTD 附近。因此, 与基于偏压的直接调制相比, 避免了由于诸如电源的外部电路而导致的任何延迟, 因此, 期望甚至更高速的调制操作。此外, 由于可使用调整器件 105 而不是偏压来执行调制, 所以与常规的直接调制相比, 提高了控制的自由度。更进一步, 由于在调制时不需要偏压切换, 所以器件由于可归因于瞬变现象的浪涌电流等而损坏的危险降低。

[0043] 应指出, 在此前描述的本实施例中, 江崎二极管、耿氏二极管、IMPATT (碰撞电离雪崩渡越时间) 二极管和 TUNNETT (隧穿渡越时间) 二极管之一可用作负电阻元件。另外, 除了本实施例中提及的晶体管之外, 可使用诸如其电阻分别随光、热、磁或应变而改变的光敏电阻器、热敏电阻器、磁控电阻器和应变电阻器之一的材料作为可变电阻分流电阻器。在这种情况下, 如图 2A 所示那样配置振荡电路 300。可以例如通过光照射单元 305 来调整光敏电阻器元件 304, 或者可通过应变施加单元 305 来调整应变电阻元件 304。在任一情况下, 可变电阻器可具有尺寸小于寄生振荡的波长的结构。另外, 如图 2B 中所示的振荡电路 400 中那样, 振荡输出的切换和调整可通过下述方式来执行, 即, 利用调整器件 405 调整开关 404, 从而切换分流电阻器。此时, 调整器件 405 被选择为使得不干扰 RTD 101 和谐振电路 102。开关 404 可具有尺寸小于寄生振荡的波长的结构。

[0044] 另外, 腔体波导、微带谐振器、贴片天线谐振器或缝隙天线谐振器等可用作谐振电路 102。因此, 可高效地从振荡电路 100 取出高频作为电磁波。如果稍后描述的图 5 中所示的等离子体振子波导用作谐振电路, 则实现具有甚至更高的输出的振荡电路。

[0045] 以下, 将对本实施例的更具体示例进行详细描述。

[0046] 示例

[0047] 现在, 将使用图 3A 至图 5 对根据本实施例的振荡电路进行描述。图 3A 是本实施例的外视图, 图 3B 是其截面图。图 4A、图 4B 和图 5 是用于描述本实施例的修改形式的示

图。

[0048] 本实施例的振荡电路 200 形成在基板 230 上,并主要包含 RTD201、贴片天线 202、FET 204、调整器件 205、MIM(金属-绝缘体-金属)结构 209 和电阻元件 210。RTD 201 使用包括以下组成元件的三势垒量子阱结构:

[0049]

第一势垒层	AlAs 1.3 nm
第一量子阱层	InGaAs 7.6 nm
第二势垒层	InAlAs 2.6 nm
第二量子阱层	InGaAs 5.6 nm

[0050]

第三势垒层	AlAs 1.3 nm
--------------	--------------------

[0051] 这里,第一量子阱层、第二势垒层和第二量子阱层是与具有平面取向(100)的 InP 晶格匹配的 InGaAs/InAlAs 层。第一势垒层和第三势垒层是不与 InP 晶格匹配的 AlAs 层。这些层比临界膜薄,并且是高能势垒。谐振隧穿二极管是通过用由未掺杂的 InGaAs 制成的间隔层和由 n+InGaAs 制成的电接触层从三势垒量子阱结构的上面和下面将该结构夹在中间来形成的。另外,由重掺杂的 n++InGaAs 制成的接触层 220a 和 220b 设置在 RTD 201 的顶部和底部上。

[0052] RTD 201 具有直径为大约 $2\mu\text{m}\phi$ 的台面结构,并通过使用基于氯的气体的 ICP-RIE(感应耦合等离子体-反应离子蚀刻)法来形成。与接触层 220a 连接的第一电极 211 和与接触层 220b 连接的 GND 电极 212a 从 RTD 201 的顶部和底部将 RTD 201 夹在中间。在本实施例中所使用的 RTD 201 中,获得电流密度 $J_p = 280\text{kA}/\text{cm}^2$ 、大约为 3 的峰谷比和大约为 -22Ω 的负微分电阻作为电流-电压特性。

