



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117148318 B

(45) 授权公告日 2024. 01. 12

(21) 申请号 202311402997.9

(22) 申请日 2023.10.27

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 117148318 A

(43) 申请公布日 2023.12.01

(73) 专利权人 吉林大学
地址 130012 吉林省长春市前进大街2699号

(72) 发明人 宋俊峰 何亚芳 李雪童 屈欢
陈柏松 支自毫 陶敏 胡小龙

(74) 专利代理机构 北京山允知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 11741
专利代理师 胡冰

(51) Int. Cl.
G01S 7/481 (2006.01)

(56) 对比文件

- CN 106158998 A, 2016.11.23
- CN 110780281 A, 2020.02.11
- CN 113567960 A, 2021.10.29
- CN 113631954 A, 2021.11.09
- CN 107976666 A, 2018.05.01
- CN 114675369 A, 2022.06.28
- CN 114779277 A, 2022.07.22
- CN 115128733 A, 2022.09.30
- CN 115754989 A, 2023.03.07
- DE 102018116953 A1, 2019.01.17
- US 2021199888 A1, 2021.07.01

任莹;王昌龙.连续波激光相干探测技术研究.光电技术应用.2009,(第02期),全文.
任莹;王昌龙.连续波激光相干探测技术研究.光电技术应用.2009,(第02期),全文.

审查员 杨慧蕾

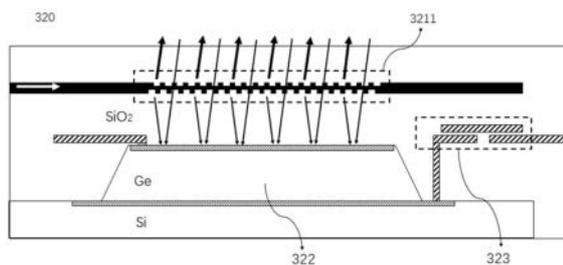
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种相干探测器及激光雷达芯片

(57) 摘要

本发明提出一种相干探测器及激光雷达芯片,涉及激光雷达技术领域,相干探测器包括:光栅、光电探测器和滤波器;通过所述光栅与所述光电探测器上下对准分布,使得向下辐射的光被充分利用,通过所述光栅将入射光中的部分光向上辐射到空间,所述光栅将入射光中的另一部分光向下辐射到所述光电探测器,进而使光能利用率提高。本发明提出的光栅与光电探测器上下分布的相干探测器结构和激光雷达芯片,结构紧凑,光能量达到最高利用率,芯片可以用CMOS工艺集成,可以实现低成本和高加工精度。



1. 一种用于激光雷达的相干探测器,其特征在于,包括:

光栅、光电探测器和滤波器;

其中,所述光栅与所述光电探测器上下对准分布,所述光栅将入射光中的部分光向上辐射到空间,所述光栅将入射光中的另一部分光向下辐射到所述光电探测器;

所述滤波器为高通滤波器;

所述光栅采用单向辐射光栅,所述单向辐射光栅将入射光中90%以上的光向上辐射到空间,所述单向辐射光栅将入射光中的其余部分光向下辐射到所述光电探测器,作为本地光。

2. 根据权利要求1所述的相干探测器,其特征在于,所述光电探测器接收所述本地光,以及空间的光通过目标物体反射后返回的光,所述光电探测器将光信号转换成电信号,所述电信号包括直流信号和交流信号,所述直流信号通过所述滤波器被去掉,所述交流信号带有物体的距离和速度信息。

3. 一种用于激光雷达的相干探测器,其特征在于,包括:

光栅、光电探测器和滤波器;

其中,所述光栅与所述光电探测器上下对准分布,所述光栅将入射光中的部分光向上辐射到空间,所述光栅将入射光中的另一部分光向下辐射到所述光电探测器;

所述滤波器为高通滤波器;

所述光栅采用普通光栅,所述普通光栅使入射光中向上辐射到空间的光和向下辐射到所述光电探测器的光接近等量,所述光电探测器的一个电极作为所述普通光栅的反射镜,将向下辐射到所述光电探测器的部分光向上反射到空间,将向下辐射到所述光电探测器的其余光作为本地光。

