



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 112242603 A

(43)申请公布日 2021.01.19

(21)申请号 202010685214.2

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2020.07.16

H01Q 1/24(2006.01)

(30)优先权数据

H01Q 1/50(2006.01)

62/874,525 2019.07.16 US

H01Q 5/28(2015.01)

62/883,279 2019.08.06 US

H01Q 21/00(2006.01)

62/944,095 2019.12.05 US

H04B 7/0426(2017.01)

(71)申请人 康普技术有限责任公司

地址 美国北卡罗来纳州

(72)发明人 侯晓华 唐诚成 艾向阳

P·J·必思鲁勒斯

M·V·瓦奴斯法德拉尼

(74)专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所

有限公司 11038

代理人 於若珉

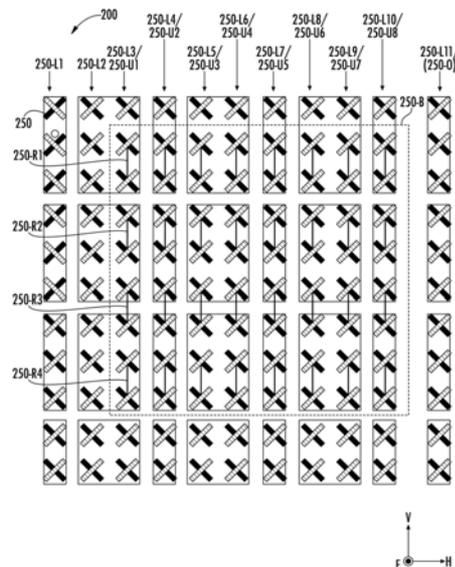
权利要求书3页 说明书18页 附图19页

(54)发明名称

具有多频带波束形成器阵列的基站天线和相关操作方法

(57)摘要

本公开提供了具有多频带波束形成器阵列的基站天线和相关操作方法。本文提供了基站天线。基站天线包括具有辐射元件的多个垂直列的多频带波束形成器阵列。在一些实施例中，垂直列中的至少两个被共同地馈送用于多频带波束形成器阵列的第一频带，该第一频带比多频带波束形成器阵列的第二频带低。还提供了相关的操作的方法。



1. 一种基站天线,所述基站天线包括:
多个第一频带端口;
多个第二频带端口,所述第一频带低于所述第二频带;以及
多频带波束形成器阵列,所述多频带波束形成器阵列具有辐射元件的多个垂直列,其中,所述多个垂直列中的至少两个垂直列由所述第一频带端口中的第一第一频带端口共同地馈送。
2. 根据权利要求1所述的基站天线,
其中,对于所述第一频带,所述辐射元件的多个垂直列中的所有垂直列被用于波束形成,以及
其中,对于所述第二频带,所述辐射元件的多个垂直列中的大多数垂直列被用于波束形成,以及所述辐射元件的多个垂直列中的至少一个垂直列不被用于波束形成。
3. 根据权利要求2所述的基站天线,其中,所述辐射元件的多个垂直列包括:
第一垂直列、第二垂直列、第三垂直列和第四垂直列,所述第一垂直列、所述第二垂直列、所述第三垂直列和所述第四垂直列各自被配置为在所述第一频带和所述第二频带二者中传输射频(“RF”)信号;以及
第五垂直列,所述第五垂直列被配置为在所述第一频带中而不在所述第二频带中传输RF信号。
4. 根据权利要求3所述的基站天线,其中,对于所述第一频带,所述第二垂直列和所述第三垂直列被共同地馈送。
5. 根据权利要求3所述的基站天线,其中,所述第一垂直列至所述第五垂直列是五个连续的垂直列。
6. 根据权利要求5所述的基站天线,
其中,所述第二垂直列的辐射元件的中心点与所述第三垂直列的对应辐射元件的中心点间隔开第一距离,以及
其中,所述第五垂直列的辐射元件的中心点与所述第四垂直列的对应辐射元件的中心点间隔开第二距离,所述第二距离在所述第一距离的1.3倍和1.7倍之间。
7. 根据权利要求6所述的基站天线,
其中,所述第一距离等于所述第二频带的波长的约一半,以及
其中,所述第二距离等于所述第一频带的波长的约一半。
8. 根据权利要求2所述的基站天线,其中,所述辐射元件的多个垂直列包括十一个垂直列,所述十一个垂直列包括:
八个连续的垂直列,所述八个连续的垂直列各自被配置为在所述第一频带和所述第二频带二者中传输射频(“RF”)信号;以及
三个垂直列,所述三个垂直列被配置为在所述第一频带中而不在所述第二频带中传输RF信号。
9. 根据权利要求8所述的基站天线,
其中,对于所述第一频带,所述十一个垂直列中的五个垂直列被单独地馈送,以及
其中,对于所述第一频带,所述十一个垂直列中的第一对垂直列被共同地馈送,对于所述第一频带,所述十一个垂直列中的第二对垂直列被共同地馈送,以及对于所述第一频带,

所述十一个垂直列中的第三对垂直列被共同地馈送。

10. 根据权利要求9所述的基站天线,

其中,五个被单独地馈送的垂直列中的第一垂直列在所述第一对垂直列和所述第二对垂直列之间,以及

其中,五个被单独地馈送的垂直列中的第二垂直列在所述第二对垂直列和所述第三对垂直列之间。

11. 根据权利要求8所述的基站天线,其中,所述十一个垂直列中的最外侧一个垂直列是所述三个垂直列中的一个垂直列并且具有辐射元件,所述辐射元件具有与所述十一个垂直列中的最近的相邻一个垂直列的对应辐射元件的中心点间隔第二距离的中心点,所述第二距离在所述十一个垂直列中的其它垂直列的辐射元件的中心点之间的第一距离的1.3倍和1.7倍之间。

12. 根据权利要求1所述的基站天线,其中,所述多个垂直列中的至少一个垂直列由所述第一频带端口中的第二第一频带端口单独地馈送。

13. 根据权利要求12所述的基站天线,其中,所述多个垂直列中的至少一个垂直列不由所述第二频带端口中的任何第二频带端口馈送。

14. 根据权利要求13所述的基站天线,其中,所述多个垂直列中的由所述第二频带端口中的相应一个第二频带端口馈送的每个垂直列由所述相应一个第二频带端口单独地馈送。

15. 根据权利要求1所述的基站天线,

其中,所述辐射元件包括被配置为在所述第一频带处操作的第一辐射元件以及被配置为在所述第二频带处操作的第二辐射元件,

其中,所述第二辐射元件中的每个第二辐射元件在所述第一辐射元件中的相应一个第一辐射元件的多个段之间,以及

其中,所述多个垂直列中的至少一个垂直列被配置为仅在所述第一频带处操作,并且不包括所述第二辐射元件中的任何第二辐射元件。

16. 根据权利要求15所述的基站天线,

其中,所述第一辐射元件分别包括盒式偶极子元件,以及

其中,所述盒式偶极子元件限定在所述多个垂直列中的连续垂直列中的相对于彼此的锐角。

17. 一种基站天线,所述基站天线包括都在同一波束形成器阵列中的辐射元件的多个垂直列,其中,所述辐射元件的多个垂直列中的最外侧一个垂直列具有辐射元件,所述辐射元件具有与所述辐射元件的多个垂直列中的最近的相邻一个垂直列的对应辐射元件的中心点间隔第二距离的中心点,所述第二距离在所述辐射元件的多个垂直列中的其它垂直列的辐射元件的中心点之间的第一距离的1.3倍和1.7倍之间。

18. 根据权利要求17所述的基站天线,

其中,所述基站天线被配置为共享所述辐射元件的多个垂直列用于在第一频带和第二频带处的波束形成,以及

其中,所述第二频带的中心频率与所述第一频带的中心频率的比率在1.3和1.7之间。

19. 一种操作基站天线的方法,所述方法包括共享辐射元件的多个垂直列用于在第一频带和第二频带处的波束形成,其中,所述第二频带的中心频率与所述第一频带的中心频

率的比率在1.3和1.7之间，

其中，所述共享包括：

使用所述辐射元件的多个垂直列中的所有垂直列用于在所述第一频带处的波束形成；
以及

使用所述辐射元件的多个垂直列中的大多数垂直列，而禁止使用所述辐射元件的多个垂直列中的至少一个垂直列，用于在所述第二频带处的波束形成。

20. 根据权利要求19所述的方法，

其中，所述辐射元件的多个垂直列包括在所述第一频带处由同一无线电端口馈送的两个垂直列，以及

其中，在所述第二频带处，所述辐射元件的所述两个垂直列分别由每极化两个不同的无线电端口馈送。

具有多频带波束形成器阵列的基站天线和相关操作方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2019年7月16日提交的美国临时专利申请No.62/874,525、于2019年8月6日提交的美国临时专利申请No.62/883,279以及于2019年12月5日提交的美国临时专利申请No.62/944,095的优先权,这些申请中的每个的全部内容通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本公开涉及通信系统,并且具体而言,涉及基站天线。

背景技术

[0004] 用于无线通信系统的基站天线被用于向蜂窝通信服务的固定用户和移动用户发送射频(“RF”)信号和从蜂窝通信服务的固定用户和移动用户接收RF信号。基站天线通常包括诸如交叉偶极子或贴片辐射元件之类的辐射元件的线性阵列或二维阵列。

[0005] 在国际公开No.WO 2017/165512和美国专利申请No.15/921,694中讨论了示例基站天线,这些公开和申请的公开内容通过引用整体并入本文。包括紧密间隔的许多辐射元件的基站天线可以呈现出天线的性能折衷。例如,尽管可能可期望基站天线在多个频带中操作,但是天线中的用于提供多频带性能的附加辐射元件的空间可能被限制。

发明内容

[0006] 根据本文的一些实施例,基站天线可以包括多个第一频带端口以及多个第二频带端口。第一频带可以低于第二频带。此外,基站天线可以包括多频带波束形成器阵列,该多频带波束形成器阵列具有辐射元件的多个垂直列,该多个垂直列中的至少两个垂直列由第一频带端口中的第一第一频带端口共同地馈送。

[0007] 在一些实施例中,对于第一频带,辐射元件的多个垂直列中的所有垂直列可以被用于波束形成。对于第二频带,辐射元件的多个垂直列中的大多数垂直列可以被用于波束形成,并且辐射元件的多个垂直列中的至少一个垂直列可以不被用于波束形成。

[0008] 根据一些实施例,辐射元件的多个垂直列可以包括:第一垂直列、第二垂直列、第三垂直列和第四垂直列,该第一垂直列、第二垂直列、第三垂直列和第四垂直列各自被配置为在第一频带和第二频带二者中传输RF信号;以及第五垂直列,该第五垂直列被配置为在第一频带中而不在第二频带中传输RF信号。对于第一频带,第二垂直列和第三垂直列可以被共同地馈送。此外,第一垂直列至第五垂直列可以是五个连续的垂直列。

[0009] 在一些实施例中,第二垂直列的辐射元件的中心点可以与第三垂直列的对应辐射元件的中心点间隔开第一距离。第五垂直列的辐射元件的中心点可以与第四垂直列的对应辐射元件的中心点间隔开第二距离,该第二距离在第一距离的1.3倍和1.7倍之间。此外,第一距离可以等于第二频带的波长的约一半,以及第二距离可以等于第一频带的波长的约一半。

[0010] 根据一些实施例,辐射元件的多个垂直列可以包括十一个垂直列,该十一个垂直

列包括：八个连续的垂直列，该八个连续的垂直列各自被配置为在第一频带和第二频带二者中传输RF信号；以及三个垂直列，该三个垂直列被配置为在第一频带中而不在第二频带中传输RF信号。对于第一频带，十一个垂直列中的五个垂直列可以被单独地馈送，对于第一频带，十一个垂直列中的第一对垂直列可以被共同地馈送，对于第一频带，十一个垂直列中的第二对垂直列可以被共同地馈送，以及对于第一频带，十一个垂直列中的第三对垂直列可以被共同地馈送。五个被单独地馈送的垂直列中的第一垂直列可以在第一对垂直列和第二对垂直列之间，以及五个被单独地馈送的垂直列中的第二垂直列可以在第二对垂直列和第三对垂直列之间。此外，十一个垂直列中的最外侧一个垂直列可以是三个垂直列中的一个垂直列并且可以具有辐射元件，该辐射元件具有与十一个垂直列中的最近的相邻一个垂直列的对应辐射元件的中心点间隔第二距离的中心点，该第二距离在十一个垂直列中的其它垂直列的辐射元件的中心点之间的第一距离的1.3倍和1.7倍之间。

[0011] 在一些实施例中，多个垂直列中的至少一个垂直列可以由第一频带端口中的第二第一频带端口单独地馈送。多个垂直列中的至少一个垂直列可以不由第二频带端口中的任何第二频带端口馈送。此外，多个垂直列中的由第二频带端口中的相应一个第二频带端口馈送的每个垂直列可以由相应一个第二频带端口单独地馈送。

[0012] 根据一些实施例，辐射元件可以包括被配置为在第一频带处操作的第一辐射元件以及被配置为在第二频带处操作的第二辐射元件。第二辐射元件中的每个第二辐射元件可以在第一辐射元件的相应一个第一辐射元件的多个段之间。多个垂直列中的至少一个垂直列被配置为仅在第一频带处操作，并且不包括第二辐射元件中的任何第二辐射元件。此外，第一辐射元件可以分别是盒式偶极子元件，并且盒式偶极子元件可以限定在多个垂直列中的连续垂直列中相对于彼此的锐角。

[0013] 根据本文中的一些实施例，基站天线可以包括三个RF端口，该三个RF端口被配置为生成具有第一方位角半功率波束宽度(“HPBW”)的三个相应的波束生成信号。基站天线可以包括第四RF端口，该第四RF端口被配置为生成具有比第一HPBW窄的第二方位角HPBW的波束生成信号。第四RF端口和三个RF端口可以都是同一波束形成器阵列的部分并且可以被配置为在同一频带中操作。基站天线可以包括分别被电连接到三个RF端口的辐射元件的三个垂直列。此外，基站天线可以包括被电连接到第四RF端口的辐射元件的第四垂直列。

[0014] 在一些实施例中，第四垂直列可以在三个垂直列中的两个垂直列之间。此外，第四垂直列可以是包括辐射元件的被共同地馈送的垂直列对的组合列。

[0015] 根据本文中的一些实施例，基站天线可以包括波束形成阵列，该波束形成阵列具有在波束形成阵列的第一频带处由同一无线电端口馈送的辐射元件的两个垂直列，第一频带比波束形成阵列的第二频带低。

[0016] 在一些实施例中，在第二频带处，辐射元件的两个垂直列可以分别由每极化两个不同的无线电端口馈送。此外，基站天线可以包括辐射元件的另一垂直列，该辐射元件的另一垂直列在第一频带中由每极化第一单个无线电端口馈送，以及在第二频带处由每极化第二单个无线电端口馈送。

[0017] 根据本文中的一些实施例，基站天线可以包括都在同一波束形成器阵列中的辐射元件的多个垂直列。辐射元件的多个垂直列中的最外侧一个垂直列可以具有辐射元件，该辐射元件具有与辐射元件的多个垂直列中的最近的相邻一个垂直列的对应辐射元件的中

心点间隔开第二距离的中心点,该第二距离在辐射元件的多个垂直列中的其它垂直列的辐射元件的中心点之间的第一距离的1.3倍和1.7倍之间。

[0018] 在一些实施例中,基站天线可以被配置为共享辐射元件的多个垂直列用于在第一频带和第二频带处的波束形成。此外,第二频带的中心频率与第一频带的中心频率的比率可以在1.3和1.7之间。

[0019] 根据本文中的一些实施例,操作基站天线的方法可以包括共享辐射元件的多个垂直列用于在第一频带和第二频带处的波束形成。第二频带的中心频率与第一频带的中心频率的比率可以在1.3和1.7之间。此外,共享可以包括:使用辐射元件的多个垂直列中的所有垂直列用于在第一频带处的波束形成;以及使用辐射元件的多个垂直列中的大多数垂直列,而禁止使用辐射元件的多个垂直列中的至少一个垂直列,用于在第二频带处的波束形成。

[0020] 在一些实施例中,辐射元件的多个垂直列中的至少一个垂直列可以包括辐射元件的多个垂直列中的最外侧一个垂直列。此外,辐射元件的多个垂直列中的最外侧一个垂直列可以具有辐射元件,该辐射元件具有与辐射元件的多个垂直列中的最近的相邻一个垂直列的对应辐射元件的中心点间隔开第二距离的中心点,该第二距离在辐射元件的多个垂直列中的其它垂直列的辐射元件的中心点之间的第一距离的1.3倍和1.7倍之间。

[0021] 根据一些实施例,辐射元件的多个垂直列可以包括在第一频带处由同一无线电端口馈送的两个垂直列。此外,在第二频带处,辐射元件的两个垂直列可以分别由每极化两个不同的无线电端口馈送。

[0022] 在一些实施例中,辐射元件的多个垂直列可以包括:第一垂直列、第二垂直列、第三垂直列和第四垂直列,该第一垂直列、第二垂直列、第三垂直列和第四垂直列在第一频带和第二频带二者中传输RF信号;以及第五垂直列,该第五垂直列在第一频带中而不在第二频带中传输RF信号。此外,对于第一频带,第二垂直列和第三垂直列可以被共同地馈送。