[0053] 具有其中两个金属层将电介质材料夹在中间的结构贴片天线 202 对应于图 1A 的电路图和谐振电路 102。振荡频率根据电介质材料的类型和厚度、贴片天线 202 的边长以及 RTD 201 的尺寸和位置来确定。贴片天线 202 具有在其中电介质层 208 被第一电极 211 与 GND 电极 212a 夹在中间的结构。电磁波驻留在第一电极 211 与 GND 电极 212a 之间的电介质材料内。第一电极 211 是 $150\mu\text{m} \times 150\mu\text{m}$ 的方形 $\lambda/2$ 贴片,并具有大约 0.5THz 的振荡频率。RTD 201 被设计为使得当 RTD 201 被定位在沿 A'-A 方向距第一电极 211 的中心大约 $40\mu\text{m}$ 远的位置时,贴片天线 202 和 RTD 201 的阻抗彼此匹配。 $\lambda/4$ 微带线 224 与 $\lambda/2$ 贴片连接,该贴片与 MIM 结构 209 的第二电极 221 和 FET 204 的第三电极 222 连接。微带线被定位在下述位置,即在所述位置,贴片天线 202 的谐振电磁场的驻波具有波节。

[0054] 第一电极 211 是通过剥离法形成的金属层,并且由 Ti/Pd/Au(20nm/20nm/200nm)制成。第一电极 211 被称为用于重掺杂 n++InGaAs 的低电阻欧姆电极。在本实施例中,第一电极 211、第二电极 221 和第三电极 222 使用 Ti/Pd/Au(20nm/20nm/200nm)层一体地形成。关于电介质层 208,使用称之为用于高频电磁波的低损耗材料的 BCB(苯并环丁烯)。电介质层 208 的厚度大约为 $3\mu\text{m}$,并通过使用旋涂法和干式蚀刻法形成。电介质层 208 还具有以直流方式使第一电极 211 和 GND 电极层 212a 彼此绝缘的功能。关于 GND 电极层 212a,使用通过剥离法形成的且由 Ti/Pd/Au/Ti(20nm/20nm/200nm/20nm)制成的金属层。GND 电极

层 212a、212b 和 212c 接地。

[0055] 稳定电路 103 包括 MIM 结构 209、分流电阻器和电源 205, MIM 结构 209 是并联电容器 C_{stab} , 分流电阻器包括用作可变电阻器的 FET 204 和作为固定电阻器的并联电阻元件 210, 电源 205 用作调整器件 105。关于并联电阻器 C_{stab} , 使用 MIM 结构 209, 在该 MIM 结构中, 电介质层 208 被第二电极 221 和 GND 电极 212b 夹在中间。在本实施例中, 并联电容器 C_{stab} 被设计为具有数 pF 的电容, 以使得在从几 GHz 直到振荡频率 ω_{osc} 的高频域中短路。

[0056] 并联电阻元件 210 连接在第二电极 221 与 GND 电极层 212b 之间, 并且用作用于将电极之间的路径在低频下设为低阻抗的分流电阻器的一部分。作为半金属的铋用于并联电阻元件 210。具体地讲, $200\mu m \times 80\mu m \times 1\mu m$ 厚的铋膜通过剥离法形成, 以使得具有大约 50Ω 的电阻。关于 FET 204, 使用基于 InP 的 HEMT (高电子迁移率晶体管), 以便将 FET 204 与基于 InP 的 RTD 集成。按 HEMT 和 RTD 的次序在同一 InP 基板上执行外延生长, 从而通过利用湿式蚀刻移除包括 RTD 的多层膜的一部分来形成 HEMT 结构。例如, 利用非专利文献 3 中所公开的结构。HEMT 结构的主组成元件是 InAlAs 载流子供给层 235、InGaAs 沟道层 236、InGaAs/InAlAs 盖层 234 和 InAlAs 缓冲层 237。HEMT 结构具有 $0.1\mu m$ 的栅极长度。HEMT 结构的栅极宽度被设置为 $300\mu m$, 以便获得所希望的电阻值。与 InAlAs 具有欧姆接触且与 n-InGaAs 具有肖特基接触的 Ti/Pt/Au 用于漏极电极 231、源极电极 232 和栅极电极 233。漏极电极 231、源极电极 232 和栅极电极 233 经由分别由 Au 形成的通孔 238a、238b 和 238c 引出到电介质层的上表面上, 以便与第三电极 222、第四电极 225 和第五电极 226 连接。第三电极 222 通过微带线 224 与贴片天线 202 连接, 从而基本上与 MIM 结构 209 的第二电极 221 一致。另外, 第四电极 225 与 GND 电极 212c 连接, 并且接地。第五电极 226 与用作调整器件 105 的电源 205 连接。