4. 根据权利要求3所述的相干探测器,其特征在于,所述光电探测器接收所述本地光,以及空间的光通过目标物体反射后返回的光,所述光电探测器将光信号转换成电信号,所述电信号包括直流信号和交流信号,所述直流信号通过所述滤波器被去掉,所述交流信号带有物体的距离和速度信息。

5. 一种用于激光雷达的相干探测器,其特征在于,包括:

光栅、光电探测器和滤波器;

其中,所述光栅将入射光中的部分光向上辐射到空间,所述光栅将入射光中的另一部分光向下辐射到所述光电探测器;

所述滤波器为高通滤波器;

所述光栅分为两段,第一段是向上单向辐射光栅,用于将入射光向上辐射到空间,第二段是向下单向辐射光栅,用于将入射光向下辐射到所述光电探测器,作为本地光,所述向下单向辐射光栅与所述光电探测器上下对准分布。

6. 根据权利要求5所述的相干探测器,其特征在于,所述光电探测器接收所述本地光,以及空间的光通过目标物体反射后穿过所述向下单向辐射光栅的光,所述光电探测器将光信号转换成电信号,所述电信号包括直流信号和交流信号,所述直流信号通过所述滤波器被去掉,所述交流信号带有物体的距离和速度信息。

7. 一种激光雷达芯片,其特征在于,包括输入光波导, $1 \times N$ 光开关阵列、收发器单元和透镜,其中,所述收发器单元包括权利要求1至6中任一项所述的相干探测器。

8. 根据权利要求7所述的激光雷达芯片,其特征在于,所述收发器单元还包括光束扩展器,所述光束扩展器是采用Y-分叉或定向耦合器实现的多波导结构,每个波导分别与一个所述相干探测器相连。

一种相干探测器及激光雷达芯片

技术领域

[0001] 本发明涉及激光雷达技术领域,更具体地,涉及一种相干探测器及激光雷达芯片。

背景技术

[0002] 激光雷达已经从智能手机,到自动驾驶汽车,再到无人机等诸多领域得到了广泛的应用。不同的应用对激光雷达提出了不同的要求,但是成本低廉、体积小巧的激光雷达是所有激光雷达的共同要求,采用硅基光电子集成芯片的全固态激光雷达是实现目标的有力手段。在测量方法方面,调频连续波方法比飞行时间方法更具优势。目前芯片式激光雷达报导的比较少,现存的芯片式相干探测器激光雷达芯片存在结构不够紧凑,光能损耗大的缺点。

[0003] 当前市场上,光栅会同时进行向上和向下两个方向散射,向下散射的光束进入衬底而被损耗掉了,只有向上散射的光束能被激光雷达系统所利用,所以光能利用率很低。

[0004] 图1所示为具有探测器的激光雷达系统结构示意图,其中,入射光经过光栅后分为向上光束和向下光束,向上光束中的大部分通过透镜(未示出)输出,向上光束中的小部分被透镜反射作为本地光,返回给接收单元中的探测器;这种依靠透镜的反射获取本地光的方法,一是结构不够紧凑且本地光和信号光混合效果不好,难以控制,给控制带来困难;二是发射光中的向下光束完全被浪费掉,光能利用率低。

发明内容

[0005] 针对背景技术中的问题,本发明提供一种相干探测器及激光雷达芯片,解决现有技术中激光雷达探测装置存在的缺陷。

[0006] 本发明解决上述技术问题的技术方案如下:

[0007] 一种用于激光雷达的相干探测器,包括:

[0008] 光栅、光电探测器和滤波器;

[0009] 其中,所述光栅与所述光电探测器上下对准分布,所述光栅将入射光中的部分光向上辐射到空间,所述光栅将入射光中的另一部分光向下辐射到所述光电探测器。

[0010] 优选的,所述滤波器为高通滤波器。

[0011] 优选的,所述光栅采用单向辐射光栅,所述单向辐射光栅将入射光中90%以上的光向上辐射到空间,所述单向辐射光栅将入射光中的其余部分光向下辐射到所述光电探测器,作为本地光。