[0023] 根据本文中的一些实施例,基站天线可以包括辐射元件的子阵列的多个垂直堆叠。垂直堆叠中的第一垂直堆叠可以包括:宽频带辐射元件,该宽频带辐射元件被配置为在较低频带和较高频带二者中传输;以及低频带辐射元件,该低频带辐射元件被配置为仅在较低频带中传输。垂直堆叠中的第二垂直堆叠可以被配置为仅在较低频带中传输。此外,每个子阵列可以被耦合到每极化一个较低频带输入端口。

[0024] 在一些实施例中,垂直堆叠中的每个垂直堆叠可以包括辐射元件的四个子阵列。

[0025] 根据一些实施例,垂直堆叠中的第一垂直堆叠和第二垂直堆叠可以各自具有辐射元件的单个垂直列。垂直堆叠中的第三垂直堆叠可以具有对于较低频带被共同地馈送的辐射元件的两个被共同地馈送的垂直列。

[0026] 在一些实施例中,垂直堆叠中的第一垂直堆叠的单个垂直列可以包括被耦合到每极化一个较高频带输入端口的宽频带辐射元件的组合行。组合行可以包括垂直堆叠中的第一垂直堆叠的第一子阵列的第一宽频带辐射元件以及垂直堆叠中的第一垂直堆叠的第二子阵列的第二宽频带辐射元件。此外,组合行可以是垂直堆叠中的第一垂直堆叠的单个垂直列中的多个组合行其中的一个组合行。

[0027] 根据一些实施例,辐射元件的底部行可以具有底部子阵列中的低频带辐射元件,该底部子阵列具有比垂直重叠底部子阵列的对应子阵列更少的辐射元件。可替换地,辐射

元件的顶部行可以具有顶部子阵列中的低频带辐射元件,该顶部子阵列具有比被顶部子阵列垂直重叠的对应子阵列更少的辐射元件。

[0028] 在一些实施例中,垂直堆叠中的第三垂直堆叠可以包括相对于两个被共同地馈送的垂直列水平居中的辐射元件的第三垂直列。第三垂直列可以包括:第一子阵列,该第一子阵列相对于两个被共同地馈送的垂直列水平居中;以及辐射元件,该辐射元件在两个被共同地馈送的垂直列的第二子阵列中水平居中。此外,垂直堆叠中的第三垂直堆叠还可以包括第三子阵列,该第三子阵列在第一子阵列和第二子阵列之间,并且包括比第一子阵列和第二子阵列中的任一个更多的辐射元件。

[0029] 根据一些实施例,垂直堆叠中的第二垂直堆叠可以具有比垂直堆叠中的第一垂直堆叠少的每垂直列辐射元件。此外,垂直堆叠中的第二垂直堆叠中的辐射元件可以具有比垂直堆叠中的第一垂直堆叠中的辐射元件更大的垂直间隔。

[0030] 在一些实施例中,垂直堆叠中的第一垂直堆叠的顶部(底部)子阵列可以具有在多个垂直列中的多个宽频带辐射元件以及相对于多个垂直列水平偏移的单个低频带辐射元件。此外,对于较低频带,多个垂直列和单个低频带辐射元件可以被共同地馈送。

[0031] 根据一些实施例,子阵列可以在不同的相应馈送板上。此外,垂直堆叠中的第二垂直堆叠中的子阵列可以被耦合到每极化仅一个功率分配器。

附图说明

[0032] 图1是根据本发明构思的实施例的基站天线的前透视视图。

[0033] 图2A和图2B是图1的基站天线的去除了天线罩的示例示意性前视图。

[0034] 图2C和图2D分别是图2A和图2B的天线组件的部分的详细示意性前视图。

[0035] 图2E是图2B的辐射元件的示意性剖面视图。

[0036] 图2F是图2B的电连接到较低频带天线端口的垂直列的示意性框图。

[0037] 图2G是图2B的电连接到较低频带天线端口和较高频带天线端口的垂直列的示意性框图。

[0038] 图2H是图2B的被共同地馈送的垂直列的示意性框图。

[0039] 图2I是图2F-图2H的电连接到无线电机的端口的端口的示意性框图。

[0040] 图3A和图3B是图示了根据本发明构思的实施例的基站天线的操作的流程图。

[0041] 图4A和图4B是根据本发明构思的实施例的较窄频带辐射元件的行的示例示意性前视图。

[0042] 图5A-图5D是图1的基站天线的去除了天线罩的示例示意性前视图。

[0043] 图5E是被连接到组合行的多个辐射元件的端口的示意性框图。

[0044] 图5F是图1的基站天线的去除了天线罩的示例示意性前视图。

[0045] 图5G是被连接到子阵列的多个辐射元件的端口的示意性框图。

[0046] 图6是根据本发明构思的实施例的频率相关功率分配器的示意性框图。

具体实施方式

[0047] 依据本发明构思的实施例,提供了用于无线通信网络的基站天线。在无线通信中,可能可期望的是使用具有波束形成阵列的基站天线,该波束形成阵列具有多个垂直列的辐

射元件。波束形成阵列可以主动改变由阵列生成的天线波束的尺寸和/或指向方向,这可以提供增加的天线增益和减小的干扰。

[0048] 然而,因为波束形成阵列包括辐射元件的多个垂直列(通常,四列或八列),因此它们占据了天线中的大量空间。作为结果,大多数基站天线仅具有用于一个或最多两个波束形成阵列的空间。为了实现在多个不同的蜂窝频带中的波束形成,已部署了使用所谓的“宽频带”辐射元件的波束形成阵列,这些“宽频带”辐射元件可以被用于在多个不同的蜂窝频带中发送和接收RF信号。然而,如以下更详细解释的,这样的设计导致性能折衷,因为对于第一频带中的波束形成而言理想的列之间的间隔将小于对于其它频带中的波束形成而言理想的列之间的间隔。尽管可以通过为每个频带提供不同的波束形成阵列来避免这些性能限制,但是空间限制通常妨碍了这样的方法。

[0049] 相应地,本发明构思的各种实施例提供了具有多频带波束形成器阵列的基站天线,该多频带波束形成器阵列在不同的频带中重复使用辐射元件的一些垂直列。例如,多频带波束形成器阵列可以使用所有垂直列用于在较低频带处的波束形成,以及可以重复使用垂直列中的一些垂直列而非所有垂直列用于较高频带处的波束形成。通过重复使用(即“共享”)垂直列,多频带波束形成器阵列可以减小基站天线的尺寸,或者为在其它频带中操作的辐射元件提供反射器空间。

[0050] 此外,对于波束形成,可能可期望的是具有约一半波长的在垂直列之间的间隔。在多频带波束形成器阵列中,因而可能可期望的是对于不同的频带具有不同的间隔(因为半波长将必然地对应于在各个不同频率处的不同间隔)。通过共同地馈送垂直列中的在频带之一处的一些垂直列,连同对于与频带的中心频率的比率对应的最外侧垂直列使用扩展的间隔一起,本发明构思可以在使用共享垂直列的同时有利地提供用于不同频带的各自接近所期望的间隔的不同的物理间隔。

[0051] 将参照附图更详细地描述本发明构思的示例实施例。

[0052] 图1是根据本发明构思的实施例的基站天线100的前透视视图。如图1中所示,基站天线100为伸长结构并且具有大体上矩形的形状。基站天线100包括天线罩110。在一些实施例中,基站天线100还包括顶端盖120和/或底端盖130。例如,与顶端盖120组合的天线罩110可以包括单个单元,这可以有助于基站天线100的防水。底端盖130通常是单独的件,并且可以包括安装在其中的多个连接器140。然而,连接器140不限于位于底端盖130上。而是,连接器140中的一个和多个可以被提供在天线罩110的与天线罩110的前侧相对的后(即,背)侧上。基站天线100通常以垂直配置安装(即,基站天线100的长边沿着关于地球的垂直轴L延伸)。

[0053] 图2A是图1的基站天线100的去除了其天线罩110的示意性前视图,以图示天线100的天线组件200。天线组件200包括多个辐射元件250,这些多个辐射元件250可以被分组成一个或多个阵列,包括一个或多个波束形成阵列。

[0054] 辐射元件250的垂直列250-U1至250-U8可以在垂直方向V上从天线组件200的下部部分延伸到天线组件200的上部部分。垂直方向V可以为纵轴L(图1)或者可以与纵轴L平行。垂直方向V也可以垂直于水平方向H和前向方向F。如本文所使用的,术语“垂直”并不一定需要某物精确地垂直(例如,天线100可以具有小的机械下倾角)。辐射元件250可以在前向方向F上从一个或多个馈送(feeding)(或“馈送(feed)”)板204(图2E)向前延伸,该一个或多

个馈送板204将RF信号耦合到独立的辐射元件250或者从独立的辐射元件250耦合RF信号。例如,在一些实施例中,辐射元件250可以在同一馈送板204上。作为示例,馈送板204可以是其上具有所有辐射元件250的单个PCB。更通常地,提供多个馈送板204,并且在每个馈送板204上安装一个、两个或三个辐射元件250。线缆可以被用于将每个馈送板204连接到天线100的诸如双工器、移相等之类的其它部件。虽然在图2A的示例中使用馈送板204,但是在其它实施例中,辐射元件250可以被安装在反射器上并且可以以任何适当的方式被馈送(例如,通过馈送线缆)。

[0055] 垂直列250-U1至250-U8各自被配置为在较高频带中传输RF信号。这八个连续的垂直列250-U1至250-U8也各自被配置为在比较高频带低的较低频带中传输RF信号。相应地,八个垂直列250-U1至250-U8在图2A中被标示为250-L3/250-U1至250-L10/250-U8,以指示这些列中的每个列被配置为在较高频带和较低频带二者中传输RF信号。辐射元件250是宽频带辐射元件,该宽频带辐射元件被配置为在较高频带和较低频带二者中传输RF信号。然而,在一些实施例中,可以使用不同的较低频带辐射元件430和较高频带辐射元件440(图4A和图4B)来替代宽频带辐射元件。

[0056] 天线组件200还包括被配置为在较低频带中传输RF信号但是可能不在较高频带中传输RF信号的三个垂直列250-L1、250-L2和250-L11。天线组件200因而可以包括十一个垂直列,这十一个垂直列中的八个垂直列被共享,用于在较高频带和较低频带二者处的波束形成。

[0057] 尽管图2A图示了八个垂直列250-U1至250-U8,但是天线组件200可以包括被配置为在较高频带中(以及在较低频带中)传输RF信号的更多(例如,九个、十个或更多)或更少(例如,七个、六个、五个、四个、三个、两个或一个)垂直列。类似地,尽管图2A图示了三个仅较低频带的垂直列250-L1、250-L2和250-L11,但是天线组件200可以包括被配置为在较低频带中(并且不在较高频带中)传输RF信号的更多(例如,四个、五个或更多)或更少(例如,一个或两个)垂直列。此外,垂直列中的辐射元件250的数量可以是两个至二十或更多个的任何数量。例如,图2A中示出的十一个垂直列可以各自具有八个至二十个辐射元件250。在一些实施例中,垂直列可以各自具有相同数量的(例如,十一个)辐射元件250。

[0058] 在一些实施例中,垂直列250-U1至250-U8的辐射元件250可以被配置为在包括3300-4200兆赫兹(“MHz”)和/或5000-5900MHz频率范围中的一个或其一部分的较高频带中发送和/或接收信号。而且,在一些实施例中,垂直列250-L1至250-L11的辐射元件250可以被配置为在包括2300-2690MHz和/或3300-4200MHz频率范围中的一个或其一部分的较低频带中发送和/或接收信号。在一个示例实施例中,较低频带可以包括2300-2690MHz或其一部分,以及较高频带可以包括3300-3800MHz或其一部分。在另一示例实施例中,较低频带可以包括3300-3800MHz或其一部分,以及较高频带可以包括5000-5900MHz或其一部分。尽管本文中的示例讨论了两个频带(例如,较高和较低的),但是在一些实施例中,共享的垂直列250-L/250-U可以被配置为执行在三个或更多个频带中的波束形成。

[0059] 在一些实施例中,辐射元件250可以被用在波束形成模式中,以传输RF信号,其中天线波束在至少一个方向上被“控制(steered)”。在美国专利公开No.2018/0367199中讨论了可以被用作波束形成天线的天线示例,该公开的公开内容在此通过引用整体合并于此。例如,基站可以包括具有多个输出端口的波束形成无线电机,该多个输出端口被电连接到

基站天线的相应端口。此外,尽管图2A图示了非交错的垂直列250-U和250-L,但是垂直列250-U和250-L可以可替换地在垂直方向V上相对于彼此交错。

[0060] 图2A还示出了在一些实施例中的共享垂直列250-L3/250-U1至250-L10/250-U8可以包括(a)被配置为仅在较低频带处执行波束形成的辐射元件250和(b)被配置为在较高频带和较低频带二者处执行波束形成的辐射元件250二者。例如,天线组件200可以包括(b)被配置为在较高频带和较低频带二者处执行波束形成的辐射元件250的多频带波束形成阵列250-B。相比之下,(a)被配置为仅在较低频带处执行波束形成的辐射元件250在天线组件200中,但是在波束形成阵列250-B之外。在一些实施例中,波束形成阵列250-B可以是更大的波束形成阵列的子阵列,该更大的波束形成阵列还包括(a)被配置为仅在较低频带处执行波束形成的辐射元件250。

[0061] 在一些实施例中,波束形成阵列250-B中的每个垂直列可以包括辐射元件250的四个组合行250-R1至250-R4,其中,每个组合行包括每垂直列两个辐射元件250。例如,波束形成阵列250-B可以提供具有两个极化的 4×8 波束形成(使用64T64R无线电机)。可替换地,波束形成阵列250-B可以提供 8×8 波束形成或另一配置。具体地,波束形成阵列250-B(或辐射元件250的另一阵列)可以被扩展到任何1D或2D天线阵列。

[0062] 图2B是图1的基站天线100的去除了其天线罩110的示意性前视图,以图示天线100的天线组件200S。与图2A中的其中天线100包括具有八个垂直列250-U1至250-U8和三个垂直列250-L1、250-L2和250-L11的天线组件200的示例相比,图2B的天线组件200S具有四个垂直列250-U1至250-U4和一个垂直列250-L5。具体而言,四个连续的垂直列250-U1至250-U4可以被共享用于在较高频带和较低频带二者处的波束形成,而垂直列250-L5可以被配置为仅在较低频带处执行波束形成。四个共享垂直列也可以被标示为250-L1/250-U1至250-L4/250-U4。

[0063] 因而,天线100可以将天线组件200S(或图2A的天线200)用作具有多个垂直列250-L和250-U的多频带波束形成器阵列,该多个垂直列250-L和250-U中的至少两个垂直列被共同地馈送用于比多频带波束形成器阵列的第二频带低的多频带波束形成器的第一频带。所有垂直列250-L和250-U都可以被用于在第一频带处的波束形成。相比之下,对于在第二频带处的波束形成,可以使用垂直列250-L和250-U中的大多数(即,多于一半)垂直列,并且至少一个垂直列(例如,图2B的垂直列250-L5)可以不被使用。

[0064] 图2B还示出了垂直列250-L1/250-U1至250-L4/250-U4和250-L5可以具有交错的布置。具体而言,垂直列250-L1/250-U1至250-L4/250-U4和250-L5中的连续垂直列可以相对于彼此垂直地交错。例如,垂直列250-L1/250-U1的辐射元件250的中心点251可以在垂直方向V上相对于垂直列250-L2/250-U2的对应中心点251交错。而且,垂直列250-L2/250-U2的中心点251可以相对于垂直列250-L3/250-U3的对应中心点251垂直交错。

[0065] 在一些实施例中,垂直列250-L1/250-U1至250-L4/250-U4和250-L5中的非连续垂直列可以不相对于彼此垂直交错。例如,垂直列250-L3/250-U3的中心点251可以在水平方向H上与垂直列250-L1/250-U1和250-L5的对应中心点251对准。类似地,垂直列250-L2/250-U2的中心点251可以在水平方向H上与垂直列250-L4/250-U4的对应中心点251对准。如本文所使用的,术语“垂直”(或“垂直地”)是指在垂直方向V上的某物(例如,距离、轴或列)。此外,在一些实施例中,馈送点可以在辐射元件250的中心点251处或与辐射元件250的中心

点251相邻。

[0066] 尽管图2B被示为交错的示例以及图2A被示为非交错的示例,但是这两个示例可以被交换。相应地,天线组件200的八个垂直列250-U1至250-U8和三个垂直列250-L1、250-L2和250-L11(图2A)可以是交错的,以及天线组件200S的四个垂直列250-U1至250-U4和一个垂直列250-L5(图2B)可以是非交错的。

[0067] 而且,尽管图2B图示了仅在较低频带处执行波束形成的单个垂直列250-L5,但是多个这样的垂直列可以被包括在天线组件200S中。例如,在一些实施例中,第六较低频带垂直列(例如,垂直列250-L5的副本)可以在四个共享的垂直列250-L1/250-U1至250-L4/250-U4的左边,使得四个共享的垂直列250-L1/250-U1至250-L4/250-U4在两个单频带垂直列之间。为了与垂直列250-L5对称,第六较低频带垂直列的辐射元件250可以具有与垂直列250-L1的对应中心点251的距离约 $1.5d$ 的中心点。在一些实施例中,这个距离可以在距离 d 的1.3倍和1.7倍之间。