[0057] RTD 201 在 $V_{bias} = 0.7V$ 的条件下具有大约 -22Ω 的负微分电阻。本实施例的 HEMT 在 $V_g = 0.3V$ 的条件下具有大约 30Ω 的源极-漏极微分电阻。因此, 包括 R_{stab} 和 FET 204 的分流电阻器的组合电阻大约为 20Ω 。由于振荡电路 200 在低频短路, 因此, 寄生振荡被抑制, 振荡电路在 $0.4THz$ 的太赫兹带中振荡。另一方面, 在 $V_g = 0.3V$ 的条件下, 源极-漏极微分电阻大约为 500Ω 。因此, 包括 R_{stab} 和 FET 204 的分流电阻器的组合电阻大约为 45Ω 。因此, 振荡电路 200 在低频不是完全短路, 因此, 寄生振荡发生。结果, 太赫兹带中的振荡输出变弱。

[0058] 如上所述, 本实施例的振荡电路 200 使得能够通过利用调整器件调整置于稳定电路中的 FET 204 的源极-漏极电阻来进行振荡电路的振荡输出的切换和调整。根据本实施例, 解决了 RTD 振荡电路的输出调制期间诸如频率的振荡特性不稳定的常规未解决的问题。作为本实施例的修改形式, 可利用下述构造, 在该构造中, 如图 4A 所示, HBT 504 用作包括电流源 505 的稳定电路 503 的可变电阻器, 并且等离子体振子波导用作谐振电路的结构。等离子体振子波导是如下这样的谐振结构, 在该谐振结构中, 如图 5 所示, RTD 501 和电介质层 508 被两个电极 511 和 512 夹在中间。该结构适合于提升本实施例的振荡电路 500 的输出功率。可替换地, 多个 RTD 501 可周期性地设置在谐振结构内。在这样的结构中, 包括 RTD 501 的层和包括 HBT 504 的层通过金属接合转印到基板 530。这里, 电极 522、电极 525 和电极 526 (与电流源 505 连接) 是分别从 HBT 504 的集电极电极、发射极电极和基极电极 (未示出) 引出的电极。HBT 504 的发射极接地。

[0059] 如上所述的这样的构造实现具有高输出并且易于调整和切换其输出的振荡电路 500。另外,作为本实施例的另一种修改形式,可应用下述构造,在该构造中,如图 4B 所示,用作可变电阻器的 FET 604(其基极与电压源 605 连接)和作为非线性元件的肖特基势垒二极管 606 并联设置作为分流电阻器。在这种情况下,实现功耗甚至更低的振荡电路 600。例如,就三端子器件而言,可利用 HFET、MOSFET、JFET 和 IGBT 之一作为可变电阻器。另外,可使用如下之一作为电阻改变材料:即,使用利用非易失性记录能力的材料的可变电阻器(诸如 TMR(隧道磁控电阻器));其电阻变化由电脉冲引起的钙钛矿材料;具有其电阻随应变而改变的应变电阻效果的材料。可使用任何可变电阻器,只要可通过将电信号、光或热量输入到电阻元件来调整其电阻即可。如图 2A 所示,电阻通过来自调整器件的输入信号而被调整。如果如图 2B 所示,振荡电路设有多个分流电阻器和开关,则可利用使用通过静电引力工作的致动器的 MEMS 开关和组合使用 FET 和二极管的切换电路之一。