[0012] 优选的,所述光栅采用普通光栅,所述普通光栅使入射光中向上辐射到空间的光和向下辐射到所述光电探测器的光接近等量,所述光电探测器的一个电极作为所述普通光栅的反射镜,将向下辐射到所述光电探测器的部分光向上反射到空间,将向下辐射到所述光电探测器的其余光作为本地光。

[0013] 优选的,所述光栅分为两段,第一段是向上单向辐射光栅,用于将入射光向上辐射到空间,第二段是向下单向辐射光栅,用于将入射光向下辐射到所述光电探测器,作为本地

光,所述向下单向辐射光栅与所述光电探测器上下对准分布。

[0014] 优选的,所述光电探测器接收所述本地光,以及空间的光通过目标物体反射后返回的光,所述光电探测器将光信号转换成电信号,所述电信号包括直流信号和交流信号,所述直流信号通过所述滤波器被去掉,所述交流信号带有物体的距离和速度信息。

[0015] 优选的,所述光电探测器接收所述本地光,以及空间的光通过目标物体反射后穿过所述向下单向辐射光栅的光,所述光电探测器将光信号转换成电信号,所述电信号包括直流信号和交流信号,所述直流信号通过所述滤波器被去掉,所述交流信号带有物体的距离和速度信息。

[0016] 一种激光雷达芯片,包括输入光波导,1×N光开关阵列、收发器单元和透镜,其中,所述收发器单元包括以上任一项相干探测器。

[0017] 优选的,所述收发器单元还包括光束扩展器,所述光束扩展器是采用Y-分叉或定向耦合器实现的多波导结构,每个波导与一个所述相干探测器相连。

[0018] 本发明的有益效果为:

[0019] (1)本地光的获取不依靠透镜反射,结构紧凑,体积小,集成度高;

[0020] (2)利用光电探测器与光栅上下对准分布,光栅将入射光中的部分光向上辐射到空间,光栅将入射光中的另一部分光向下辐射到光电探测器,向下辐射的部分光没有被浪费,可以做为本地光,光能量利用率更高;

[0021] (3)可以采用单向辐射光栅,90%以上光只在一个方向上散射,提高了光栅的能量效率;同时其余向下散射的部分光也被充分利用,进一步提高了光能利用率,大大地减小了损耗;

[0022] (4)可以采用普通光栅以节省成本,采用普通光栅时光电探测器的电极可以兼做部分光的反射镜,分布在光栅下面,易于控制;

[0023] (5)探测器可以是普通的PN结型探测器,也可以是雪崩光电二极管,或其他任何光电转换器件,无需限制探测器类型;

[0024] (6)可以采用分段的高单向性的单向辐射光栅,发射与接收分开,互不遮挡,容易实现本地光的能量控制。

附图说明

[0025] 为了更容易理解本发明,将通过参照附图中示出的具体实施方式更详细地描述本发明。这些附图只描绘了本发明的典型实施方式,不应认为对本发明保护范围的限制。

[0026] 图1是现有技术提供的激光雷达系统结构示意图;

[0027] 图2 是本发明实施例提供的相干探测激光雷达系统的结构示意图;

[0028] 图3是本发明实施例提供的收发器单元的结构示意图;

[0029] 图4是本发明实施例提供的相干探测器的结构示意图;

[0030] 图5是本发明实施例提供的相干探测激光器的结构侧视图;

[0031] 图6是本发明另一实施例提供的相干探测器另一结构侧视图;

[0032] 图7是本发明另一实施例提供的相干探测器另一结构侧视图。

[0033] 附图标记:

[0034] 100-输入光波导、200-1×N光开关阵列、300-收发器单元、400-透镜、310-光束扩

展器、320-相干探测器、321-光栅、322-光电探测器、323-滤波器、3211-单向辐射光栅、3212-普通光栅、324-电极、325-返回光。

实施方式

[0035] 下面参照附图描述本发明的实施方式,以便于本领域的技术人员可以更好的理解本发明并能予以实施,但所列举的实施例不作为本发明的限定,在不冲突的情况下,下述的实施例及实施例中的技术特征可以相互组合,其中相同的部件用相同的附图标记表示。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范畴。

