

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H03F 3/60 (2006.01)

H01L 23/66 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03818587.3

[45] 授权公告日 2009 年 11 月 4 日

[11] 授权公告号 CN 100557957C

[22] 申请日 2003.7.18 [21] 申请号 03818587.3
[30] 优先权

[32] 2002.8.2 [33] US [31] 10/211,825

[86] 国际申请 PCT/US2003/022571 2003.7.18

[87] 国际公布 WO2004/013960 英 2004.2.12

[85] 进入国家阶段日期 2005.2.2

[73] 专利权人 飞思卡尔半导体公司

地址 美国得克萨斯

[72] 发明人 赵雷 安东尼·M·帕维奥

[56] 参考文献

US4446445A 1984.5.1

CN1346538A 2002.4.24

2 - 22 Ghz Low Noise Distributed Amplifier Design. Biran, Y. Electrical and Electronics Engineers in Israel, 1989. The Sixteenth Conference of. 1989

A 0.5 - 12 GHz hybrid matrix distributed amplifier using commercially available FETs. D'AGOSTINO S. ET AL. MICROWAVE SYMPOSIUM DIGEST, 1991., IEEE MTT. S INTERNATIONAL, Vol. 1. 1991

审查员 王阜东

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司

代理人 黄启行 谢丽娜

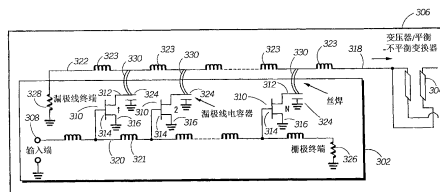
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 4 页

[54] 发明名称

用于分布式功率放大器的混合结构

[57] 摘要

一种低电压分布式功率放大器混合结构 (300)，通过在衬底 (306) 上形成漏极传输线电感器 (323) 而以 IC 形式 (302) 构造放大器的其他部分，提供改善的效率。在 IC 的漏极线电容器 (324) 和衬底的漏极线电感器 (323) 之间形成丝焊互连 (330)，其是电路中较高的阻抗点。因此，丝焊电感成为可忽略的，并且对功率放大器的性能只有极小的影响或没有影响。