[0060] 在本实施例中,由在 InP 基板上生长的 InGaAs/InAlAs 以及 InGaAs/AlAs 制成的三势垒谐振隧穿二极管被描述为 RTD 201。然而,本实施例不限于这些结构和材料系统。即使对于结构和材料的其它组合,也可提供本实施例的半导体元件。例如,可使用具有双势垒量子阱结构的谐振隧穿二极管和具有包括四个或更多个势垒的多势垒量子阱的谐振隧穿二极管之一。另外,可使用选自以下构成的组的材料的组合作为材料系统:形成在 GaAs 基板上的 GaAs/AlGaAs、GaAs/AlAs 或 InGaAs/GaAs/AlAs;形成在 InP 基板上的 InGaAs/AlGaAsSb;形成在 InAs 基板上的 InAs/AlAsSb 或 InAs/AlSb;和形成在 Si 基板上的 SiGe/SiGe。根据所希望的频率等,可适当地从由这些结构和材料构成的组中选择结构和材料。应指出,在本实施例中,基于载流子是电子的假设进行了论述。然而,本实施例不限于这种情况,而是还可应用使用电子空穴的振荡电路。然而,在这种情况下,电路元件的极性需要对调。另外,可根据使用目的选择基板 230 和 530 的材料。因此,可使用半导体基板,诸如硅基板、砷化镓基板、砷化镓基板、磷化镓基板和氮化镓基板之一。可替换地,还可使用玻璃基板、陶瓷基板和树脂基板之一。上述结构可通过使用现存的半导体工艺来形成。

[0061] 工业实用性

[0062] 本发明涉及用于产生电磁波(特别地,太赫兹波)的具有负电阻元件的振荡电路。该振荡电路可用作例如断层摄影(薄层照相)装置、光谱检测装置或无线电通信设备的光源部分。

[0063] 尽管已参照示例性实施例对本发明进行了描述,但是应该理解本发明不限于所公开的示例性实施例。以下权利要求的范围应被给予最广泛的解释,以涵盖所有这样的修改以及等同结构和功能。

[0064] 本申请要求 2009 年 9 月 7 日提交的日本专利申请 No. 2009-205671 的优先权,该日本专利申请的全部内容特此通过引用并入本文。