[0068] 图2C是图2A的天线组件200的具有不同组的共享垂直列的一部分的详细示意性前视图。图2C示出了垂直列250-L2/250-U1至250-L9/250-U8被共享用于在较高频带和较低频带二者处的波束形成,而图2A示出了正在被共享的垂直列250-L3/250-U1至250-L10/250-U8。而且,在图2C中,三个垂直列250-L1、250-L10和250-L11被配置为仅在较低频带处提供波束形成(与图2A中的三个垂直列250-L1、250-L2和250-L11相比)。因而,共享垂直列可以被如图2A中所示或如图2C中所示地分组。尽管图2C仅示出了每垂直列两个辐射元件250以简化附图,但是如以上所提到的,每个垂直列可以具有两个和二十或更多个之间的辐射元件250。

[0069] 图2A和图2C还示出了天线组件200的垂直列250-L中的一些垂直列可以被共同地馈送用于较低频带。例如,图2A中的包围多个垂直列的辐射元件250的矩形形状指示对于较低频带,那些垂直列被共同地馈送。具体地,在图2A中垂直列250-L2和250-L3被共同地馈送,如垂直列250-L5和250-L6以及垂直列250-L8和250-L9一样。在图2C中,这三对被共同地馈送的垂直列分别被标示为250-C1、250-C2和250-C3。相比之下,五个垂直列250-L1、250-L4、250-L7、250-L10和250-L11各自被单独地馈送用于较低频带。而且,八个垂直列250-U1至250-U8各自被单独地馈送用于较高频带。

[0070] 如果两列均耦合到天线上的同一端口,那么这对列被共同地馈送。相比之下,如果一列与另一列没有共享同一端口,那么该列被单独地馈送。因而,例如,图2A中所示的垂直列250-L5/250-U3和250-L6/250-U4均可以被耦合到天线100上的同一较低频带RF端口140-L(图2H),因为它们被共同地馈送用于较低频带,但是可以被耦合到相应的第一和第二较高频带RF端口140-U(图2I),因为它们被单独地馈送用于较高频带。

[0071] 因为它们被共同地馈送,所以垂直列250-C1、250-C2和250-C3对应于具有比被单独地馈送的垂直列250-L1、250-L4、250-L7、250-L10和250-L11更窄的方位角波束宽度的波束生成信号,用于在较低频带处的波束形成。例如,较窄的方位角波束宽度可以为约四十五度,而由单独的馈送提供的方位角波束宽度可以为约九十度。

[0072] 在RF端口140处生成每个波束生成信号。具体地,三个RF端口140-L1、140-L4和140-L5(图2I)生成三个相应的具有第一方位角HPBW的波束生成信号,以及第四RF端口140-L2/L3(图2I)生成具有比第一HPBW更窄的第二方位角HPBW的波束生成信号。所有四个RF端

口140-L1、140-L2/L3、140-L4和140-L5都是同一波束形成器阵列的部分,并且在同一频带中操作。

[0073] 如图2C中所图示的,在大多数(例如,除了一个之外的所有)垂直列中的辐射元件250的中心点251可以在水平方向H上彼此间隔开距离 d 。然而,最外侧的垂直列250-L11(250-0)可以在水平方向H上与最近的相邻垂直列250-L10间隔开约 $1.5d$ 的更大距离。这个约 $1.5d$ (或在距离 d 的1.3倍和1.7倍之间)的更大距离的系数可以接近(i)较高频带的中心频率与(ii)较低频带的中心频率的比率,并且因而可以促成在这两个频带处的可接受的性能(例如,可以避免过度的互耦)。例如,该比率可以在1.4和1.6之间或者在1.3和1.7之间。作为示例,(3300-3800MHz的较高频带中的)3550MHz的中心频率与(2300-2690MHz的较低频带中的)2495MHz的中心频率具有1.42的比率。类似地,(5000-5900MHz的较高频带中的)5450MHz的中心频率与(3300-3800MHz的较低频带中的)3550MHz的中心频率具有1.53的比率。可以使用具有在约1.4和1.6之间(或者在约1.3和1.7之间)的中心频率的比率的任两个(或更多个)频带。而且,如本文所使用的,术语“最外侧”是指在水平方向H上的最左侧或最右侧的垂直列250-L,该垂直列250-L可以以约 $1.5d$ 的更大距离间隔开。

[0074] 距离 d 可以等于较高频带的波长的约一半,并且约 $1.5d$ 的更大距离可以等于较低频带的波长的约一半。如本文所使用的,术语“约一半”是指波长的0.4倍和0.6倍之间的值。例如,当较高频带为3300-3800MHz以及较低频带为2300-2690MHz时,距离 d 可以为约40毫米(“mm”),以及 $1.5d$ 的更大距离可以为约60mm。此外,如图2C中所示,被单独地馈送的垂直列250-L4可以在被共同地馈送的第一对垂直列250-C1和被共同地馈送的第二对垂直列250-C2之间,以及被个别馈送的垂直列250-L7可以在被共同地馈送的第二对垂直列250-C2和被共同地馈送的第三对垂直列250-C3之间。作为结果,三对被共同地馈送的垂直列250-C1、250-C2和250-C3的中点(即,“虚拟中心”)可以在水平方向H上与相邻的、被单独地馈送的垂直列250-L的中心点251间隔开约 $1.5d$ 的更大距离。这些中点也可以是相应的相位中心。因而,较低频带垂直列250-L1、250-C1、250-L4、250-C2、250-L7、250-C3、250-L10和250-0可以在水平方向H上彼此间隔开较低频带的波长的约一半。而且,较高频带垂直列250-U1至250-U8可以在水平方向H上彼此间隔开较高频带的波长的约一半。

[0075] 在一些实施例中,图2A中示出的组合行250-R1至250-R4的在垂直方向V上的中点可以在垂直方向V上彼此间隔开约 $1.5d$ 的更大距离,用于在较低频带处的波束形成。相比之下,辐射元件250的中心点251可以在垂直方向V上彼此间隔开距离 d ,用于在较高频带处的波束形成。相应地,在一些实施例中,可以在垂直方向V上和/或在水平方向H上使用不同的距离 d 和 $1.5d$ 。此外,在一些实施例中,辐射元件250的仅低频带行(例如,天线组件200中的顶部行或底部行)的中心点251可以在垂直方向V上与最近的相邻行的中心点251间隔开 $1.5d$ 的更大距离。例如,天线组件500、500N和500T(图5B至图5D)的相应底部行(或相应顶部行)在垂直方向V上具有 $1.5d$ 的更大间隔。

[0076] 图2D是省略了其垂直交错的图2B的天线组件200S的一部分的详细示意性前视图。图2B和图2D图示了在被单独地馈送的较低频带垂直列250-L1和250-L4之间的被共同地馈送的较低频带垂直列250-L2和250-L3。因为它们被共同地馈送,所以较低频带垂直列250-L2和250-L3可以具有较窄的(例如,变窄约一半)方位角波束宽度,并且本文中可以被统称为具有虚拟中心253的“组合”垂直列250-C。由于组合垂直列250-C,五个较低频带垂直列

250-L1至250-L5也可以被认为是四个较低频带垂直列250-L1、250-C,250-4和250-L5。

[0077] 尽管本文的各种示例示出了彼此均匀间隔开距离 d 的较高频带垂直列250-U以及均匀间隔开 $1.5d$ 的更大距离的较低频带垂直列250-L,但是垂直列250-U和/或垂直列250-L可以不均匀地间隔开。例如,在一些实施例中,垂直列250-L1的辐射元件250的中心点251可以在水平方向H上与组合垂直列250-C的虚拟中心253间隔开第一距离,该第一距离不等于虚拟中心253在水平方向H上与垂直列250-L4的辐射元件250的中心点251间隔开的第二距离。

[0078] 如同图2C的三对被共同地馈送的垂直列250-C1、250-C2和250-C3的虚拟中心,图2B和图2D的虚拟中心253可以在水平方向H上与相邻的较低频带垂直列250-L1和250-L4的中心点251间隔开约 $1.5d$ 的距离。而且,最外侧的较低频带垂直列250-0(图2B和图2D中的250-L5)的中心点251可以在水平方向H上与其最近的相邻的较低频带垂直列250-L4的中心点251间隔开约 $1.5d$ 的距离。因而,较低频带垂直列250-L1、250-C、250-L4和250-0可以在水平方向H上彼此间隔开较低频带的波长的约一半。这样的波长间隔(约为 0.5)可以在抑制/避免光栅波瓣的同时,促成在方位面上大距离地扫描服务波束。

[0079] 为了简化距离 d 和 $1.5d$ 的图示,图2C和图2D使用单个参考标记“250-U”来标记辐射元件250的垂直列中的一些垂直列,以及使用单个参考标记“250-L”来标记其它垂直列。然而,如图2A和图2B中所示,在较高频带处操作的任何垂直列250-U可以被共同地标示为“250-L/250-U”,因为它也在较低频带处操作。相比之下,较低频带垂直列250-L中的至少一个垂直列(例如,最外侧的垂直列250-0)仅在较低频带处操作。图2A至图2D还图示了垂直列250-L1至250-L5(或250-L1至250-L11)可以是在水平方向H上的连续的垂直列,在其间没有介于中间的辐射元件的垂直列。

[0080] 图2E是图2B的辐射元件250的示意性剖面视图。该剖面视图示出了沿着水平方向H的辐射元件250的“行”。该行包括垂直列250-L1/250-U1中的第一辐射元件250、垂直列250-L2/250-U2中的第二辐射元件250、垂直列250-L3/250-U3中的第三辐射元件250、垂直列250-L4/250-U4中的第四辐射元件250以及垂直列250-L5中的第五辐射元件250。

[0081] 如图2E中所示,辐射元件250可以从接地平面反射器214在前向方向F上延伸。馈送板204可以位于反射器214的前方或后方。

[0082] 天线100(图1)的各种机械和电子部件可以被安装在反射器表面214的背侧后方的腔室中。这些部件可以包括例如移相器、远程电子倾斜单元、机械连接机构、控制器、双工器等。反射器表面214可以包括金属表面,该金属表面用作天线100的辐射元件250的反射器和接地平面。在本文中,反射器表面214也可以被称为反射器214。

[0083] 图2F是图2B的电连接到天线100(图1)的较低频带端口140-L5的垂直列250-L5的示意性框图。天线100的端口140(图1)包括电连接到相应的较高频带移相器260-U的较高频带端口140-U(图2G和图2H)。天线100的端口140还包括分别电连接到相应的较低频带移相器260-L的较低频带端口140-L。然而,因为垂直列250-L5仅用在较低频带中,因此它未电连接到较高频带端口140-U。

[0084] 每个端口140-L和140-U可以经由移相器260和/或功率分配器280(图2H和图5E)电连接到一个或多个辐射元件250。例如,可以使用功分器280代替移相器260以将端口140连接到少量的(例如,一个、两个、三个或四个)辐射元件250。然而,对于三个、四个或更多个辐

射元件250,使用移相器260可能是有益的。端口140-L可以是用于较低频带处的RF信号的波束形成器端口,以及端口140-U可以是用于较高频带处的RF信号的波束形成器端口。

[0085] 垂直列250-L5可以经由较低频带移相器260-L5电连接到较低频带端口140-L5。例如,垂直列250-L5的辐射元件250的五个子阵列可以被耦合到移相器260-L5的相应输出。每个子阵列可以包括两个或三个辐射元件250。此外,在一些实施例中,垂直列250-L5可以包括被耦合到移相器260-L5的相应输出的四个而非五个子阵列。

[0086] 图2G是图2B的经由双工器290-1a至290-1e电连接到天线100(图1)的较低频带端口140-L1和天线100的较高频带端口140-U1的垂直列250-L1/250-U1的示意性框图。双工器290-1促成垂直列250-L1/250-U1(a)在较低频带中使用以及(b)在较高频带中使用之间的共享。相比之下,最外侧的垂直列250-L5(图2F)没有电连接到双工器290,因为它仅用在较低频带中。在一些实施例中,双工器290-1可以分别在单独的馈送板204上。

[0087] 每个双工器290-1电连接到较高频带移相器260-U1和较低频带移相器260-L1。具体而言,双工器290-1a至290-1e被耦合到较低频带移相器260-L1的相应输出和较高频带移相器260-U1的相应输出。对于较高频带和较低频带使用单独的移相器促成了独立的倾斜。尽管在图2G中双工器290-1被示出为耦合到移相器260-L1和260-U1的输出,但是在一些实施例中,天线100的双工器290可以被耦合在端口140和移相器260的输入之间。

[0088] 垂直列250-L4/250-U4(图2B)可以电连接到较低频带端口140-L4(图2I)和较高频带端口140-U4(图2I)。这些连接与图2G中关于垂直列250-L1/250-U1以及端口140-L1和140-U1示出的类似,并且因而本文中省略其详细描述/说明。

[0089] 图2H是图2B的被共同地馈送的垂直列250-C的示意性框图。对于较高频带,垂直列250-U2电连接到天线100(图1)的较高频带端口140-U2,与关于图2G所讨论的垂直列250-U1和端口140-U1类似。而且,垂直列250-U3类似地电连接到天线100的较高频带端口140-U3。相应地,对于较高频带,垂直列250-U2和250-U3分别电连接到不同的端口140-U2和140-U3。

[0090] 然而,对于较低频带,共同地提供被共同地馈送的垂直列250-C的被共同地馈送的垂直列250-L2和250-L3对被电连接到天线100的同一端口140-L2/L3。较低频带移相器260-L2/L3将共享端口140-L2/L3耦合到被共同地馈送的垂直列250-L2和250-L3对。此外,功率分配器280a至280e经由双工器290-2a至290-2e和双工器290-3a至290-3e将较低频带移相器260-L2/L3的相应输出耦合到被共同地馈送的垂直列250-L2和250-L3对。在一些实施例中,功分器280可以是频率相关功率分配器。

[0091] 双工器290-2a至290-2e还被耦合到较高频带移相器260-U2的相应输出。类似地,双工器290-3a至290-3e被耦合到较高频带移相器260-U3的相应输出。

[0092] 因为图2F-图2H示出了用于一个极化的配置,当辐射元件250是双极化的辐射元件时,可以针对相反的极化提供类似的配置。因而,天线100可以包括用于相反极化的附加移相器260、附加功率分配器280、附加双工器290和附加RF端口140-L和140-U。垂直列250-L1/250-U1至250-L4/250-U4可以在移相器260和辐射元件250(如图2G和图2H中所示)之间或者在可替换配置中在RF端口140和移相器260之间双向通信。在这个可替换配置中,同一电下倾角被用于两个频带中的天线波束。

[0093] 图2I是图2F-图2H的电连接到无线电机242的端口240的端口140-L和140-U的示意性框图。例如,无线电机242可以是基站的波束形成无线电机,并且端口240可以是波束形成

器端口。如图2I中所示,天线100(图1)的较高频带端口140-U1至140-U4分别电连接到无线电机242的较高频带端口240-U1至240-U4。类似地,天线100的较低频带端口140-L1、140-L2/L3、140-L4和140-L5分别电连接到无线电机242的较低频带端口240-L1、240-L2/L3、240-L4和240-L5。

[0094] 相应地,垂直列250-L1/250-U1可以在较低频带处由每极化单个无线电端口240-L1以及在较高频带处由每极化单个无线电端口240-U1馈送。类似地,垂直列250-L4/250-U4可以在较低频带处由每极化单个无线电端口240-L4以及在较高频带处由每极化单个无线电端口240-U4馈送。最外侧的垂直列250-0(250-L5)可以在较低频带处由每极化单个无线电端口240-L5馈送。在较低频带处,组合垂直列250-C(250-L2和250-L3)可以由每极化单个无线电端口240-L2/L3馈送。相比之下,在较高频带处,垂直列250-U2可以由每极化单个无线电端口240-U2馈送,并且类似地,垂直列250-U3可以由每极化单个无线电端口240-U3馈送。

[0095] 为了简化解释,本文中关于图2B的天线组件200S讨论图2E-图2I。然而,在一些实施例中,图2E-图2I中所示的部件可以被扩展/复制,以类似地连接到图2A中所示的更大的天线组件200。例如,附加的双工器290、功分器280、移相器260以及端口140和240可以电连接到更大的天线组件200的附加的垂直列250-U和250-L。

[0096] 图3A和图3B是图示了基站天线100(图1)的操作的流程图。如图3A中所示,天线100可以通过共享(框310)辐射元件250的多个垂直列250-L(图2A和图2B)用于在第一频带和第二频带处的波束形成来操作。第一频带可以低于第二频带。例如,第二频带的中心频率与第一频带的中心频率的比率可以在1.4和1.6之间。

[0097] 参照图3B,共享(图3A的框310)可以包括使用所有(框310-1)垂直列250-L用于第一频带处的波束形成。共享还可以包括使用大多数(框310-2)垂直列250-L而禁止使用垂直列250-L中的至少一个用于在第二频带处的波束形成。例如,天线100可以使用所有十一个(图2A)或所有五个(图2B)垂直列250-L用于在第一频带处的波束形成,并且可以禁止使用三个(图2A)或一个(图2B)垂直列250-L用于在第二频带处的波束形成。