[0036] 请参考图2,图3,图4以及图5,图2为本发明实施例所提供的一种基于相干探测器的激光雷达系统结构示意图;图3为图2中收发器单元的结构示意图;图4为图3中一种相干探测器的结构示意图;图5为本发明一种实施例的相干探测器的结构侧视图。

[0037] 参见图2,在本发明实施例中,激光雷达系统芯片由输入光波导100、 $1 \times N$ 光开关阵列200、收发器单元300和透镜400组成。

[0038] 经过调制的窄线宽激光信号经过输入光波导100进入 $1 \times N$ 光开关阵列200,通过 $1 \times N$ 光开关阵列的选择,使入射光进入某个收发器单元300,由于该收发器单元相对透镜的中心位置的不同,使出射光的方向不同,从而起到扫描的效果。收发器单元300是系统的核心器件,它的作用是激光测距。

[0039] 参见图3,收发器单元300由光束扩展器310、相干探测器320组成,光束扩展器310用于实现光束的横向扩展,使其具有更大的发射和接收面积,它可以是Y-分叉或定向耦合器实现的多波导结构,每个波导与一个相干探测器320相连。

[0040] 参见图4以及图5,相干探测器320由光栅321、光电探测器322和滤波器323组成。在本发明的多个实施例中,光栅321可以采用多种不同形式,图5中采用单向辐射光栅3211,单向辐射光栅3211将入射光中的大部分光($\geq 90\%$)向上辐射到空间,入射光中的其余部分光向下辐射,向下辐射的光作为本地光。向上辐射到空间的光信号通过目标物体的反射,作为返回光,返回光穿过单向辐射光栅3211与向下的本地光一起照到光电探测器322。光电探测器322将光信号转换成电信号,产生一个直流信号和一个交流信号,直流信号通过滤波器323被去掉,交流信号带有物体的距离和速度信息,被提取出来进行计算。滤波器323可以采用高通滤波器。

[0041] 值得说明的是,图1所示的现有技术中依靠透镜反射获取本地光,而本实施例提供的相干探测器,本地光的获取不依靠透镜,通过光栅采用单向辐射光栅,单向辐射光栅可以将入射光中90%以上的光向上辐射到空间,单向辐射光栅将入射光中的其余部分光向下辐射到光电探测器,作为本地光;结构紧凑,体积小,集成度高;利用光电探测器与光栅上下对准分布,光栅将入射光中大部分光作为光源发射,其余部分光做为本地光,完全利用了向下部分光的能量,使得向下部分光的能量没有被浪费,光能量利用率更高。

[0042] 单向辐射光栅能够使大部分入射光向上辐射到空间,大部分光作为光源发射,向上辐射到空间的光信号通过目标物体的反射,得到返回光,光能利用率高。单向辐射光栅可以采用双层氮化硅波导制作,或一层硅波导和一层氮化硅波导的双层结构,或其他具有一定错位结构的双层波导光栅制作;也可以采用现有技术其他所有可以实现高效的单向辐射

的光栅,此处也不做具体限定,视其具体应用环境而定,均在本申请的保护范围内。

[0043] 请参考图6,图6提供了本发明的另一种实施例的相干探测器的侧视图,图6中所示的相干探测器中的光栅,可以采用普通光栅3212和反射镜的方式替代,其中,光电探测器322的一个电极324作为光栅的反射镜,普通光栅3212将入射光中的部分光向下辐射到光电探测器322后,向下光束中大部分光反射到空间,与向上光束一起经过目标物体反射,向下光束中少部分光作为本地光与经目标物体反射回的所有返回光325进入到光电探测器322;采用普通光栅3212时光电探测器322的电极324可以兼做部分光的反射镜,光电探测器322分布在普通光栅3212下面。其中,电极324作为反射镜,从垂直角度看,面积不大,返回光325大部分进入光电探测器322。光电探测器322接收本地光,以及空间的光通过目标物体反射后的返回光325,光电探测器322将光信号转换成电信号,电信号包括直流信号和交流信号,直流信号通过滤波器323被去掉,交流信号带有物体的距离和速度信息。其中,滤波器可以采用高通滤波器。