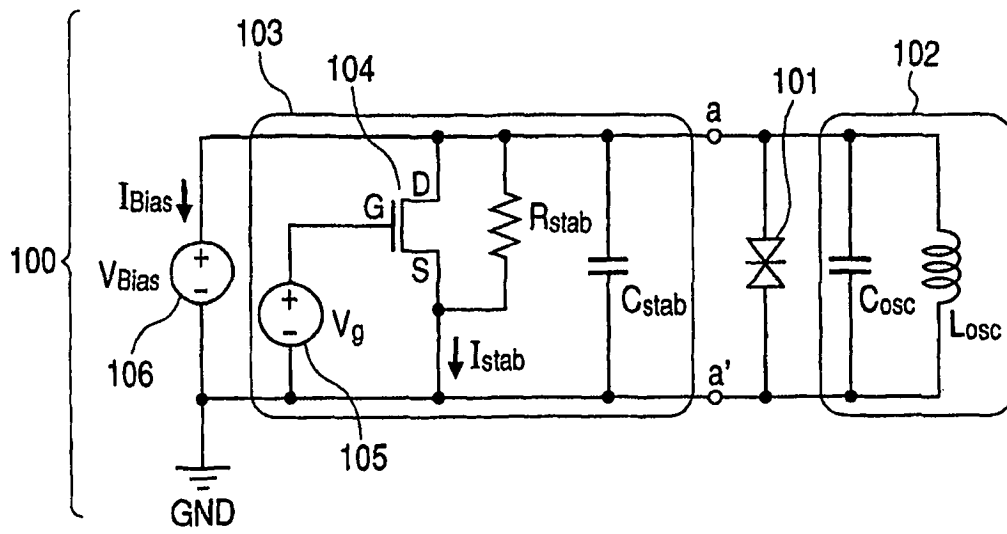


图 1A

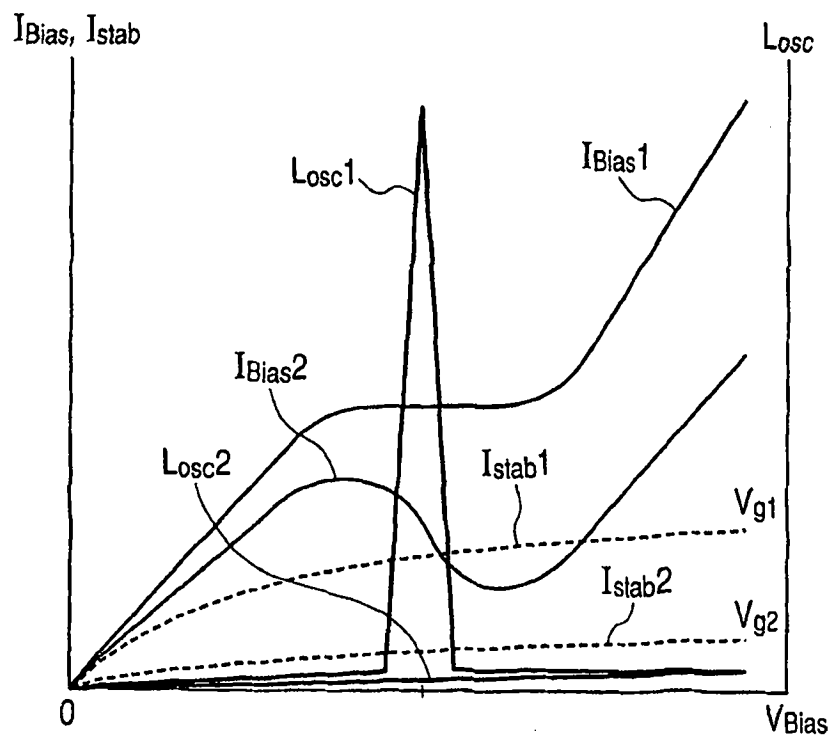


图 1B