300

1. 一种分布式功率放大器结构，其包括：

衬底；

集成电路；

功率放大器电路，包括多个晶体管、多个漏极传输线电感器、以及多个漏极线电容器；

其中：

所述多个晶体管和所述多个漏极线电容器包括在所述集成电路中；

所述多个漏极传输线电感器在所述衬底上串联连接，并且每个漏极传输线电感器连接至多个晶体管之一的漏极；

所述多个漏极线电容器连接到所述多个晶体管，其中每个漏极线电容器连接至多个晶体管之一的漏极；并且

在所述多个传输线电感器和所述多个漏极线电容器之间进行丝焊互连。

2. 如权利要求 1 所述的分布式功率放大器结构，其中：

所述衬底是陶瓷；并且

所述多个晶体管每个都具有漏极、栅极和源极，所述源极接地，所述栅极与一串栅极线传输电感器连接。

3. 如权利要求 2 所述的分布式功率放大器结构，进一步包括：

在所述集成电路上的输入端；和

取自所述漏极传输线电感器的输出端，所述输出端与负载相连接。

4. 如权利要求 2 所述的分布式功率放大器结构，其中，所述功率放大器被用于可软件定义的无线电装置。

5. 如权利要求 2 所述的分布式功率放大器结构，其中，所述功率

放大器被用于蜂窝式手机。

6. 如权利要求 2 所述的分布式功率放大器结构，其中，所述功率放大器被用于无线宽带应用。

7. 如权利要求 3 所述的分布式功率放大器结构，其中，所述负载包括在所述陶瓷衬底上集成的平衡-不平衡变换器/变压器。

8. 如权利要求 2 所述的分布式功率放大器结构，其中，所述晶体管是场效应晶体管。

用于分布式功率放大器的混合结构

技术领域

本发明总的来说涉及功率放大器，更具体地涉及用于分布式功率放大器的混合结构。

背景技术

低电压功率放大器被用于各种应用，举例而言，这些应用包括无线电和蜂窝式手机以及无线宽带应用。术语混合结构典型地是指在与半导体结合的非半导体衬底上形成的无源电路元件。由于其结构的低成本特性，混合结构常常被用于低电压分布式功率放大器（PA）电路的设计中。图 1 显示集成为单个芯片的分布式功率放大器 102 的示意图 100，在陶瓷衬底 106 上，分布式功率放大器 102 与平衡-不平衡变换器/变压器（balun/transformer）104 相连。衬底 106 典型地是使用低温共烧陶瓷技术（LTCC）形成的。分布式功率放大器 102 包括输入端 108、多个晶体管 110（这里示出为场效应晶体管（FET），每个具有漏极 112、栅极 114 和源极 116）、输出端 118。放大器 102 还包括具有栅极线（gateline）电感器 121 的栅极传输线 120、具有漏极线（drainline）电感器 123 与漏极线电容器 124 的漏极传输线 122、终端电阻器 126 和 128。

传统上，分布式功率放大器 102 被制造为栅极传输线 120 和漏极传输线 122 都集成在功率放大器 IC 芯片 102 上。与电路其他部分的连接用功率放大器芯片 102 的输出端 118 处的丝焊（wirebond）130 来实现。对于低电压功率放大器，PA102 的输出端 118 是低阻抗点（3 到 4 欧姆）。因此，由于丝焊 130 的感抗占总负载阻抗的很大比例，丝焊电感显著降低了放大器 102 的性能。

图 2 显示增益 (dB) 202、输出功率 (Pout,dBm) 204 和功率增加效率 (PAE%) 206 与频率 (GHz) 关系的图 200。图 200 基于对五单元 PHEMT (假晶高电子迁移率晶体管)、漏极递减的 (drain-tapered) 分布式放大器的模拟, 所述分布式放大器具有 1 瓦特输出功率, 用丝焊 130 连接 IC102 和 LTCC 衬底 106, 如图 1 所示。功率放大器效率是非常重要的设计参数, 电路设计者不断地寻找提高效率的方法, 这种效率又转化成对于便携式产品的更长的电池寿命。

因此, 期望具有一种功率放大器结构, 其不易受丝焊的影响, 从而对阻抗具有较小的影响, 提供改善的效率。

发明内容

根据本发明的第一方面, 提供一种分布式功率放大器结构, 其包括: 衬底; 集成电路; 功率放大器电路, 包括多个晶体管、多个传输线电感器、以及多个漏极线电容器; 其中: 所述多个晶体管和所述多个漏极线电容器包括在所述集成电路中; 所述多个传输线电感器在所述衬底上; 所述多个漏极线电容器连接到所述多个晶体管; 并且在所述多个传输线电感器和所述多个漏极线电容器之间进行丝焊互连。

根据本发明的第二方面, 提供一种分布式功率放大器结构, 其包括: 陶瓷衬底; 在所述陶瓷衬底上的集成电路; 多个晶体管, 每个具有漏极、栅极和源极, 所述源极接地, 所述栅极与一串栅极线传输电感器连接; 所述晶体管置于所述集成电路上; 一串漏极线传输电感器; 这一串漏极线传输电感器置于所述陶瓷衬底上; 多个漏极线电容器, 其中每一漏极线电容器连接至多个晶体管之一的漏极, 且所述多个漏极线电容器在所述集成电路上; 和多个丝焊互连, 其中每一丝焊互连在多个漏极线传输电感器之一和多个漏极线电容器之一之间。

根据本发明的第三方面, 提供一种分布式功率放大器结构, 其包括: 衬底; 与所述衬底分开的集成电路, 所述集成电路包括分布式功

率放大器电路的第一部分，所述分布式功率放大器电路的第一部分包括晶体管和第一组传输线电感器，所述第一组传输线电感器与所述晶体管相连接；和分布式功率放大器电路的第二部分，包括在所述衬底上的第二组传输线电感器，其中，所述第二组传输线电感器通过丝焊互连与所述集成电路的晶体管相连接。