[0044] 通过光栅采用普通光栅,普通光栅使入射光中向上辐射到空间的光和向下辐射到光电探测器的光接近等量,光电探测器的一个电极作为普通光栅的反射镜,将向下辐射到光电探测器的部分光向上反射到空间,实现大部分光作为光源发射;同时将向下辐射到光电探测器的其余光作为本地光,实现了节省成本的同时,也易于实现控制;并且向下光束没有被浪费,光能利用率高。

[0045] 普通光栅可以是普通的硅波导光栅,沿着波导传播的光遇到光栅后分成上下两束散射光,光散射方向有上下两个,向上散射的光和向下散射的光接近等量。在本发明的实施例中,能够被利用的光不仅有向上的一束,向下的光也被充分利用,没有被浪费掉,大大地提高了光栅效率且降低成本。

[0046] 请参考图7,图7提供了本发明的相干探测器的另一种实施例,图7所示的相干探测器,可以分成两段,两段均是高单向性的单向辐射光栅,另一方向上几乎没有散射光;第一段是向上的单向辐射光栅,作为空间辐射源,第二段是向下的单向辐射光栅,作为本地光;通过将单向辐射光栅分为两段,使得第一段向上单向辐射光栅用于将入射光向上辐射到空间,第二段是向下单向辐射光栅,用于将入射光向下辐射到光电探测器,作为本地光,向下单向辐射光栅与光电探测器上下对准分布;使得光电探测器接收到向下辐射到光电探测器的本地光,以及向上辐射到空间的光经目标物体反射后穿过向下单向辐射光栅的返回光,经过计算得到目标物体的距离信息和速度信息。

[0047] 本实施例实现了发射和接收分开,互不遮挡,更容易控制本地光的能量。

[0048] 本实施例的向上单向辐射光栅和向下单向辐射光栅具有高单向性,可以通过散射强度匹配的办法,实现高单向性的设计。

[0049] 本发明的相干探测器在具体的制作过程中,首先,在清洗过的Si(或SOI)晶圆上,旋涂1微米厚的光刻胶,通过光刻的方法,打开探测器下欧姆接触区域的窗口,并进行离子注入;去胶清洗后,沉积200nm二氧化硅层,通过刻蚀的方法,打开外延Ge的窗口;用超真空CVD选择性外延技术生长720nm的锗;旋涂1微米厚的光刻胶,通过光刻的方法,打开探测器上欧姆接触区域的窗口,并进行离子注入;去胶清洗后,激光退火;沉积1微米厚的二氧化硅,通过刻蚀方法,在外延Ge的区域内进行反向刻蚀,并做CMP,使晶圆表面平滑;通过光刻和刻蚀技术,开光电探测器上和下两个电极的欧姆接触孔;沉积25nm的Ta₂N₅,750nm的

AlSiCu, 25nm的TaN, 并通过光刻和金属刻蚀技术, 制作出电极布线以及高通滤波器中所需的电容、电感形状; 沉积1微米厚的二氧化硅, 并做金属布线的反向刻蚀, 做CMP使表面平整光滑; 通过光刻和刻蚀技术, 在高通滤波器需要电容的区域刻蚀二氧化硅到金属, 利用原子层外延技术沉积1nm厚的 Al_2O_3 ; 沉积25nm的TaN, 750nm的AlSiCu, 25nm的TaN, 并通过光刻和金属刻蚀技术, 制作出电容器需要的面积; 沉积1微米厚的二氧化硅, 和400nm的氮化硅波导层, 通过氮化硅波导层的光刻和刻蚀技术, 制作出波导、光栅等结构; 去胶清洗后, 沉积2微米厚的二氧化硅, 做CMP, 使表面平整光滑; 通过光刻和刻蚀技术, 刻蚀出金属与表面电极的接触孔; 去胶清洗后, 沉积25nm的TaN, 2微米的AlSiCu, 25nm的TaN, 并再次通过光刻和金属刻蚀技术, 刻出表面电极。

[0050] 本发明中各个实施例采用递进的方式描述, 每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处, 各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的装置而言, 由于其与实施例公开的方法相对应, 所以描述的比较简单, 相关之处参见方法部分说明即可。