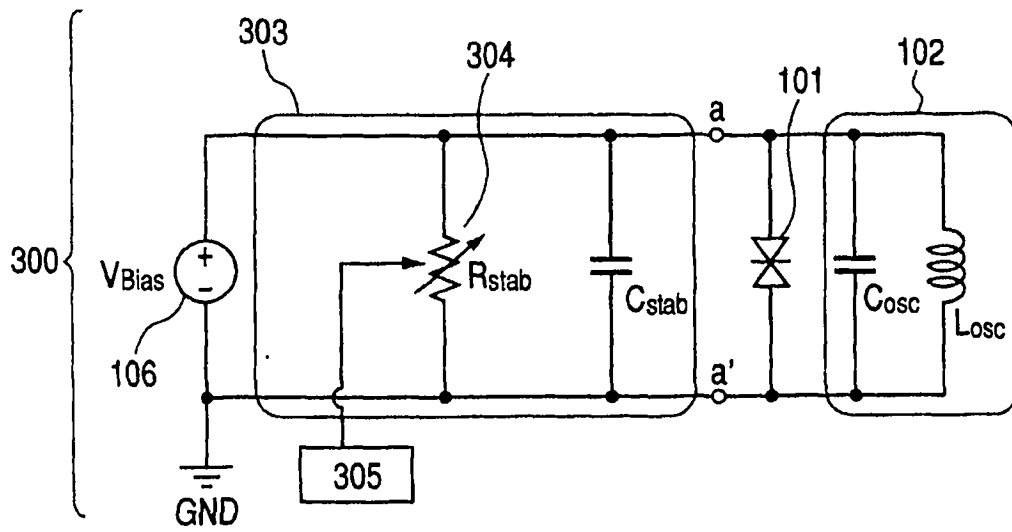


图 2A

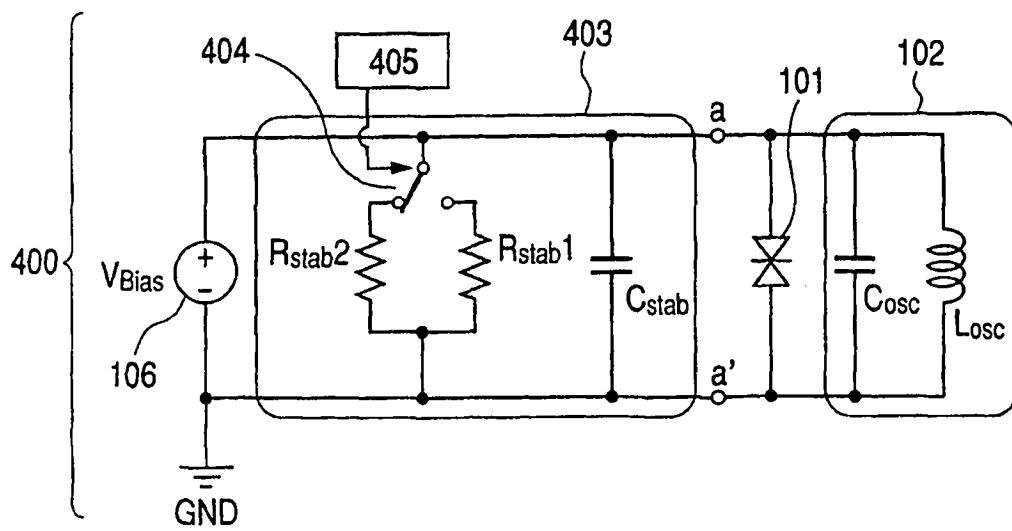


图 2B

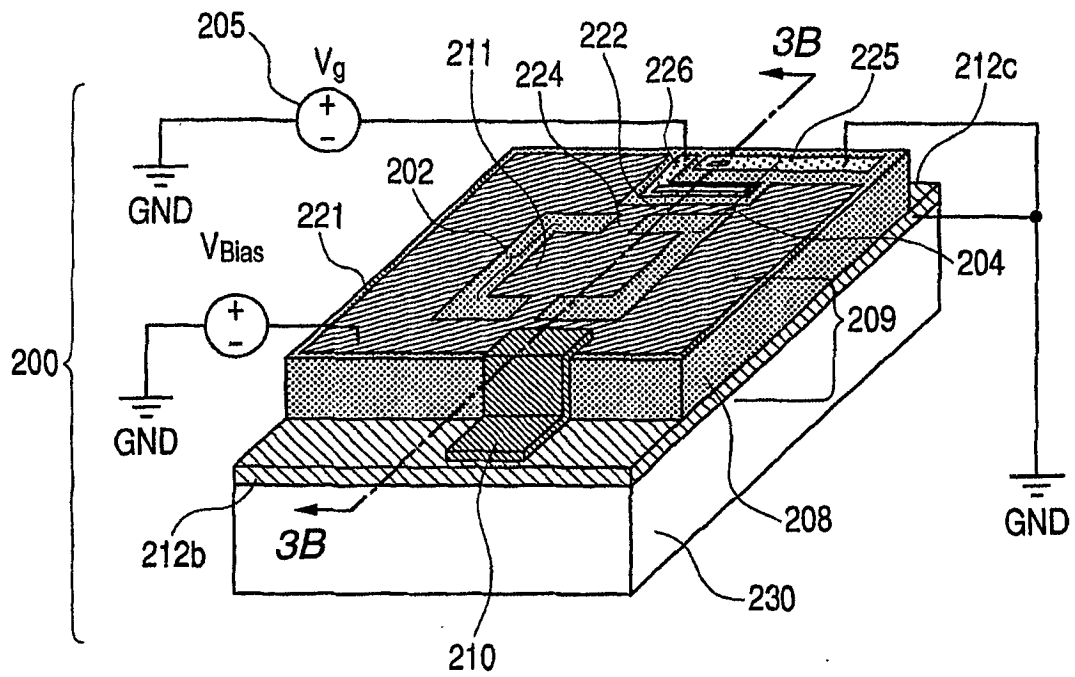