附图说明

用实例并且不局限于附图而说明了本发明，在附图中相同的标记表示相似的元件，其中：

图 1 是根据现有技术的功率放大器的示意图；

图 2 是根据现有技术的增益、输出功率和功率增加效率与频率关系的图；

图 3 是根据本发明的功率放大器的示意图；

图 4 是根据本发明的增益、输出功率和功率增加效率与频率关系的图。

技术人员将认识到图中的元件仅为简明和清楚而示出，不一定按比例绘制。例如，图中的元件中一些元件的尺寸可能相对于其他元件夸大了，以帮助增加对本发明实施例的理解。

具体实施方式

图 3 显示根据本发明形成的分布式功率放大器 302 的示意图，该功率放大器连接至负载，例如变压器/平衡-不平衡变换器 304。根据本发明，漏极传输线电感器 323 和输出端 318 在陶瓷衬底 306 中构造，放大器 302 的其他部分以 IC 形式构造。因此，功率放大器 302 的 IC 部分包括输入端 308、多个晶体管 310，晶体管在这里示出为 FET，每个具有漏极 312、栅极 314 和源极 316。放大器 302 的 IC 部分还包括栅极传输线 320、栅极传输线电感器 321、漏极线电容器 324 和终端电阻器 326、328。

根据本发明，丝焊互连 330 在漏极线电容器 324 和漏极线电感器

323 之间形成，其是电路中较高的阻抗点。通过将丝焊互连点移至电路中较高的阻抗点，丝焊将不会引入典型地由动态负载错误造成的性能下降。结果，丝焊电感成为可以忽略的，并且对功率放大器的性能只有极小的影响或没有影响。

图 4 是对于根据本发明形成的混合结构获得的增益（dB）、输出功率（ $P_{out,dBm}$ ）和功率增加效率（PAE%）与频率（GHz）关系的图。除了漏极线传输电感器被集成到衬底 306 以及丝焊从 PA 移到电感点，在图 4 的模拟中使用了与图 2 相同的参数。图 4 显示了与图 3 相比功率放大器在整个频带上显著的性能提高。

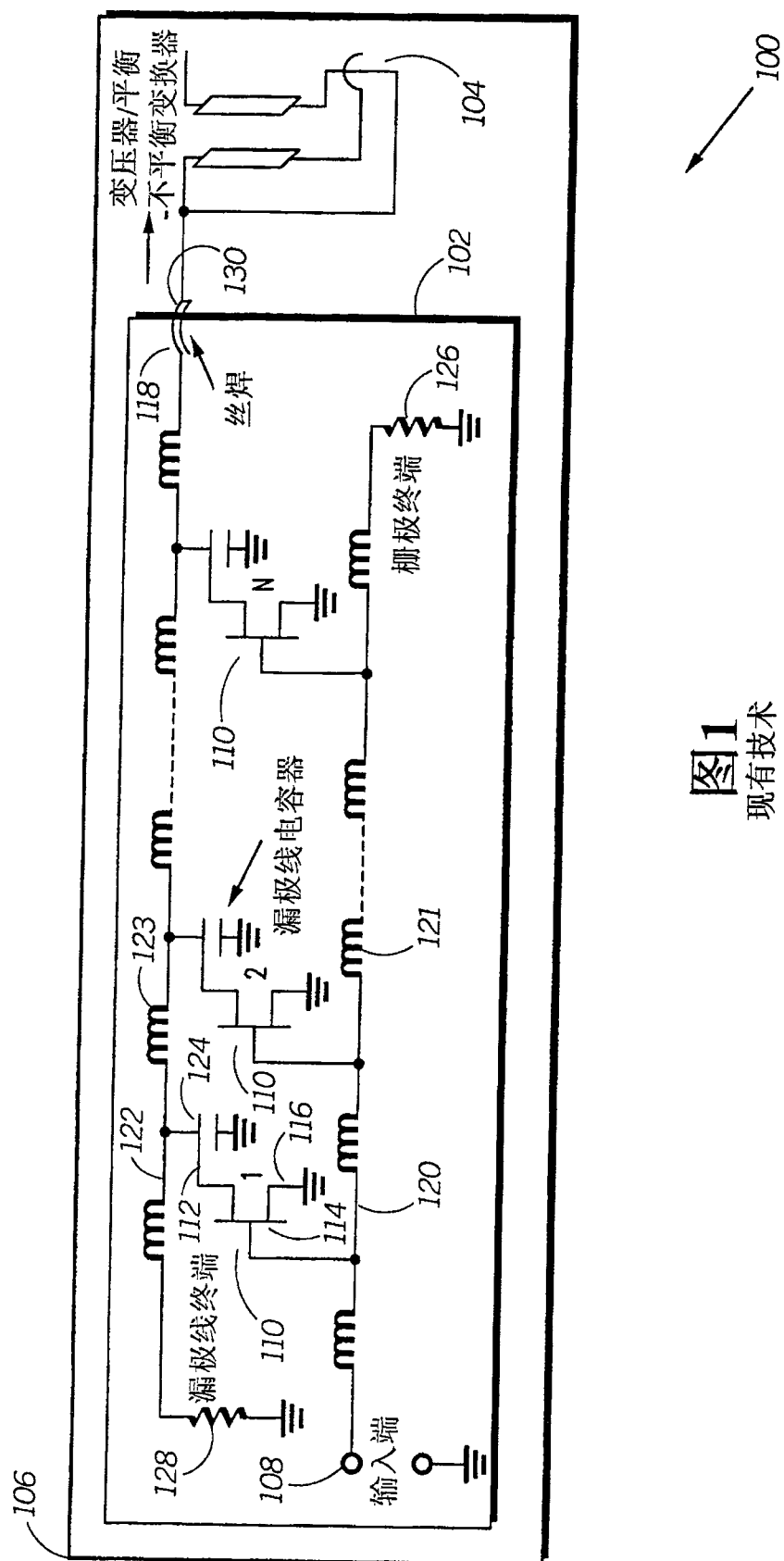
根据本发明形成的低电压功率放大器能够用于各种产品中，包括（但不限于）可软件定义的无线电装置、蜂窝式手机和无线宽带应用。