[0098] 至少一对垂直列250-L可以由同一无线电端口240-L(图2I)共同地馈送,用于在第一频带处的特定极化。相比之下,(一或多)对垂直列250-L可以在第二频带处由每极化不同的相应无线电端口240-U馈送。在一些实施例中,天线100还可以包括至少一个垂直列250-L,该至少一个垂直列250-L在第一频带处由每极化单个无线电端口240-L并且在第二频带处由每极化单个无线电端口240-U馈送。

[0099] 为了简化解释,本文中使用的参考标记250-L讨论图3A和图3B,以广泛地指代在第一频带处和/或在第二频带处操作的辐射元件250的垂直列。然而,如图2A和图2B中所示,在第一频带和第二频带二者处操作的垂直列250-L中的特定垂直列在本文中也可以被标示为“250-L/250-U”。

[0100] 图4A和图4B是可以代替宽频带辐射元件250使用的较高频带辐射元件440和较低频带辐射元件430的行的示例示意性前视图。为了简化说明,图4A和图4B各自仅示出了一行。然而,基站天线100(图1)的阵列可以包括辐射元件430和440的若干(例如,四、五、六、七、八或更多)行。此外,尽管图4A和图4B各自示出了五个垂直列450-1至450-5,但是类似于图2A,可以使用更多个(例如,六个、七个、八个或更多个)垂直列。

[0101] 辐射元件440不存在于仅在较低频带处操作的至少一个垂直列450处。例如,最外侧的垂直列450-0(450-5)可以仅包括辐射元件430,并且因而可以没有任何辐射元件440。而且,垂直列450-2和450-3的辐射元件430可以被共同地馈送,以提供在较低频带处的组合垂直列450-C。作为结果,辐射元件430在水平方向H上具有相对于辐射元件440的不同的间隔。例如,辐射元件430可以具有较大的中心到中心水平间隔(例如,约1.5d),以及辐射元件440可以具有较短的中心到中心水平间隔(例如,约d)。垂直轴433与垂直列450-1、450-4和450-0中的辐射元件430的中心点对准,并且垂直轴443与垂直列450-1至450-4中的辐射元件440的中心点对准。此外,垂直轴434与组合垂直列450-C的虚拟中心对准。

[0102] 每个辐射元件430可以包括多个段430-S,并且每个辐射元件440可以在相应辐射元件430的段430-S之间。例如,相应辐射元件430的四个段430-S可以围绕每个辐射元件440。作为示例,每个辐射元件440可以在包括盒式偶极子元件的相应辐射元件430中(例如,在其中心)。在一些实施例中,每个辐射元件440可以是贴片辐射元件,该贴片辐射元件可以具有低剖面,并且因而可以不显著地影响附近的辐射元件430的性能。

[0103] 对于垂直列450-1至垂直列450-0,通过使用两个不同的、相对窄频带的辐射元件430和440代替在较高频带和较低频带二者中传输RF信号的宽频带辐射元件250,可以省去双工器290(图2G)。而且,辐射元件430的段430-S可以是相对小的,并且可以具有相对于辐射元件440的较高频带而言的隐蔽性(cloaking)。相应地,辐射元件430和440可以被直接作用于不同频带的单独的元件,而不需要双工器290。

[0104] 如图4A中进一步所示的,在给定行中的每个辐射元件430可以具有同一的取向。因而,第一辐射元件430中的段430-S可以与连续的第二辐射元件430中的段430-S对称。例如,每个辐射元件430中的段430-S可以提供相应的盒式/矩形形状,该盒式/矩形形状具有平行于水平方向H的水平延伸的边和平行于垂直方向V的垂直延伸的边。

[0105] 相比之下,如图4B中所示,在给定行中的两个或更多个辐射元件430-R可以相对于该行中的其它辐射元件430旋转。例如,垂直列450-2和450-4中的辐射元件430-R可以相对于垂直列450-1、450-3和450-0中的辐射元件430旋转约四十五度。具体而言,在旋转的辐射元件430-R中的旋转的段430-SR可以限定与连续的非旋转的辐射元件430中的相邻的段430-S成锐角。通过针对连续的非旋转和旋转的辐射元件430和430-R在段430-S和旋转的段430-SR之间交替,可以减少它们之间的耦合。

[0106] 此外,旋转的段430-SR可以与段430-S被不同地电激励,以保持彼此同一的极化。例如,如图4B中所示,第一辐射元件430中的两个相邻的(例如,第三和第四)段430-S被垂直于(如实线箭头所示)正45度极化激励(如虚线箭头所示),该正45度极化可以在两个相邻的段430-S的矢量组合之后被实现。为了提供同一的极化,在连续的第二辐射元件430-R中的两个平行的(例如,第一和第三)旋转的段430-SR被平行于(如实线箭头所示)正45度方向激励。

[0107] 而且,因为可能可期望的是图4B中的每个辐射元件430和430-R的图案性能(pattern performance)对于波束形成是相似的,因此两个相邻的旋转的段430-SR之间的距离可以不同于两个相邻的段430-S之间的距离,以补偿用于旋转的段430-SR和非旋转的段430-S的不同激励的影响。例如,旋转的段430-SR可以比非旋转的段430-S更短(或更长)和/或更窄(或更宽)。因而,旋转的辐射元件430-R和非旋转的辐射元件430还可以具有除了

段430-SR和430-S的不同角度之外的结构差异。

[0108] 图5A-图5D是图1的基站天线100的去除了其天线罩110的示例示意性前视图,以图示天线100的天线组件。参照图5A,16T16R天线组件500S可以包括在垂直方向V上相对于彼此交错的垂直列250-U和250-L。尽管垂直列250-U和250-L各自被示出为具有八个辐射元件250,但是它们各自可以可替换地具有九个、十个、十一个或更多个辐射元件250。例如,为了实现多个方向上的波束形成,使用大量的辐射元件250可以是有利的。

[0109] 此外,尽管图5B-图5D分别图示了在(i) 32T32R天线组件500、(ii) 较窄的32T32R天线组件500N和(iii) 64T64R天线组件500T中的非交错的垂直列250-U和250-L,但是非交错的布置不限于32T32R和64T64R天线组件。而是,在一些实施例中,16T16R天线组件500S可以是非交错的,如8T8R天线组件可以的一样。对于用32T32R、64T64R或更大天线组件的大规模多输入多输出(“MIMO”)操作,使用非交错的布置可以是有利的。

[0110] 如图5A中所示,天线组件500S的垂直列250-L中的一些垂直列可以被共同地馈送用于较低频带。具体地,在图5A中垂直列250-L2和250-L3被共同地馈送,如垂直列250-L5和250-L6以及垂直列250-L8和250-L9一样。在图5A中,这三对被共同地馈送的垂直列分别被标示为250-C1、250-C2和250-C3。相比之下,对于较低频带,五个垂直列250-L1、250-L4、250-L7、250-L10和250-L11各自被单独地馈送。

[0111] 而且,八个垂直列250-U1至250-U8各自被单独地馈送用于较高频带。这八个连续的垂直列250-U1至250-U8也各自被配置为在较低频带中传输RF信号。相应地,在图5A中八个垂直列250-U1至250-U8被标示为较高频带垂直列250-U和较低频带垂直列250-L二者。

[0112] 类似于本文中关于图2A-图2D所讨论的天线组件200和200S,在天线组件500S中的最外侧的垂直列250-0可以具有比在天线组件500S中的其它垂直列更大的水平间隔。例如,最外侧的垂直列250-0可以具有与天线组件500S的较低频带和较高频带之间的约1.5的比率对应的约1.5d的水平间隔。可以使用中心频率的比率在约1.4和1.6之间(或者在约1.3和1.7之间)的任两个(或更多个)频带。

[0113] 参照图5B-图5D,围绕多个辐射元件250的矩形形状指示不同的子阵列250-S,这些不同的子阵列250-S可以在不同的相应馈送板204(图2E)上。例如,天线组件500(图5B)具有两行的八个子阵列250-S。相比之下,天线组件500N(图5C)具有四行的四个子阵列250-S,以及天线组件500T(图5D)具有四行的八个子阵列250-S。包括来自被共同地馈送用于较低频带的多个垂直列中的辐射元件250的子阵列250-S在本文中可以被称为被共同地馈送的子阵列250-SC。

[0114] 辐射元件250的底部行可以具有比其它行更大(例如,约1.5d)的垂直间隔,并且可以仅包括低频带辐射元件。由于更大的垂直间隔,底部子阵列250-S可以具有比对应的垂直重叠(例如,顶部和/或中间)的子阵列250-S更少的辐射元件250。例如,图5C中的底部子阵列250-S各自具有两个(或者对于被共同地馈送的子阵列250-SC,四个)辐射元件250,而顶部子阵列250-S和中间子阵列250-S各自包括三个(或者对于被共同地馈送的子阵列250-SC,六个)辐射元件250。可替换地,辐射元件250的顶部行可以包括在顶部子阵列250-S中的仅低频带辐射元件,该顶部子阵列250-S具有比被顶部子阵列250-S垂直重叠的对应子阵列250-S更少的辐射元件250。例如,图5C中所示的顶部子阵列和底部子阵列250-S可以被交换。

[0115] 图5B-图5D还示出了用于较高频带的辐射元件250的组合行250-R。每个组合行250-R可以包括在同一垂直列250-U中的两个、三个、四个或更多个辐射元件250。对于双极化的辐射元件250,每个组合行250-R可以被耦合到两个较高频带输入端口140-U(图2I),因而提供每极化一个端口140-U。组合行250-R中的辐射元件250也可以在较低频带中操作,并且因而还可以被进一步耦合到每子阵列250-S两个较低频带输入端口140-L(图2I)(每极化一个端口140-L)。此外,不在组合行250-R中的辐射元件250可以不在较高频带中操作,并且因而可以仅被耦合到端口140-L而不耦合到端口140-U。被共同地馈送的子阵列250-SC可以包括多个组合行250-R,并且因而可以被耦合到比端口140-L更多的端口140-U。例如,被共同地馈送的子阵列250-SC可以包括在相应垂直列中的两个组合行250-R。作为结果,被共同地馈送的子阵列250-SC可以被耦合到四个端口140-U(每极化两个)和两个端口140-L(每极化一个)。

[0116] 参照图5D,因为天线组件500T具有比天线组件500(图5B)或天线组件500N(图5C)更多的子阵列250-S,因此它使用更多的端口140(图2I)。因而,由于扫描服务波束的增加了的范围,天线组件500T可以提供更好的波束形成性能。此外,通过在垂直方向V上堆叠更多(和更小的)子阵列250-S,与天线组件500相比,天线组件500N可以使用更少的辐射元件250,并且因而可以在水平方向H上占用更少的空间。

[0117] 图5B-图5D中的每个子阵列250-S在垂直方向V上与至少一个其它子阵列250-S堆叠,并且因而子阵列250-S的每个堆叠在本文中可以被称为子阵列250-S的“垂直堆叠”。例如,图5B和5D图示了八个垂直堆叠以及图5C图示了四个垂直堆叠。在一些实施例中,垂直堆叠中的一个或多个可以是被共同地馈送的子阵列250-SC的堆叠,并且因而可以包括辐射元件250的两个垂直列。然而,垂直堆叠中的大多数可以具有辐射元件250的单个垂直列。作为示例,天线组件500N(图5C)包括(i)辐射元件250的四个子阵列250-S的在垂直列250-L1/250-U1中的第一垂直堆叠、(ii)辐射元件250的四个子阵列250-S的在被共同地馈送的垂直列250-L2/250-U2和250-L3/250-U3中的第二垂直堆叠、(iii)辐射元件250的四个子阵列250-S的在垂直列250-L4/250-U4中的第三垂直堆叠以及(iv)辐射元件250的四个子阵列250-S的在垂直列250-L5中的第四垂直堆叠。

[0118] 此外,如图5C和图5D中所示,组合行250-R可以跨越多个子阵列250-S。例如,天线组件500N(图5C)中的四个垂直列250-L1/250-U1至250-L4/250-U4可以各自包括组合行250-R3,该组合行250-R3包括一个子阵列250-S的第一宽频带辐射元件250和另一个子阵列250-S的第二宽频带辐射元件250。

[0119] 图5B-图5D中所示的垂直堆叠的子阵列250-S可以有利地实现32T32R、64T64R或更大的天线组件,而没有加倍16T16R天线组件中的辐射元件250的数量。例如,32T32R天线组件500(图5B)、较窄的32T32R天线组件500N(图5C)或64T64R天线组件500T(图5D)可以(a)结合垂直堆叠的子阵列250-S,同时(b)与16T16R天线组件500S(图5A)相比,使用比每垂直列辐射元件250的数量的两倍更少的辐射元件。因而,垂直堆叠的子阵列250-S可以是实现32T32R、64T64R或更大的天线组件的空间节省的方式。

[0120] 图5E是连接到组合行250-R的多个辐射元件250的端口140-U的示意性框图。具体而言,辐射元件250由被耦合到端口140-U的同一功率分配器280馈送。为了简化说明,示出了用于较高频带处的一个极化的单个端口140-U。然而,组合行250-R也可以被耦合到用于

第二极化的第二较高频带端口140-U,并且包括组合行250-R的子阵列250-S(图5B-图5D)可以被耦合到两个较低频带端口140-L(图2I)(即,在较低频带处每极化一个端口140-L)。

[0121] 图5F是图1的基站天线100的去除了其天线罩110的示例示意性前视图,以图示天线100的天线组件500L。对于大规模MIMO(例如,32T32R、64T64R或更大的)天线组件,(辐射元件250当中的)仅包括低频带辐射元件的垂直列可以具有在垂直方向V和水平方向H二者上的相对大(例如,1.5d)的间隔。例如,天线组件500L示出仅低频带垂直列250-L1、250-L3、250-L7、250-L11、250-L13和250-L14,由于更大的垂直间隔,这些仅低频带垂直列各自包括比宽频带垂直列250-L2/250-U1、250-L4/250-U2、250-L5/250-U3、250-L6/250-U4、250-L8/250-U5、250-L9/250-U6、250-L10/250-U7和250-L12/250-U8中的任何垂直列的更少的辐射元件250。

[0122] 此外,天线组件500L的仅低频带垂直列250-L3、250-L7和250-L11包括(a)底部(或顶部)子阵列250-S,该底部(或顶部)子阵列250-S比垂直堆叠中的包括仅低频带垂直列250-L3、250-L7和250-L11的(b)其它子阵列250-S更窄。作为示例,仅低频带垂直列250-L11中的底部子阵列250-S更窄,并且相对于与底部子阵列250-S同一垂直堆叠中的重叠的被共同地馈送的子阵列250-SC而水平居中(例如,与两个被共同地馈送的垂直列250-L10和250-L12之间的虚拟中心253对准)。

[0123] 在一些实施例中,天线组件500L的被共同地馈送的子阵列250-SC可以包括单个辐射元件250,该单个辐射元件250在水平方向H上相对于子阵列250-SC中的任何其它辐射元件250偏移。例如,顶部(或底部)被共同地馈送的子阵列250-SCT可以具有顶部(或底部)行,该顶部(或底部)行具有可以在子阵列250-SCT中水平居中(例如,与虚拟中心253对准)的单个仅低频带辐射元件。作为示例,仅低频带垂直列250-L3、250-L7和250-L11可以各自包括相对于其子阵列250-SCT中的任何其它辐射元件250水平偏移的仅低频带辐射元件。此外,具有仅低频带辐射元件的子阵列250-S可以包括在水平方向H上与组合行250-R的虚拟中心254对准的辐射元件250。

[0124] 垂直天线组件500L中的仅低频带辐射元件(例如,偶极子)的增加的垂直和水平间隔可以有利地导致更好的隔离。这个增加的间隔还可以减少天线100中的辐射元件250的总数,并且因而可以更具成本效益。此外,通过在子阵列250-S中的一些中使用更少的辐射元件250,更少的(例如,一个而非两个)功率分配器280(图5G)可以被耦合到那些子阵列250-S中的每个,因而提供了更容易设计的天线组件500L。

[0125] 图5G是连接到子阵列250-S的多个辐射元件250的端口140-L的示意性框图。具体而言,辐射元件250由被耦合到端口140-L的同一功率分配器280馈送。为了简化说明,示出了用于较低频带处的一个极化的单个端口140-L。然而,子阵列250-S也可以被耦合到用于第二极化的第二较低频带端口140-L(以及第二功率分配器280)。在一些实施例中,每个子阵列250-S可以被耦合到每极化一个较低频带端口140-L。例如,顶部被共同地馈送的子阵列250-SCT(图5F)可以被耦合到第一对较低频带端口140-L(每极化一个),并且相邻的仅较低频带子阵列250-S(图5F)可以被耦合到第二对较低频带端口140-L(每极化一个)。

[0126] 此外,在一些实施例中,每个子阵列250-S可以在其自己的相应的馈送板204(图2E)上,该馈送板204可以接收来自无线电机侧的两个输入(两个极化)。因为每个子阵列250-S具有多个辐射元件250,所以它可以受益于配电网。例如,一个或多个功率分配器