图 3A

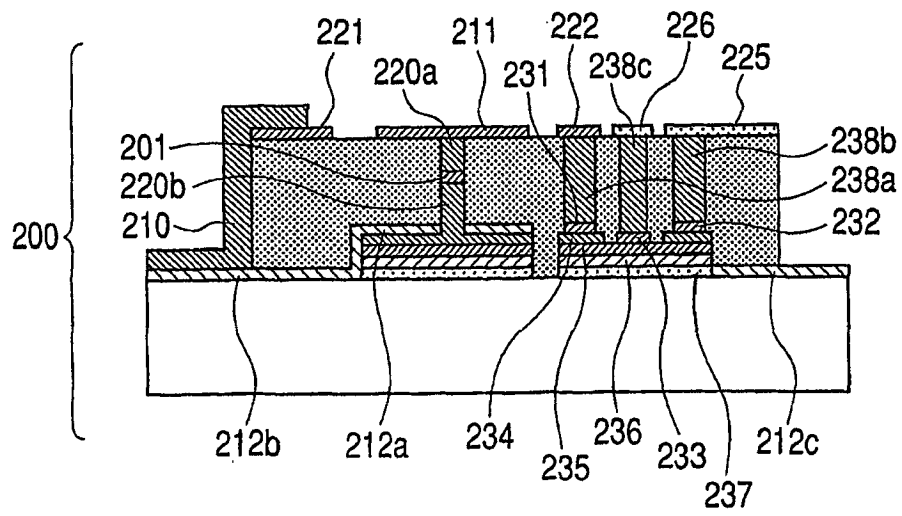


图 3B

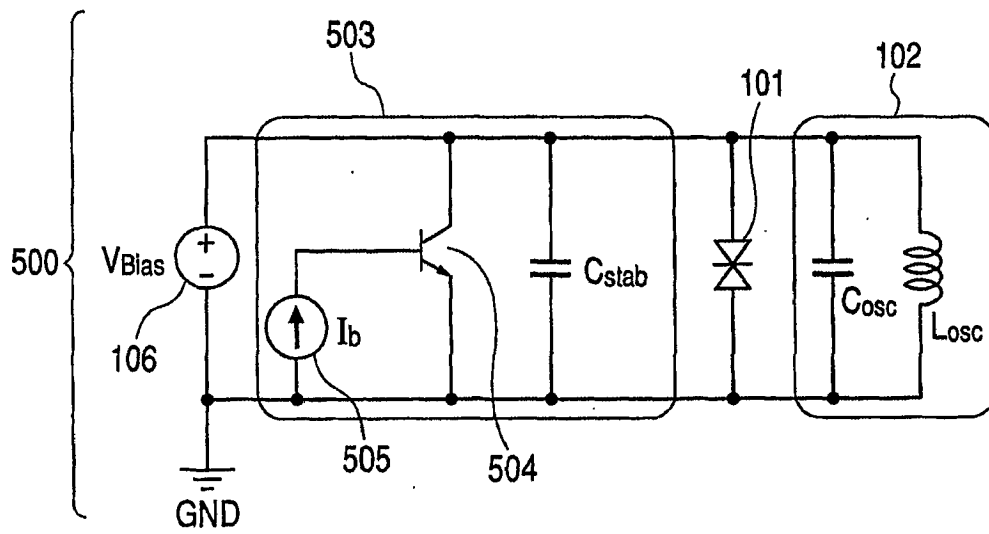