尽管示出为 FET 配置，本领域的技术人员会认识到功率放大器的混合集成扩展到了各种晶体管类型，包括双极晶体管，其中基极传输线保持为放大器 IC 的一部分，而集电极传输线的电感器被集成到衬底中。尽管该混合结构被描述为优选使用陶瓷衬底，但也可以使用存在于放大器设计中的其他衬底材料，例如在高密度互连（HDI）中使用的有机衬底。

在前面的说明中，参考特定实施例描述了本发明。然而，本领域的技术人员会认识到可以作出各种修改和改变，而不脱离如下面的权利要求中提出的本发明的范围。因此，本说明书和附图应被认为是示例性的，而不是限制性的，而且所有这种修改都应包括在本发明的范围内。

上面根据特定的实施例描述了益处、其他优点和问题的解决方案。然而，益处、优点或问题的解决方案，以及可能产生任何益处、优点或方案或使其更加显著的任何元素都不能解释为任何或全部权利要求

的关键、必须或本质的特征或元素。如这里所用的，术语“包括”、“包含”或其任何变体都覆盖非排他性的包括，从而包括一系列元素的过程、方法、物品或装置不仅包括这些元素，还可以包括未明确列出的或该过程、方法、物品或装置所固有的其他元素。



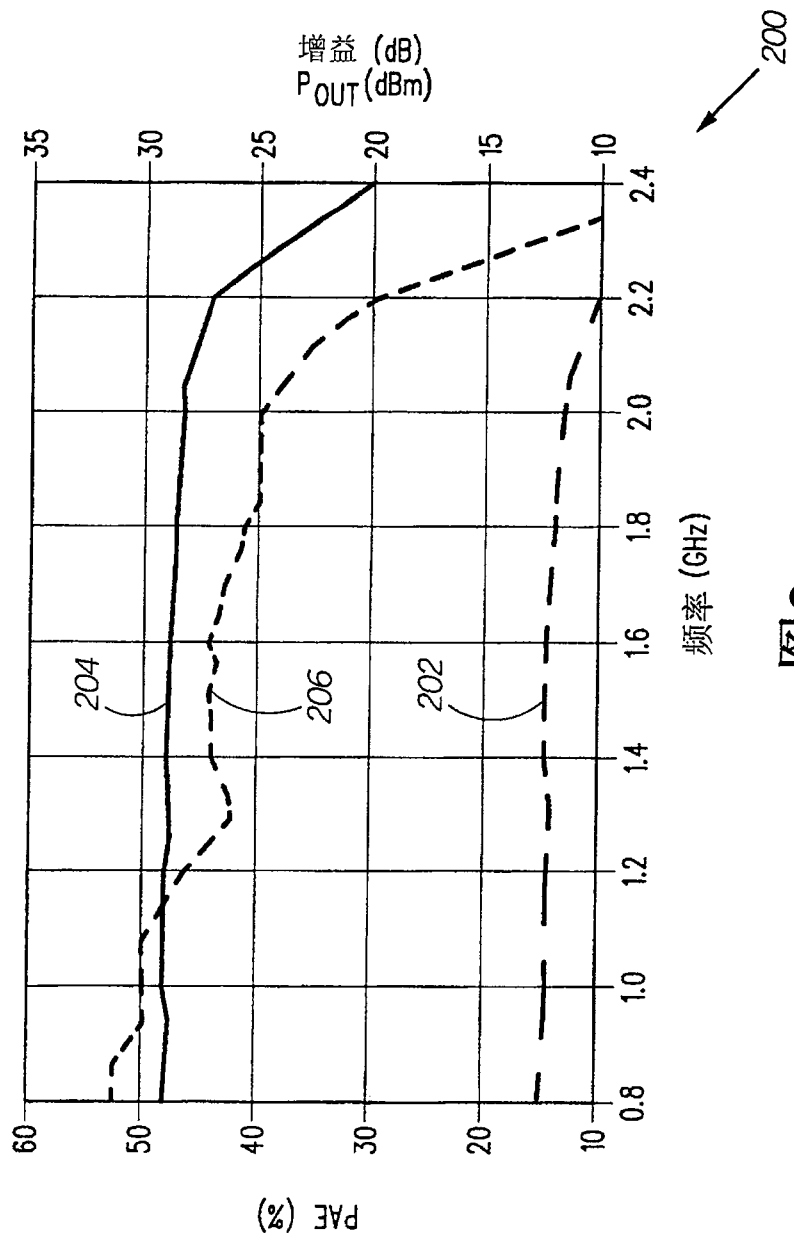


图2

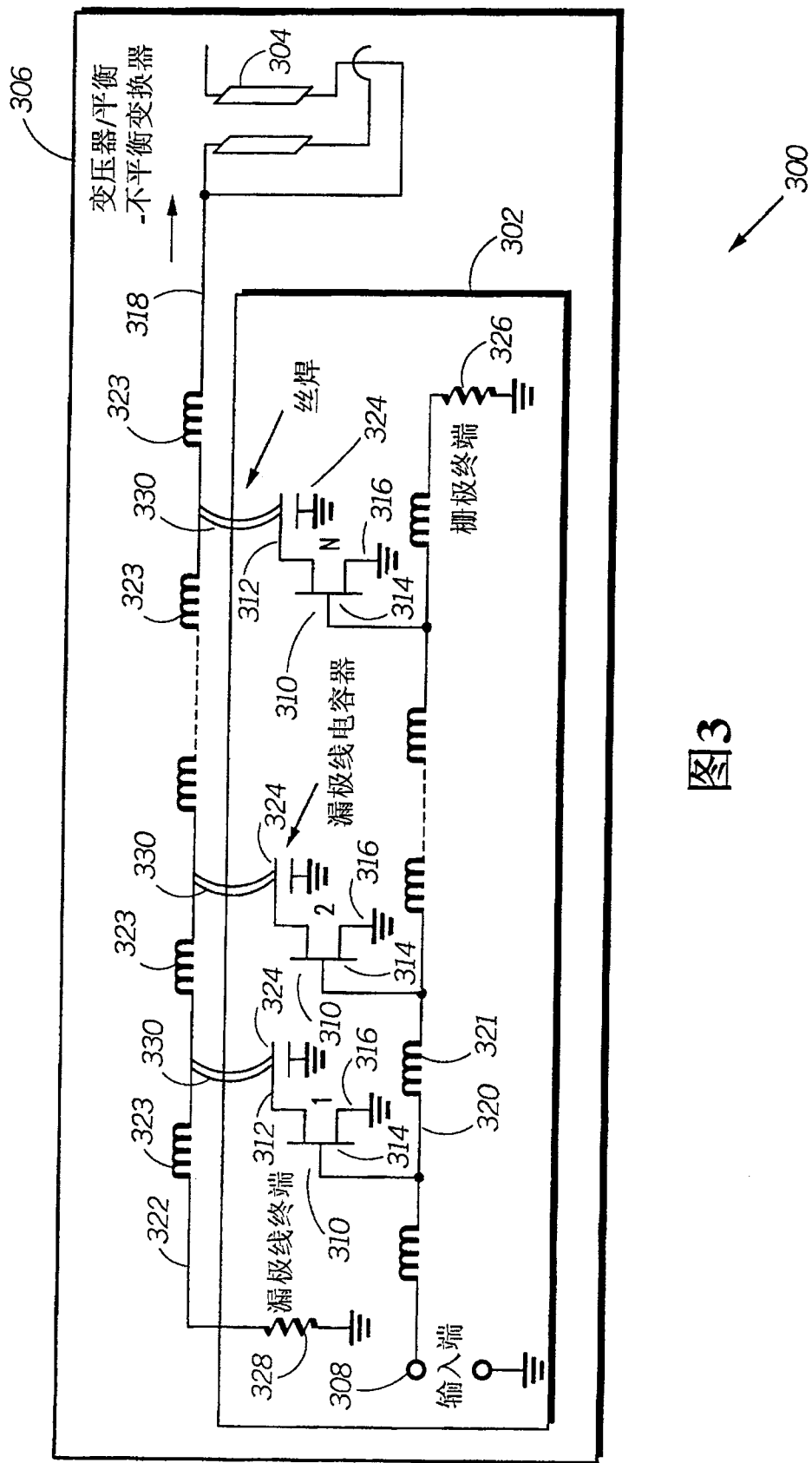


图3

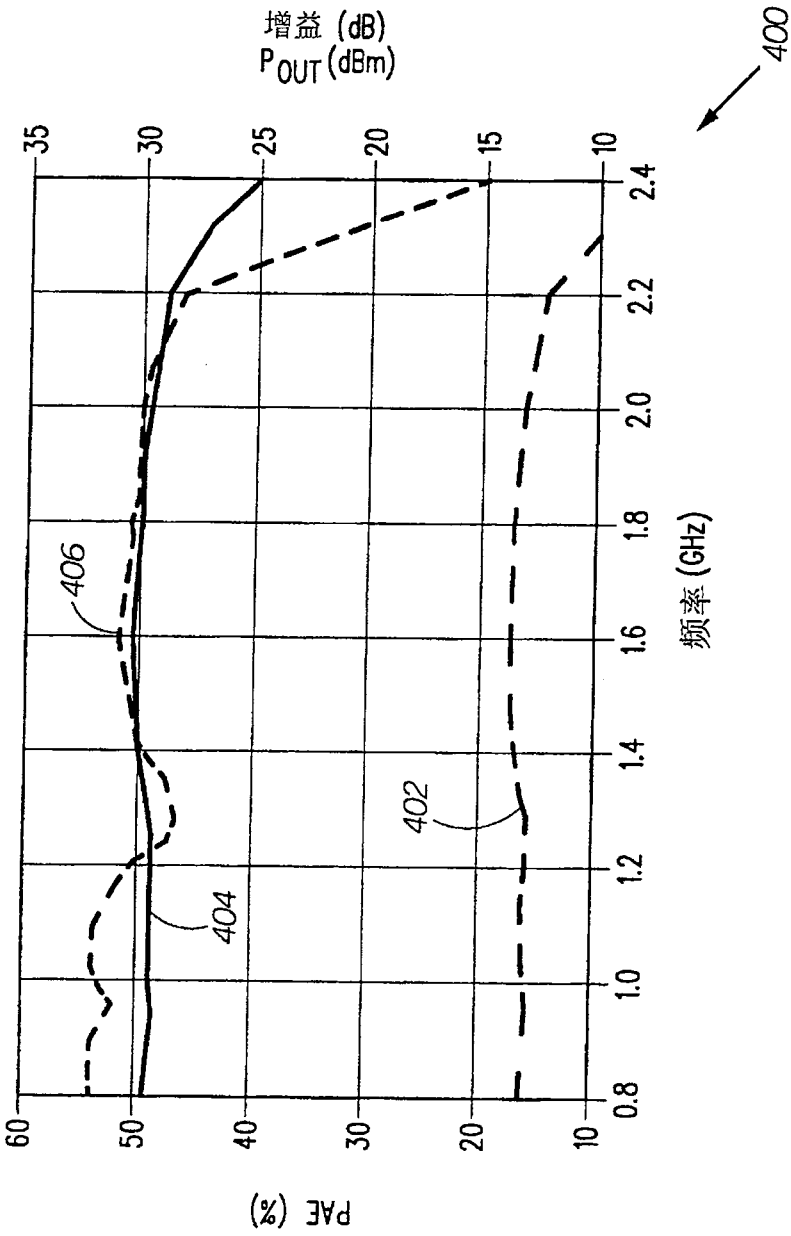


图4