280可以被耦合到每个子阵列250-S。作为示例,具有三个辐射元件250的子阵列250-S可以被耦合到每极化两个功分器280,其中,每个功分器280具有两个输出并且功分器280中的一个的输出之一被耦合到功分器280中的第二个的输入,因而针对子阵列250-S将功率分为三路。然而,如图5F中所示,一些子阵列250-S可以仅具有两个辐射元件250,并且因而可以被耦合到每极化仅一个功分器280(而非两个)。相应地,在那些子阵列250-S中具有更少的辐射元件250可以通过减少功分器280的数量来促成更容易的设计。

[0127] 图6是根据本发明构思的实施例的频率相关功率分配器680的示意性框图。功分器680可以包括输入681、多个输出683以及被耦合到输出683中的一些(而非所有)输出的滤波器682。例如,滤波器682可以被耦合在输入681和第一输出683-1之间,并且可以不被耦合在输入681和第二输出683-2之间。作为结果,从第二输出683-2输出的至少一个频带可以不从第一输出683-1输出。具体而言,滤波器682可以是使较低频带(例如,2300-2690MHz或其一部分)通向第一输出683-1并且阻止较高频带(例如,3300-3800MHz或其一部分)的带通滤波器。相比之下,因为滤波器682未被耦合在输入681和第二输出683-2之间,所以第二输出683-2可以输出较低频带和较高频带二者。

[0128] 作为功分器680的结果,用于较高频带和较低频带的在输入681处的第一功率水平(例如,1瓦)可以被对半分(例如,0.5瓦),以提供用于较低频带的在第一输出683-1和第二输出683-2二者处的第二功率水平。此外,第二输出683-2可以接收用于较高频带的完整的、未滤波的第一功率水平,而滤波器682可以导致用于较高频带的在第一输出683-1处的较低的第三功率水平(例如,0瓦)。

[0129] 在一些实施例中,功分器680可以被耦合在端口140(图1)和处于不同垂直列中的辐射元件250对之间。例如,端口140可以被耦合到功分器680的输入681,仅低频带垂直列的第一辐射元件250可以被耦合到第一输出683-1,以及宽频带垂直列的第二辐射元件250可以被耦合到第二输出683-2。作为示例,图2A中所示的仅低频带垂直列250-L2的第一辐射元件250可以被耦合到第一输出683-1,以及图2A中所示的宽频带垂直列250-L3/250-U1的第二辐射元件250可以被耦合到第二输出683-2。

[0130] 在其它实施例中,功分器680可以被耦合在端口140和在同一垂直列中的辐射元件250对之间。这样做可以有助于控制垂直口径,以对较低频带进行增益补偿。例如,端口140可以被耦合到功分器680的输入681,垂直列的第一辐射元件250可以被耦合到第一输出683-1,以及同一垂直列的第二辐射元件250可以被耦合到第二输出683-2。作为示例,图2A中所示的宽频带垂直列250-L3/250-U1中的仅低频带辐射元件250中的一个(例如,顶部辐射元件250或底部两个辐射元件250中的一个底部辐射元件)可以被耦合到第一输出683-1,以及同一宽频带垂直列250-L3/250-U1中的宽频带辐射元件250中的一个可以被耦合到第二输出683-2。这个相同的构思可以被用于所有垂直列。相应地,每个垂直列可以具有被耦合到其中的辐射元件250对的相应功分器680。

[0131] 此外,在一些实施例中,多个仅低频带辐射元件250可以被耦合到功分器680的同一第一输出683-1,和/或多个宽频带辐射元件250可以被耦合到功分器680的同一第二输出683-2。功分器680可以有利地促成使用更多(例如,相对大量的)在较低频带中操作的辐射元件250,以实现天线/阵列的所期望的整体增益,该整体增益通常需要用于较低频带的更大的垂直阵列口径。否则(即,在没有功分器680的情况下),与传统阵列相比,整体增益可能

不利地降低。

[0132] 根据本发明构思的实施例的包括被配置为在多个频带处提供波束形成的辐射元件250的共享垂直列250-L/250-U的基站天线100(图1)可以提供许多优点。相对于在没有共享垂直列的情况下在多个频带处的波束形成,这些优点包括减小天线100的尺寸(例如,在水平方向H上)或者保留天线100可以使用的用于附加频带的辐射元件的反射器214(图2E)空间。因而,本发明构思可以提供空间高效的多频带波束形成器。

[0133] 例如,原本将使用辐射元件250的四个垂直列用于仅单个频带的波束形成器可以使用五个(而不是八个)垂直列来空间高效地获得多频带功能。这可以通过添加在较低频带处操作并且具有较大水平间隔(例如,约1.5d(图2D))的最外侧的第五列250-O(图2B)以及通过在较低频带处将两个垂直列作为一个组合垂直列250-C(图2B)一起馈送来实现。所有五个垂直列可以被用在较低频带处,并且四个可以被用在较高频带处。类似地,原本将使用八个垂直列用于仅单个频带的波束形成器可以使用十一个(而不是十六个)垂直列(图2A)来获得多频带功能。相应地,本发明构思可以用更适度添加列来空间高效地实现这个结果,而不是加倍垂直列的数量来获得多频带功能。

[0134] 使用一个或多个组合垂直列250-C连同最外侧列250-O的间隔和中心频率的比率,可以促成在多个频带中的具有有限的不利影响的操作。具体而言,尽管共享了多频带之间的垂直列中的一些垂直列,但是本发明构思可以将垂直列之间的间隔保持为波长的约一半。相应地,在提供可接受的波束形成性能的同时,多个频带可以从辐射元件250的子集中的相同子集中辐射出去。

[0135] 以上已参照附图描述了本发明构思。本发明构思不限于说明的实施例。而是,这些实施例旨在向本领域的技术人员充分和完整地公开本发明构思。在附图中,相似的标号始终是指相似的元件。为了清楚起见,某些部件的厚度和尺寸可以被夸大。

[0136] 为了易于描述,可以在本文中使用诸如“下方”、“下面”、“之下”、“上方”、“上面”、“顶”、“底”等之类的空间相对术语来描述如图中图示的一个元件或特征与另(一个或多个)元件或(一个或多个)特征的关系。将理解的是,空间相对术语旨在除了涵盖附图中所描绘的朝向之外还涵盖在使用或操作中的设备的不同朝向。例如,如果附图中的设备被翻转,那么然后被描述为在其它元件或特征“下方”或“下”的元件将被定向为在其它元件或特征的“上方”。因而,示例术语“下方”可以涵盖上方和下方的朝向二者。设备可以被另外取向(旋转90度或以其它取向),并且相应地解释在本文中所使用的空间相对描述。

[0137] 在本文中,除非另外说明,否则术语“附接”、“连接”、“互连”、“接触”、“安装”等可以意指元件之间的直接或间接附接或接触。

[0138] 为了简洁和/或清楚起见,可以不详细描述众所周知的功能或构造。如本文中所使用的,表述“和/或”包括相关联的所列项中的一个或更多个的任何和所有组合。

[0139] 本文中所使用的术语仅仅出于描述具体实施例的目的,并且不旨在限制本发明构思。如本文中所使用的,单数形式“一(a/an)”和“该”也旨在包括复数形式,除非上下文另外清楚指示。还将理解的是,当在本说明书中使用术语“包括(comprises/comprising)”和/或“包含(includes/include)”时,指明所述特征、操作、元件和/或部件的存在,但并不排除一个或多个其它特征、操作、元件、部件和/或其组的存在或附加。