图 4A

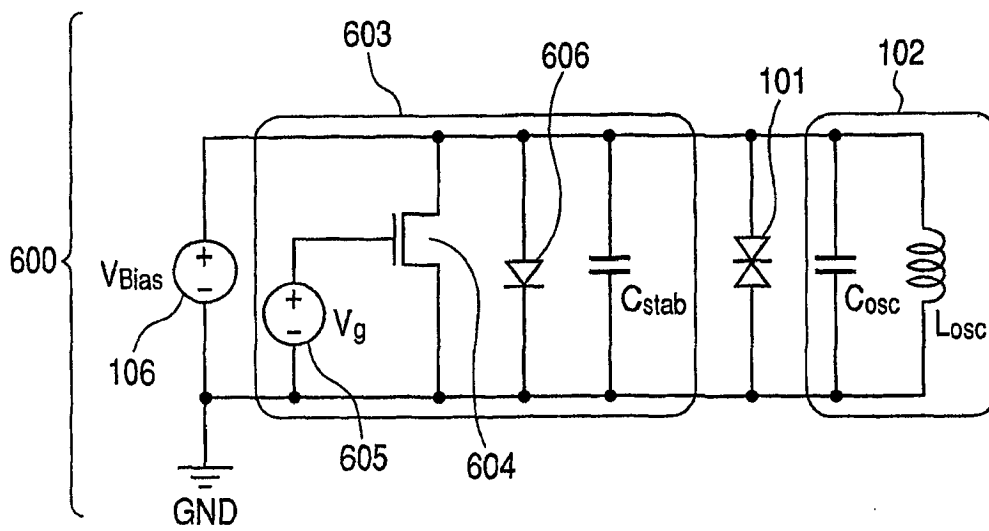


图 4B

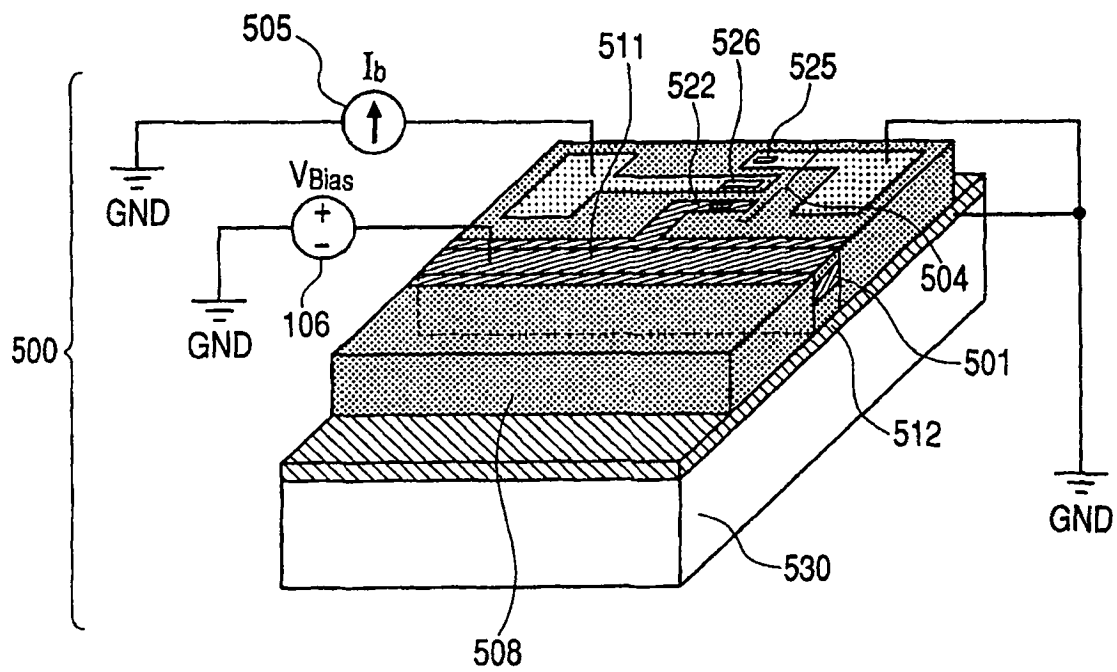


图 5