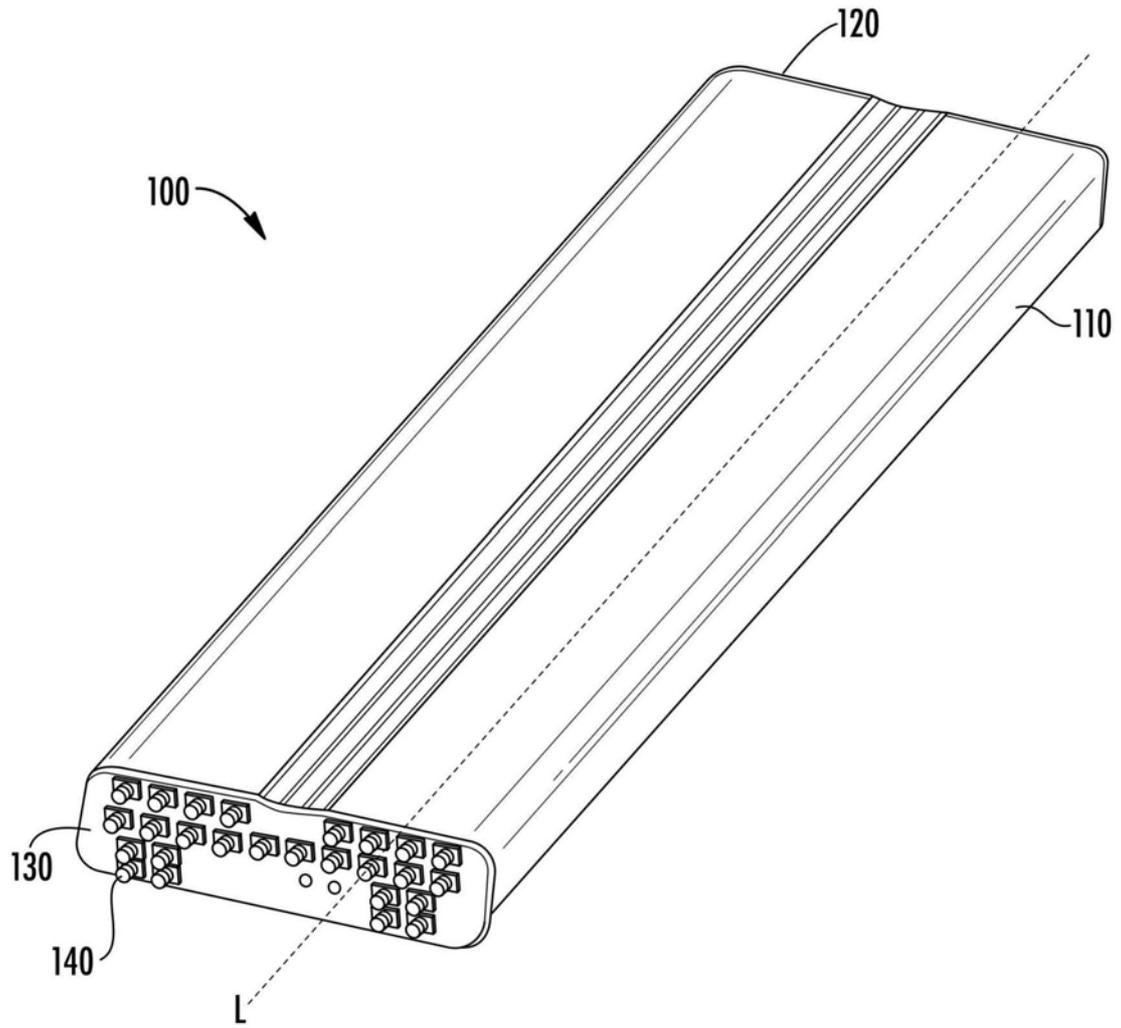


图1

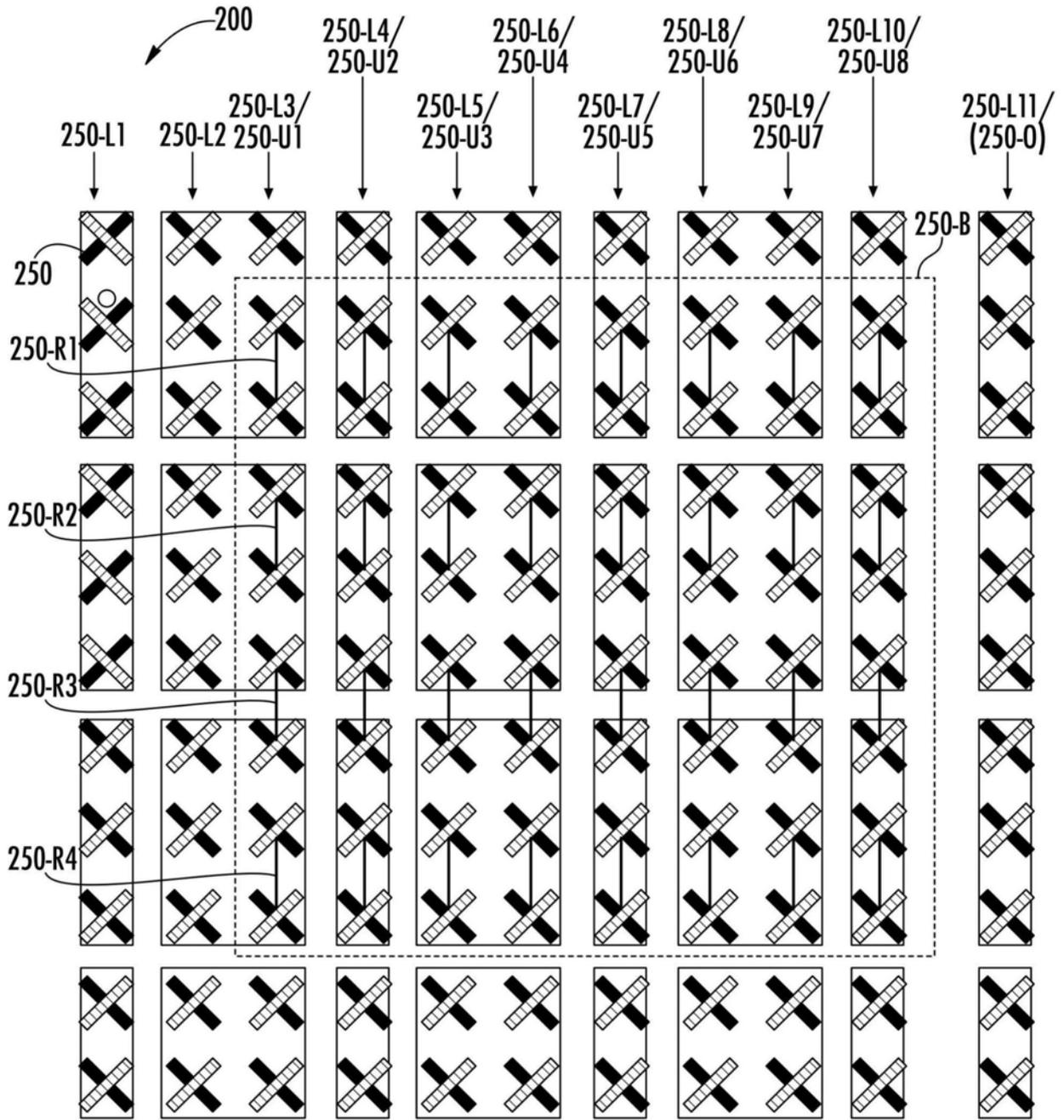


图2A

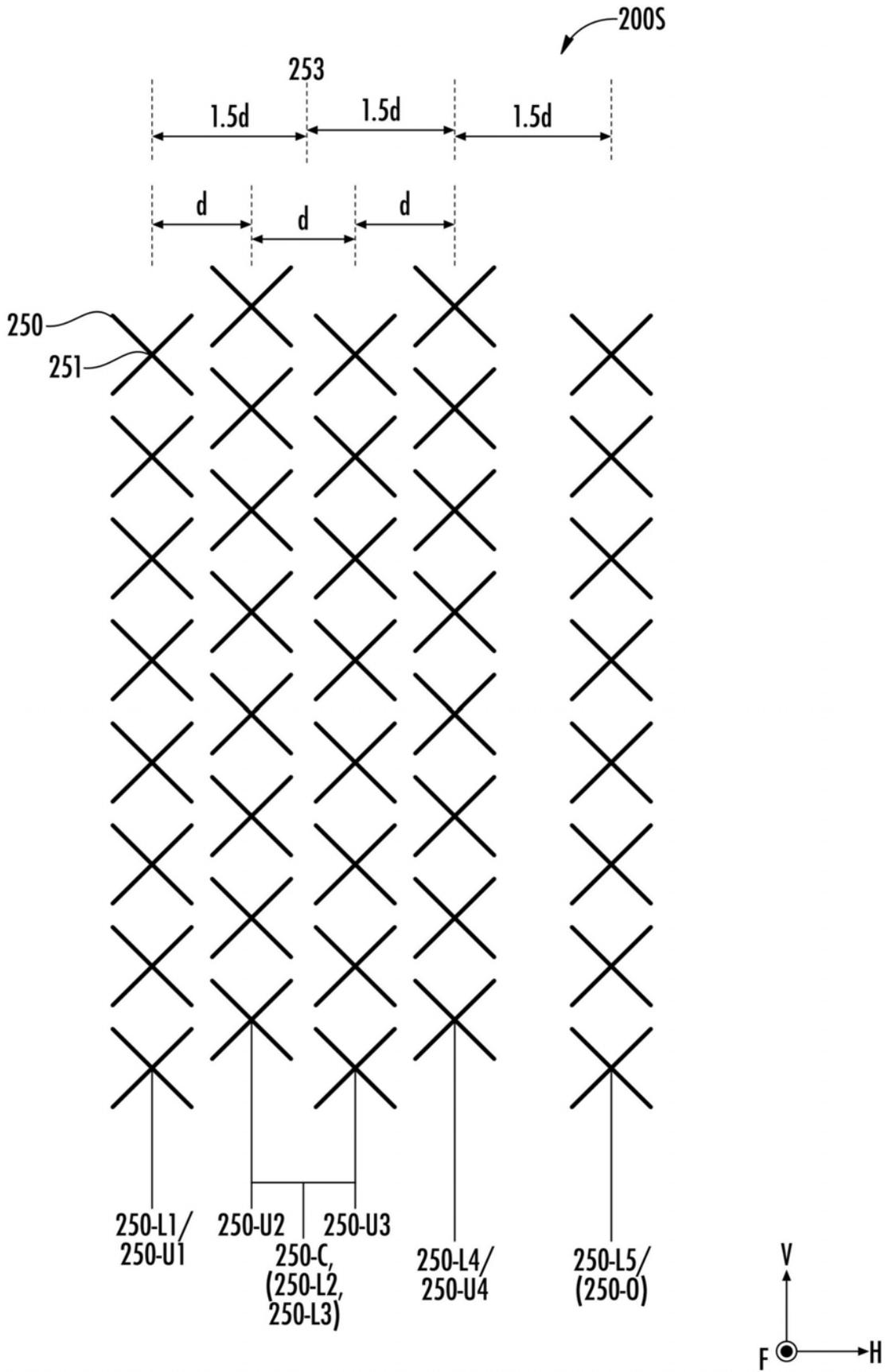


图2B

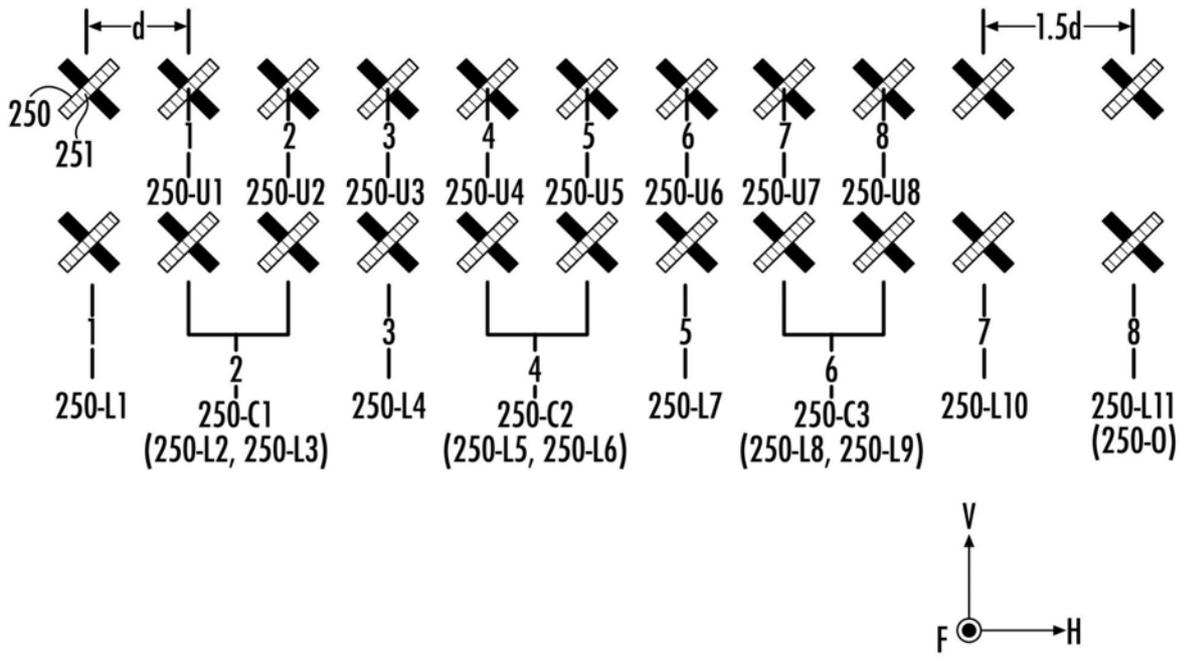


图2C

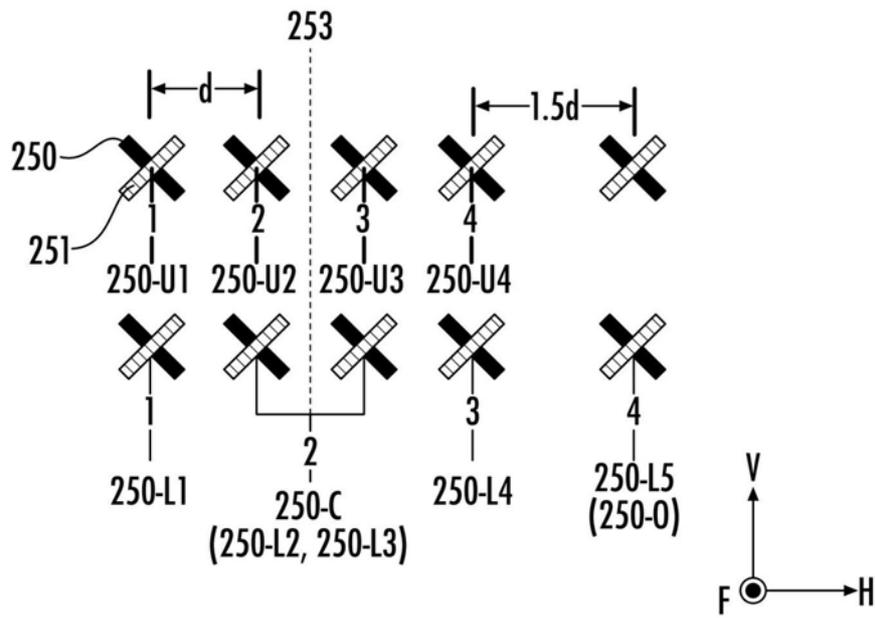


图2D

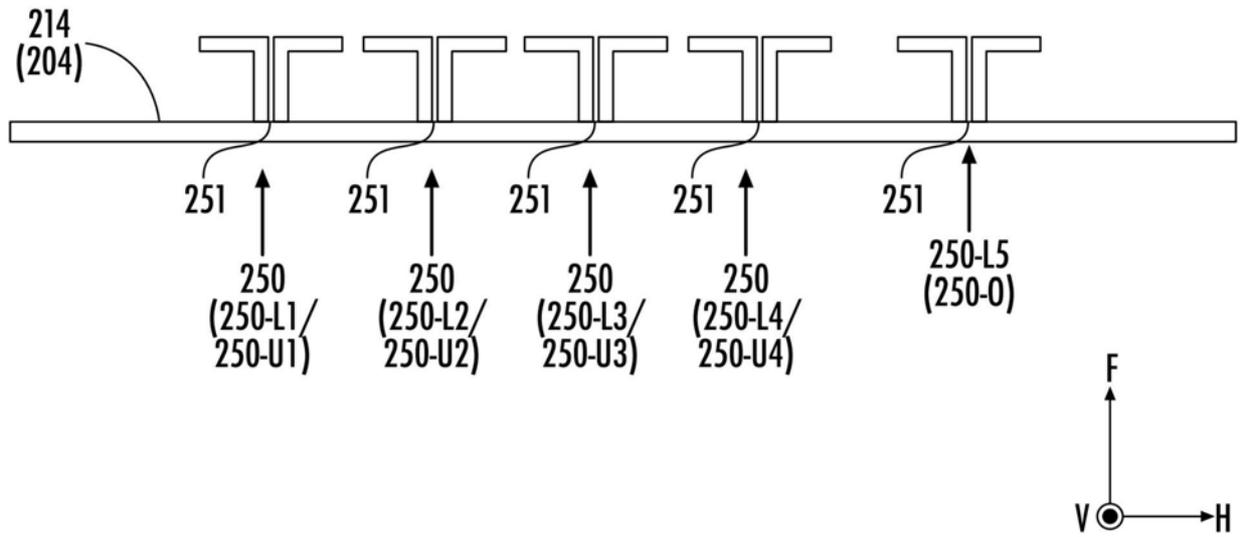


图2E

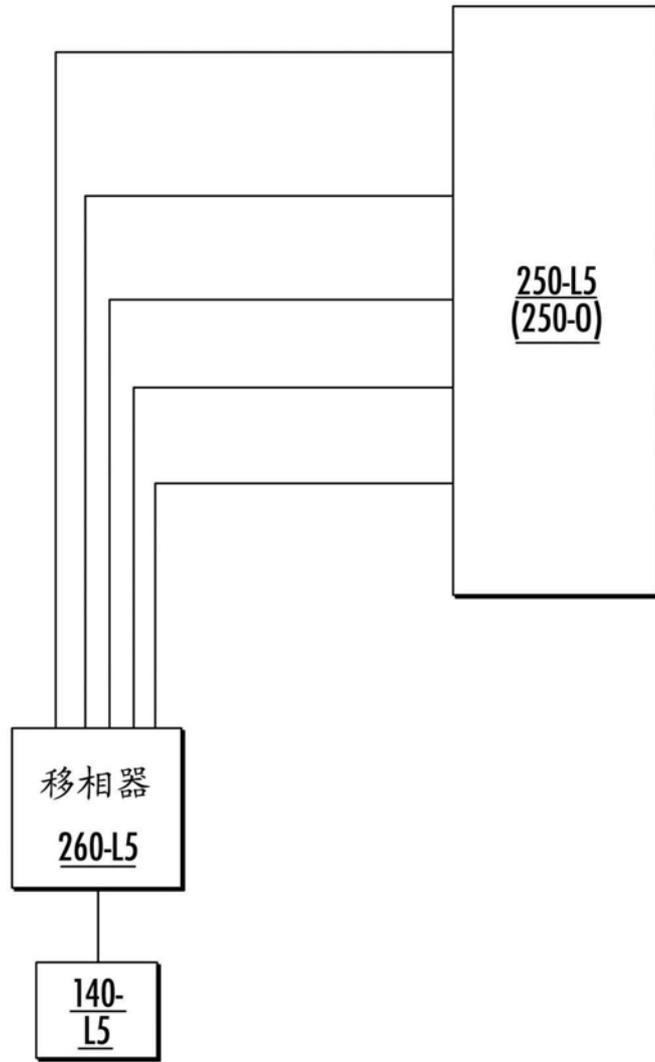


图2F

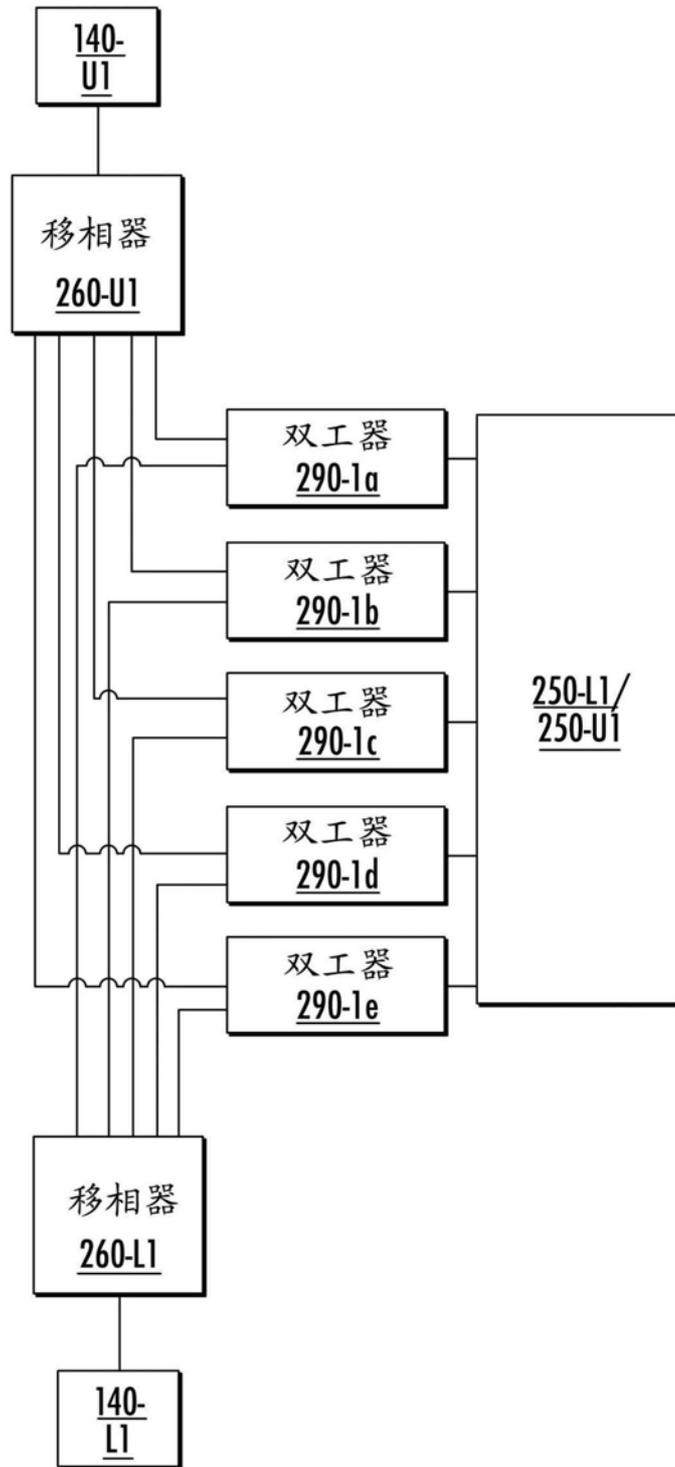


图2G

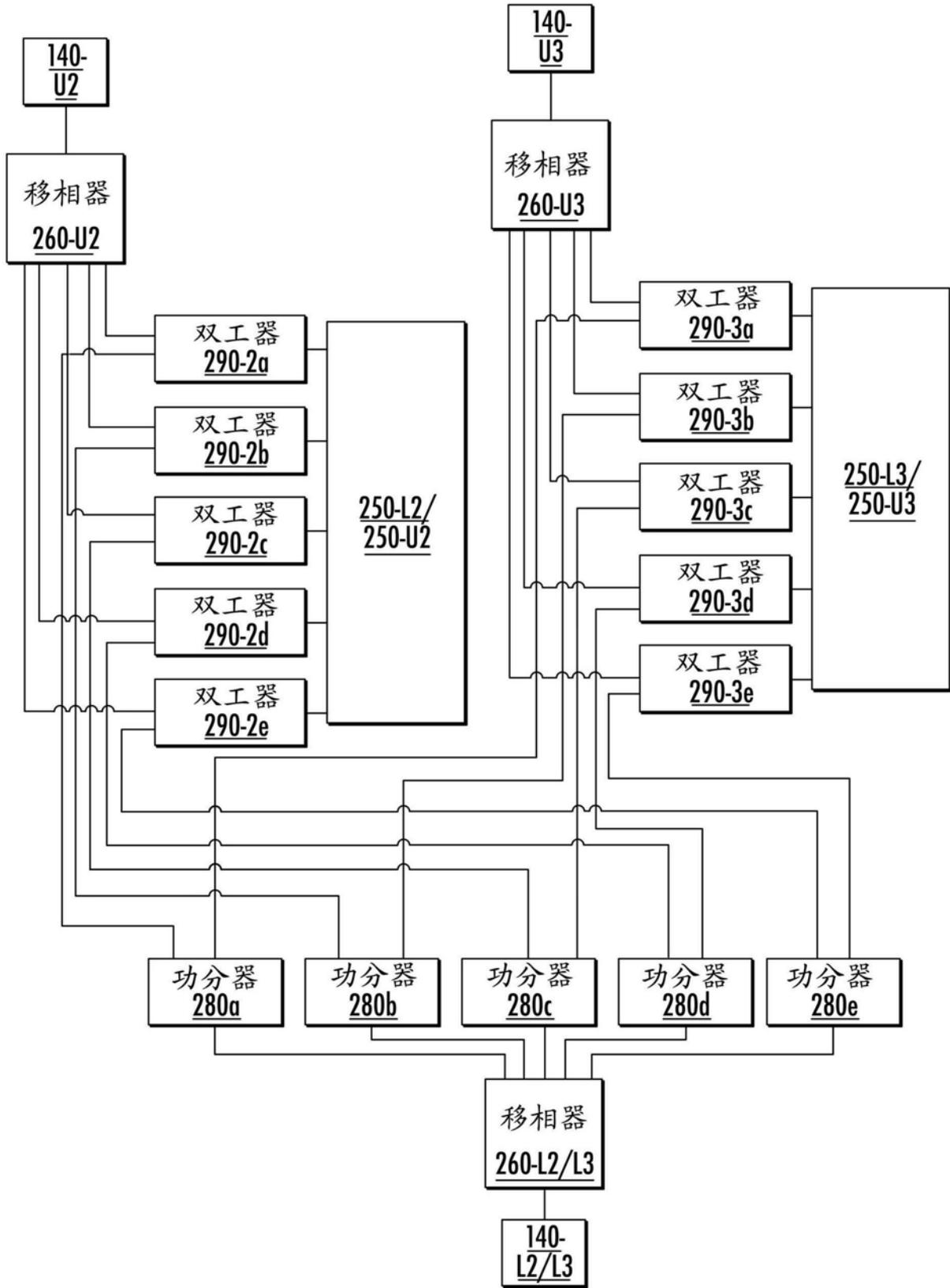


图2H

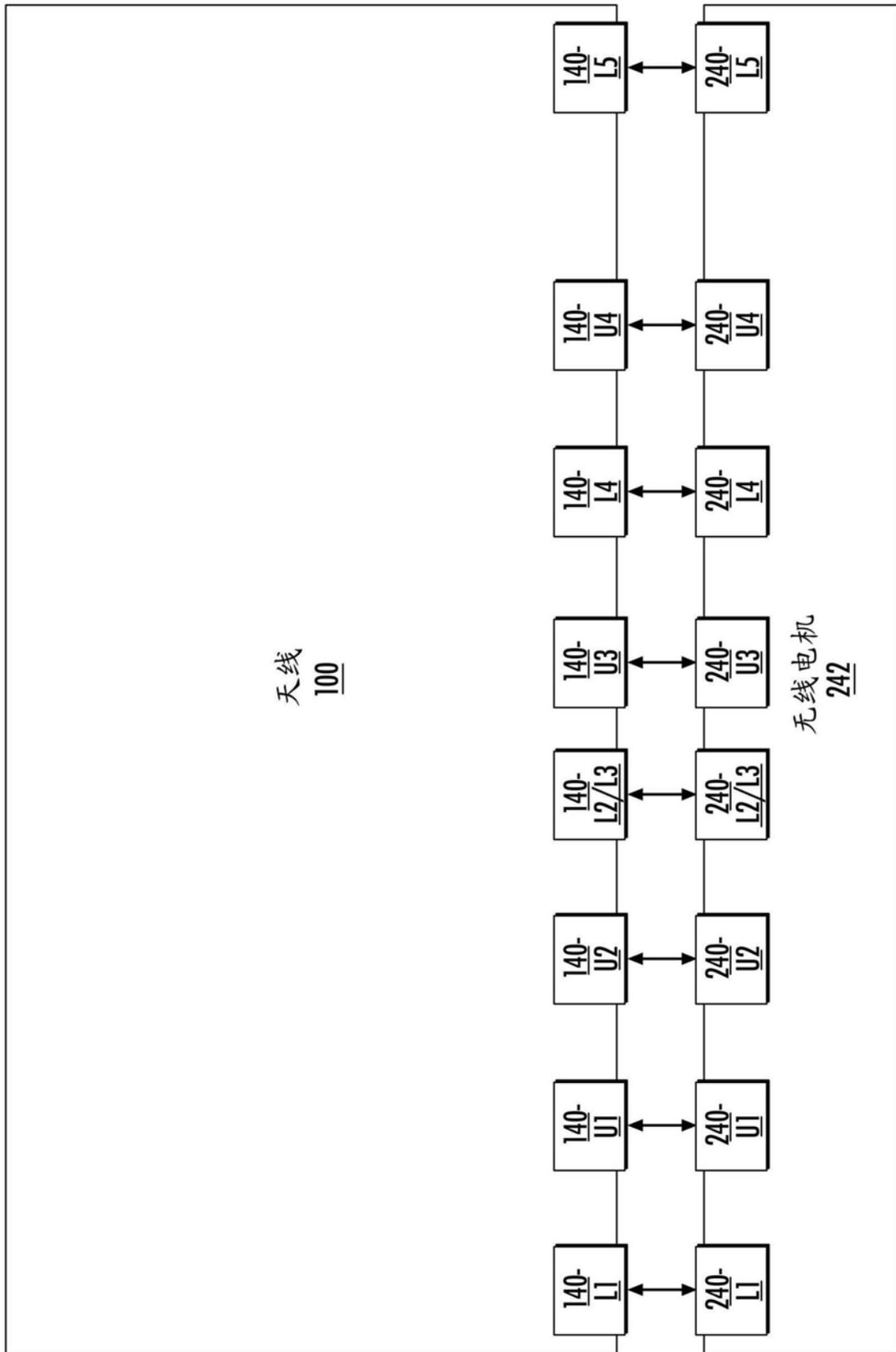


图2I

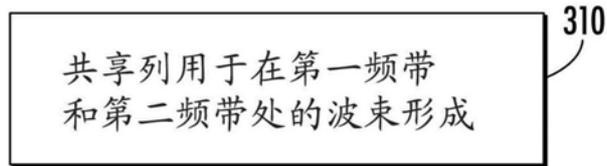


图3A

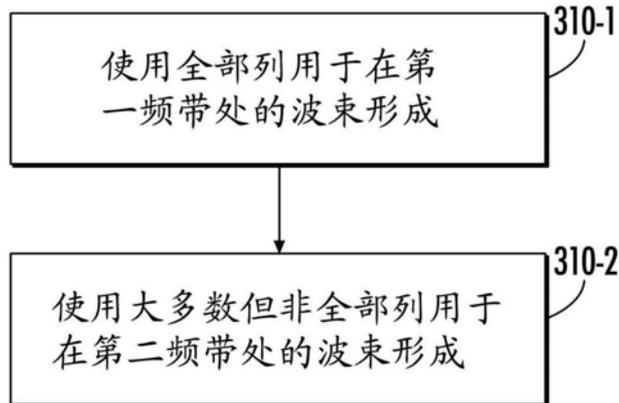


图3B

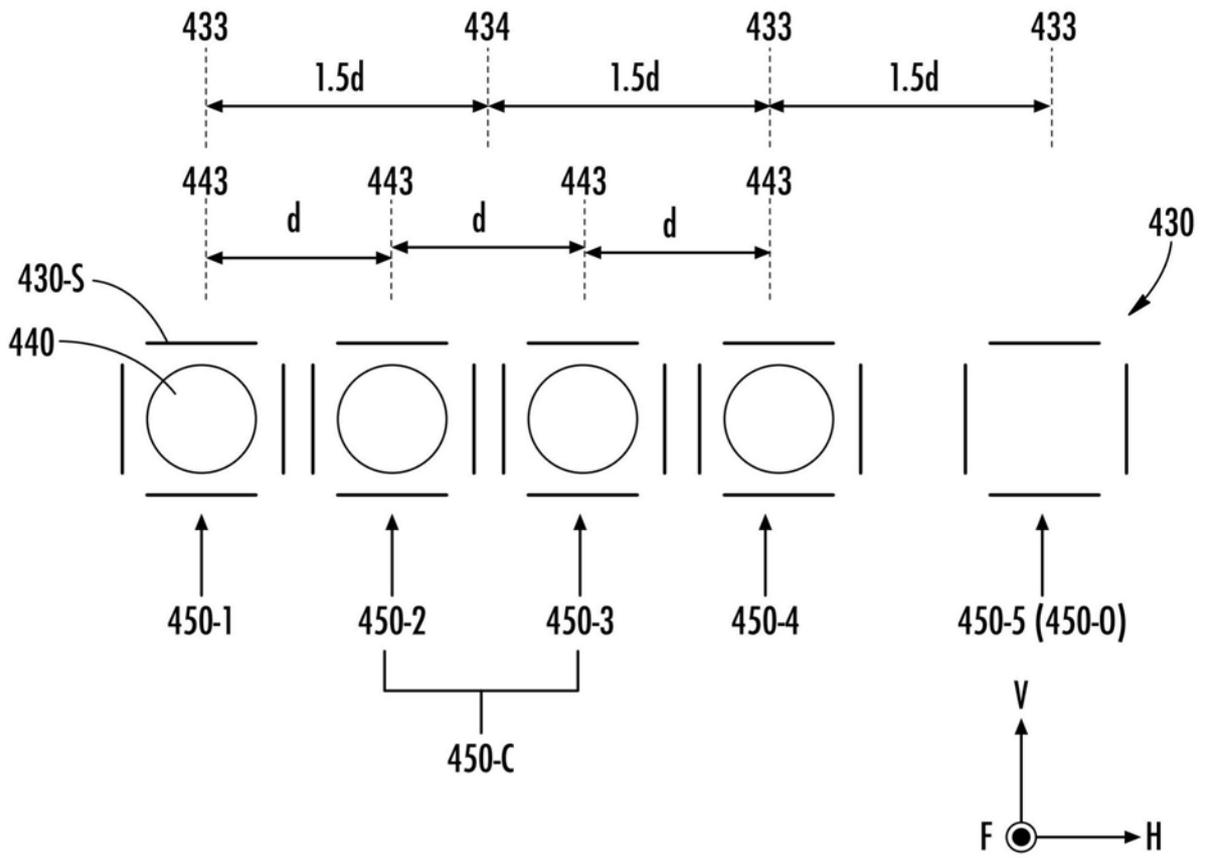


图4A

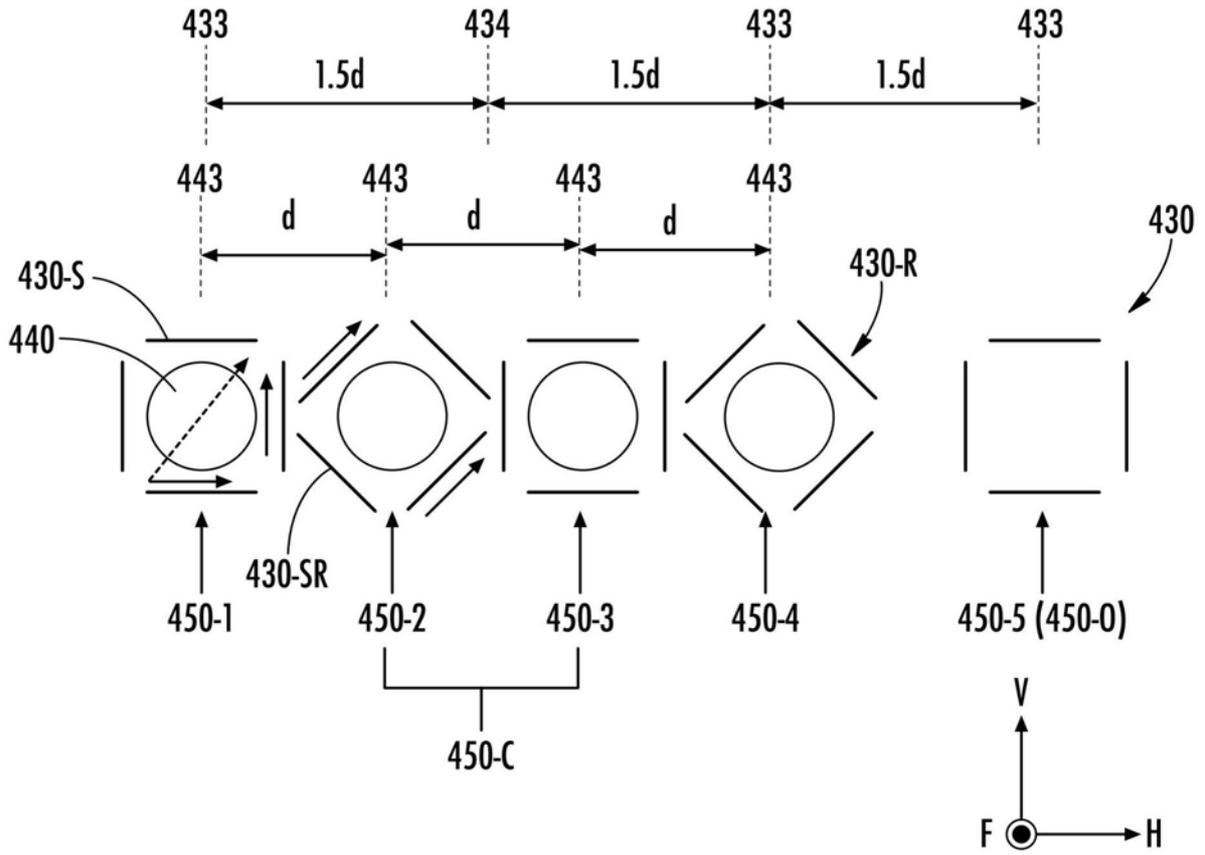


图4B

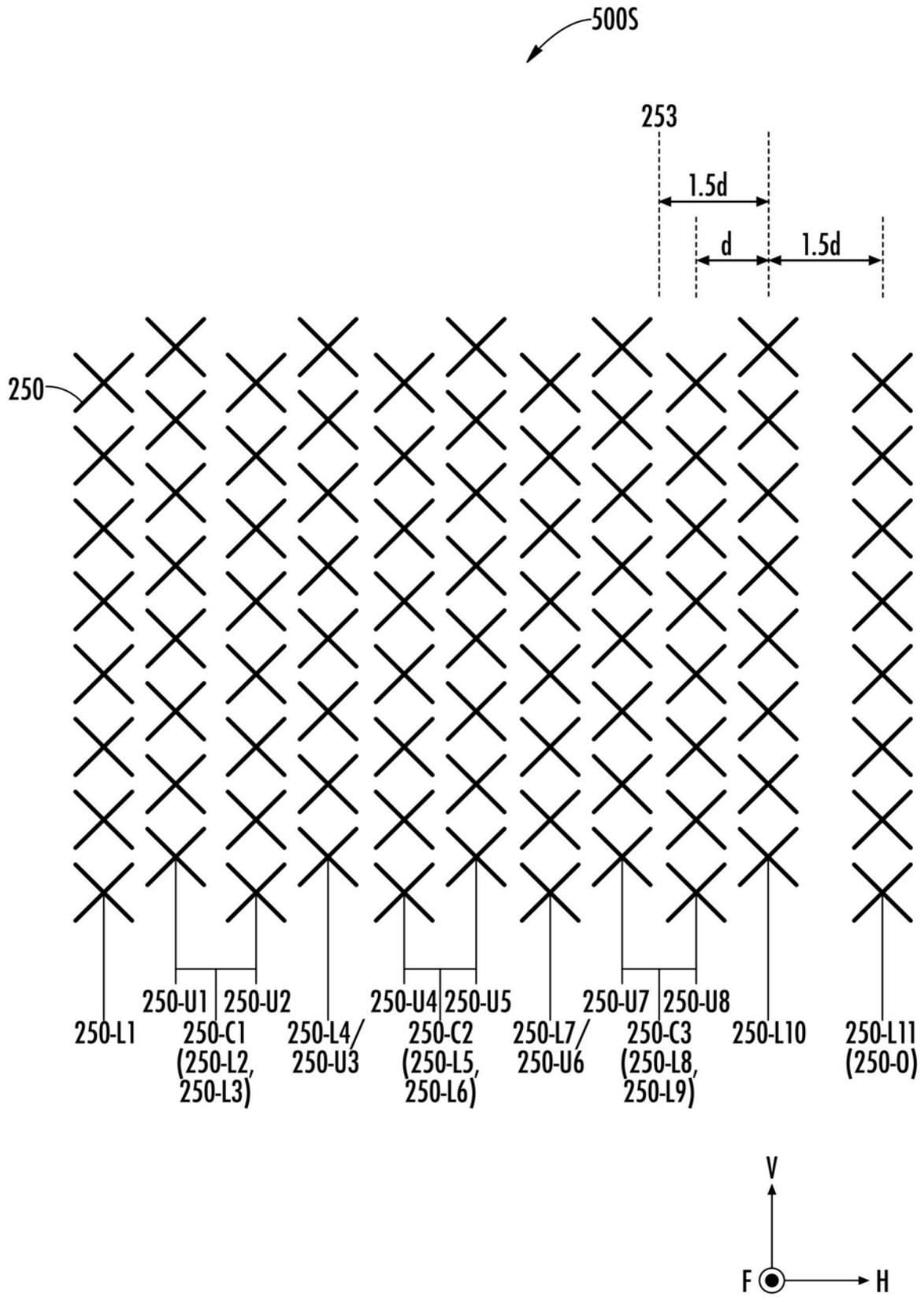


图5A

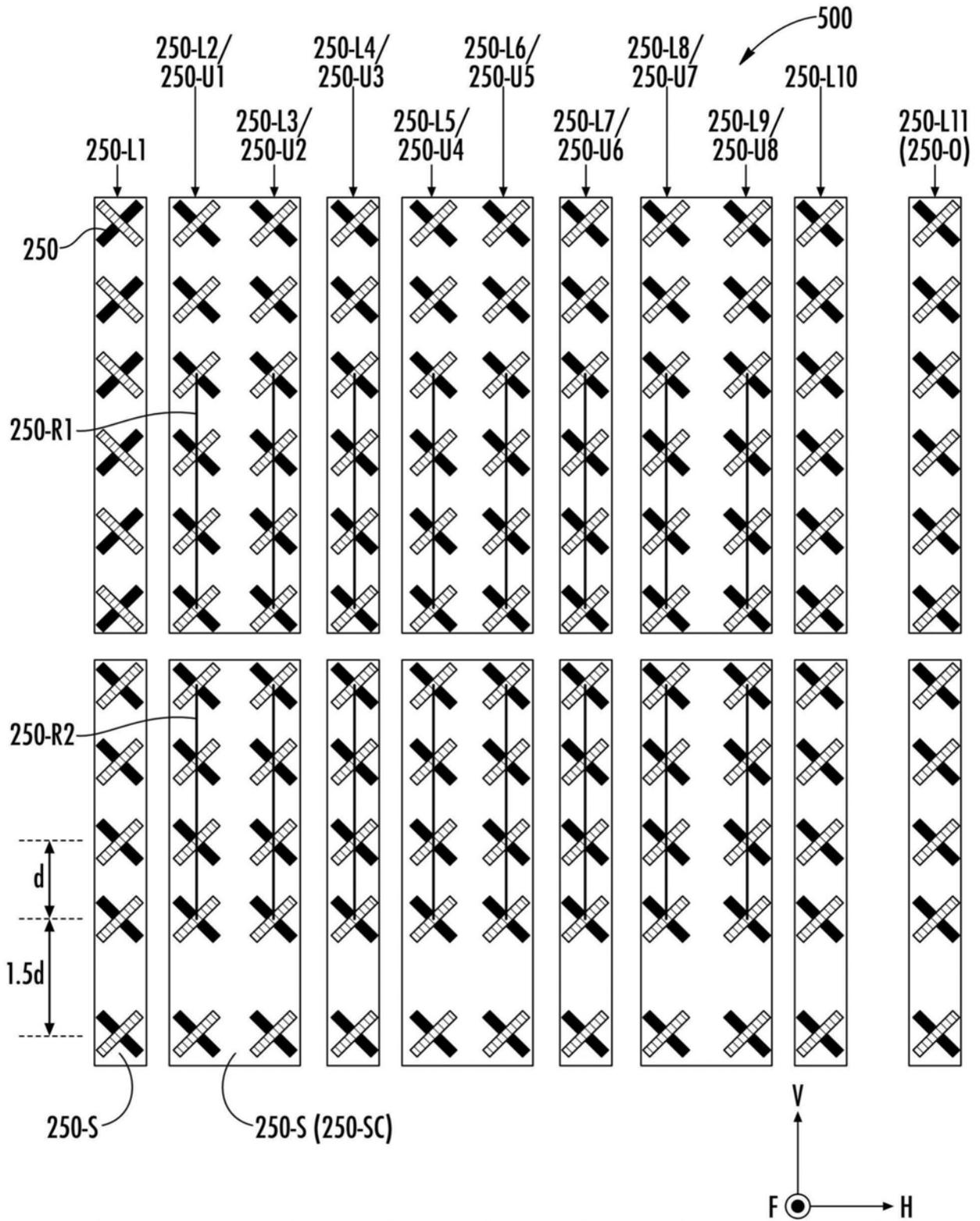


图5B

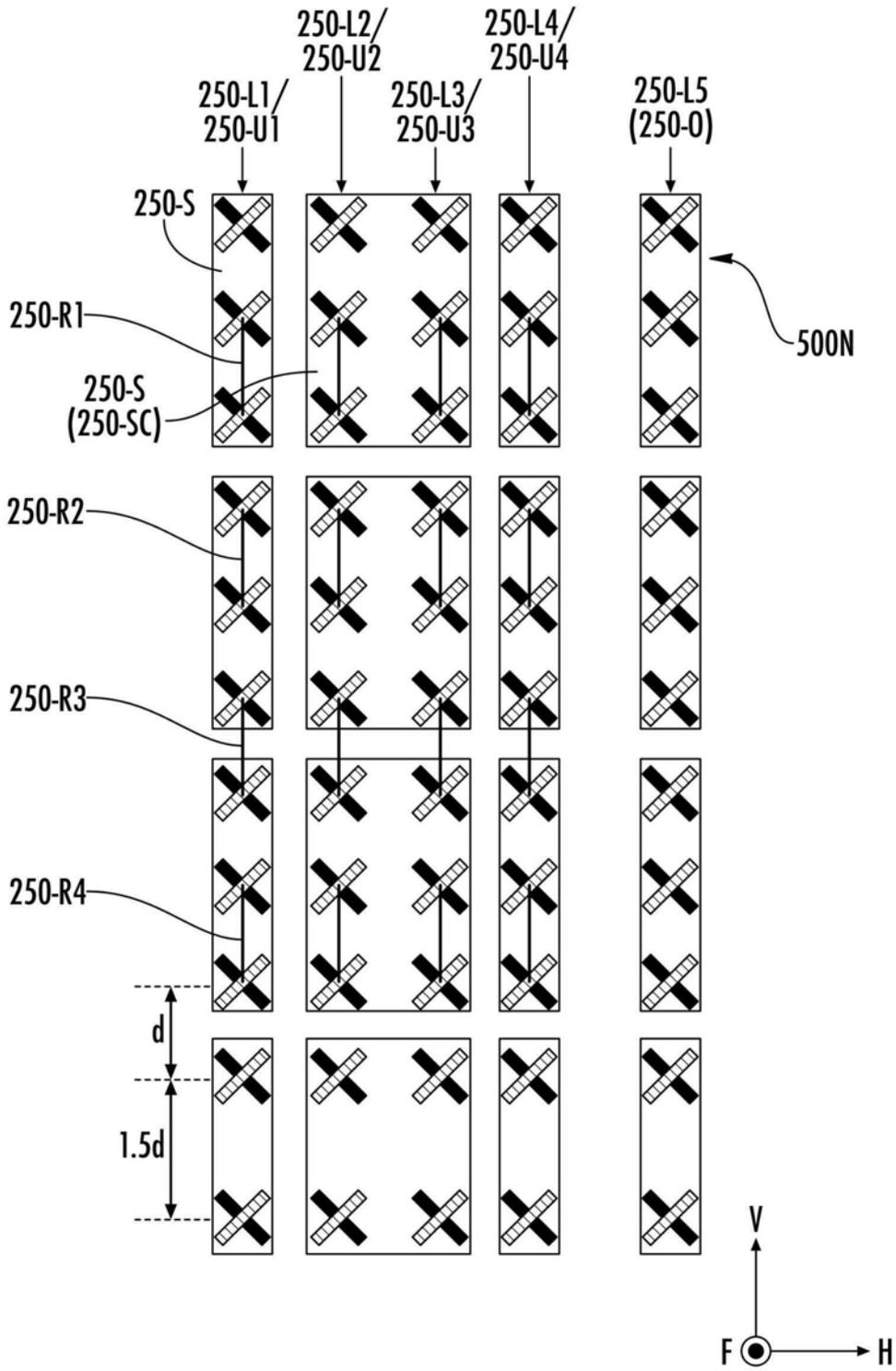


图5C

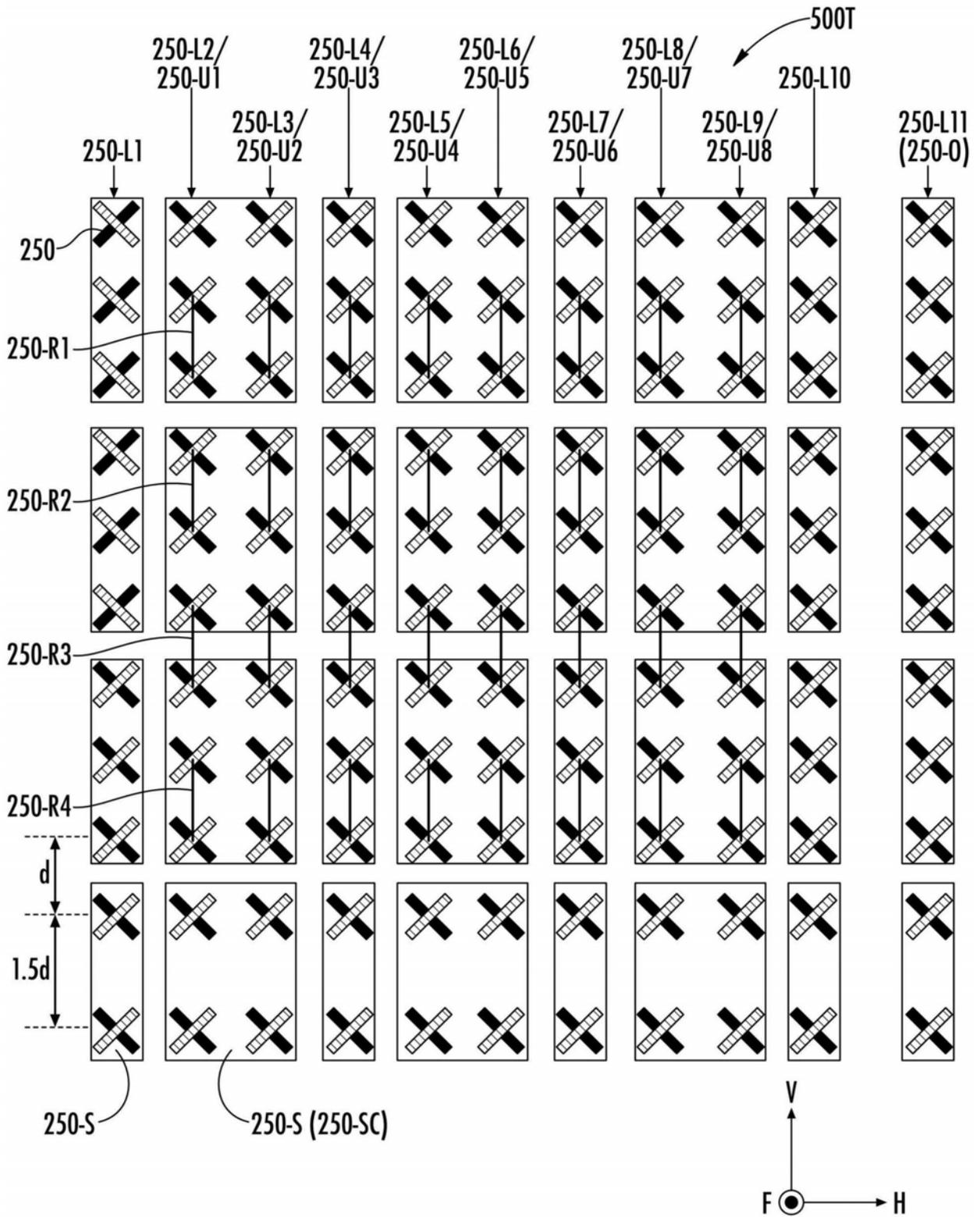


图5D

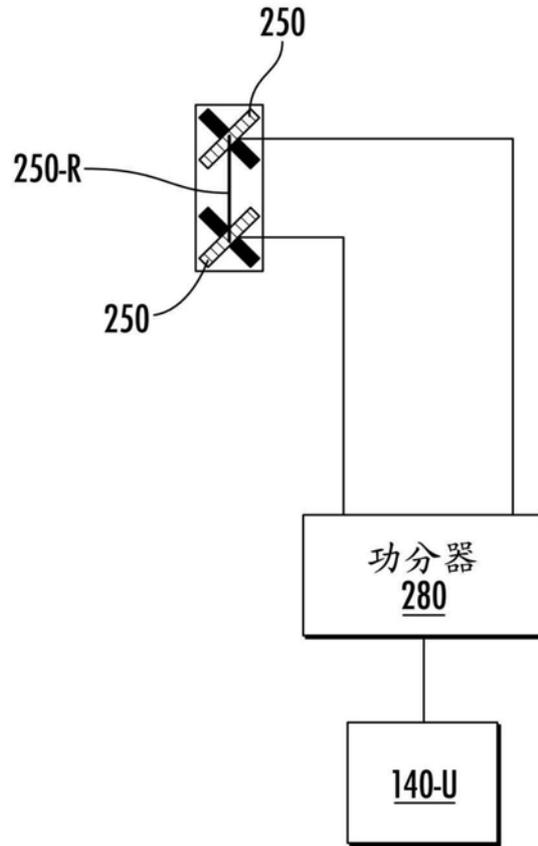


图5E

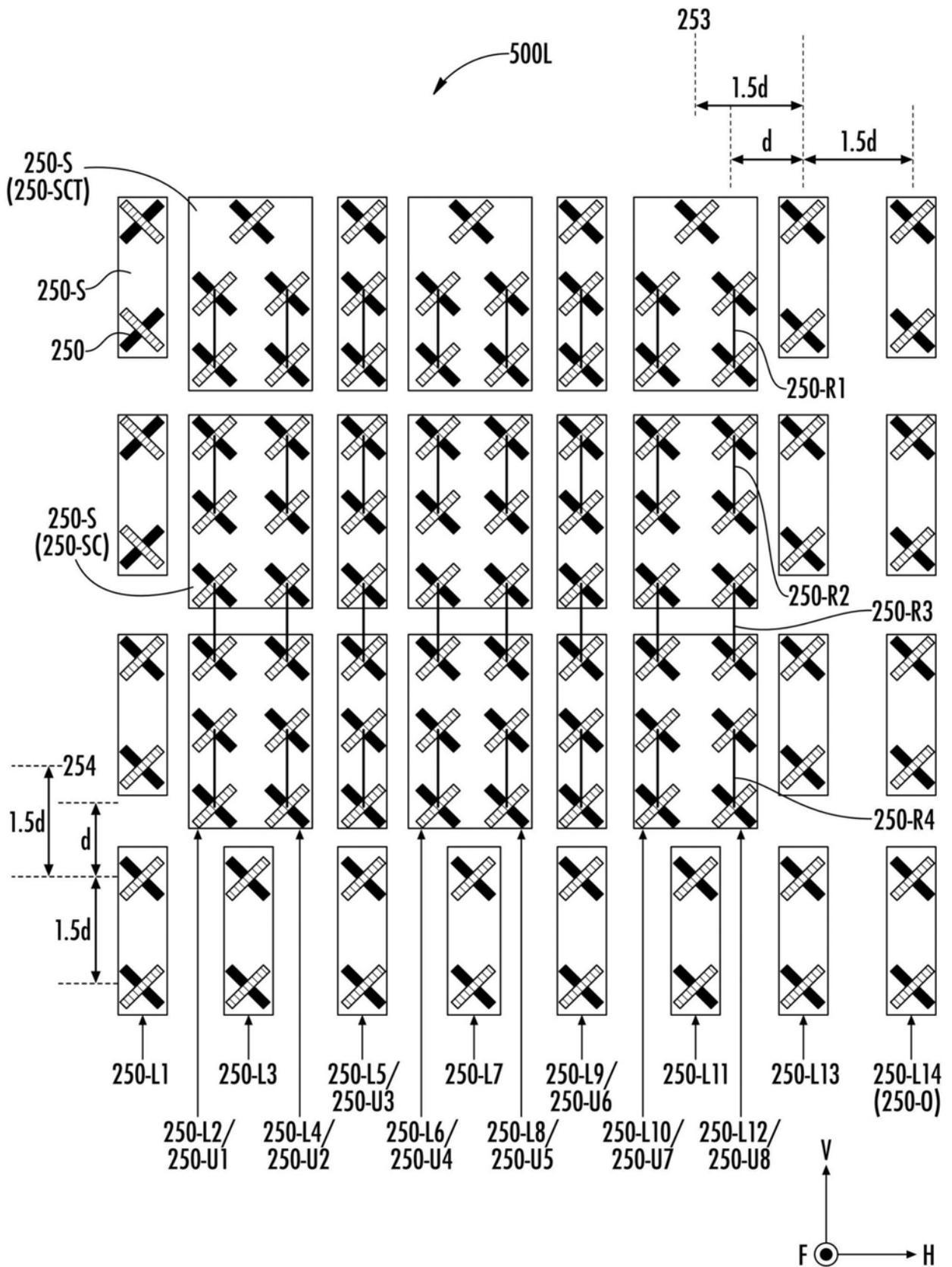


图5F

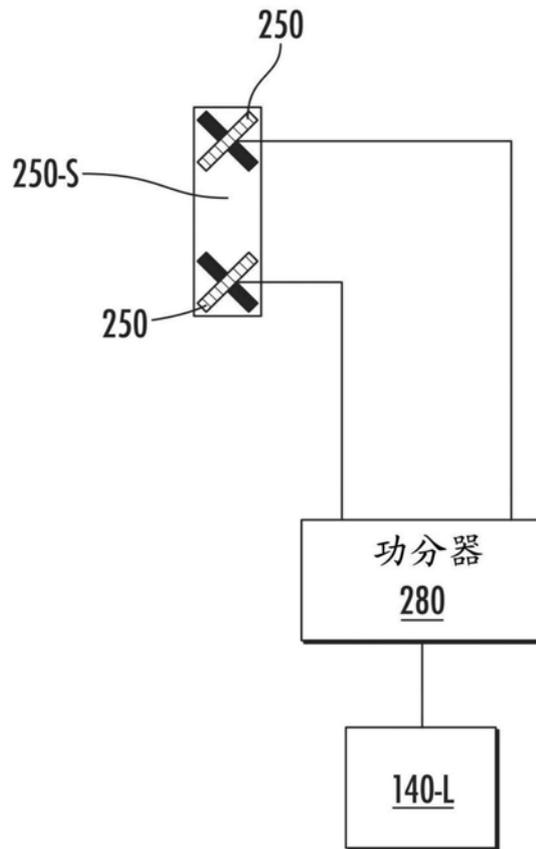


图5G

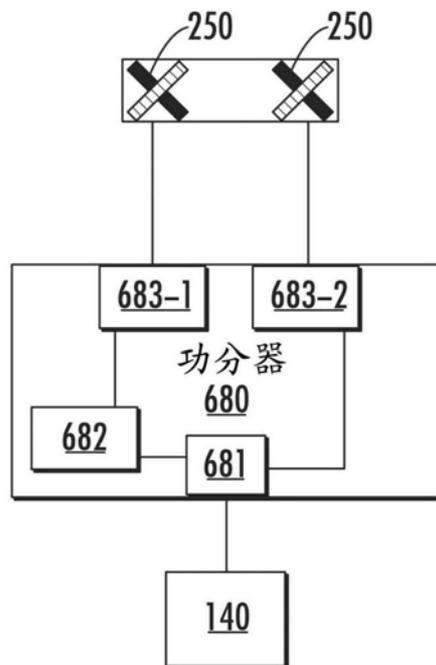


图6