[0051] 上所述的实施例, 只是本发明较优选的具体实施方式, 本说明书使用词组“在一种实施例中”、“在另一个实施例中”、“在又一实施例中”或“在其他实施例中”, 其均可指代根据本公开的相同或不同实施例中的一个或多个。本领域的技术人员在本发明技术方案范围内进行的通常变化和替换都应包含在本发明的保护范围内。

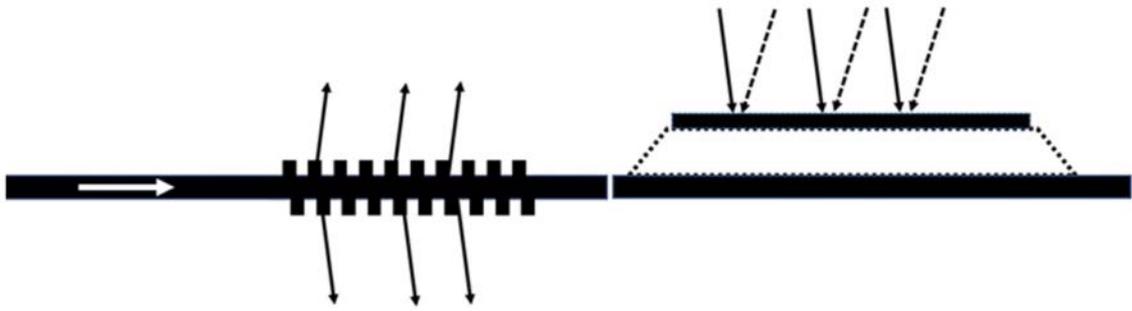


图 1

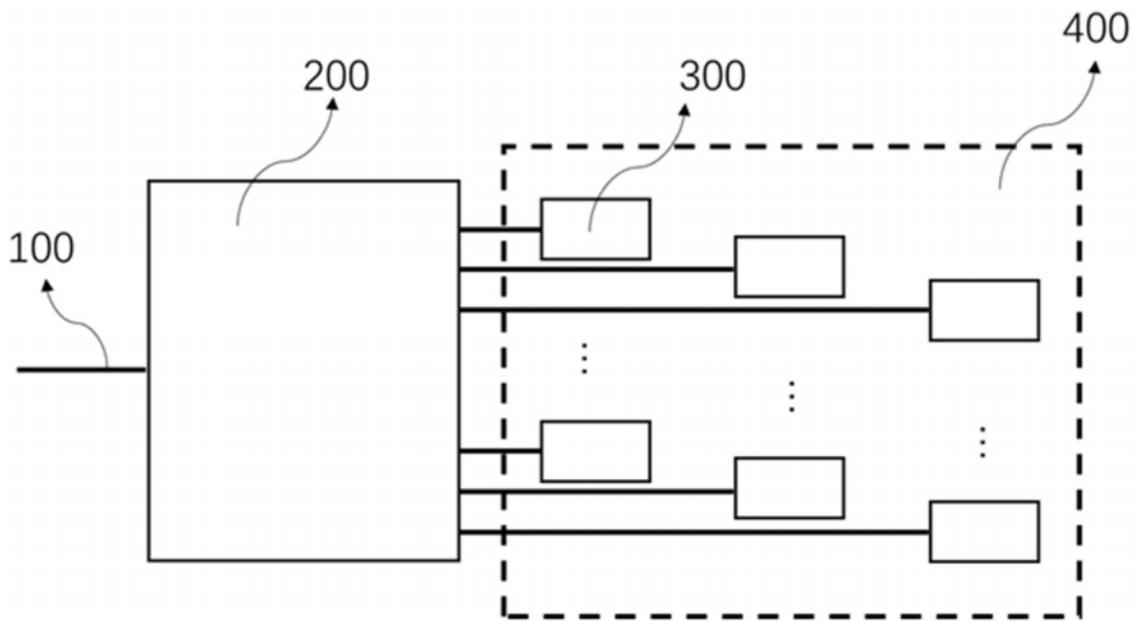


图 2

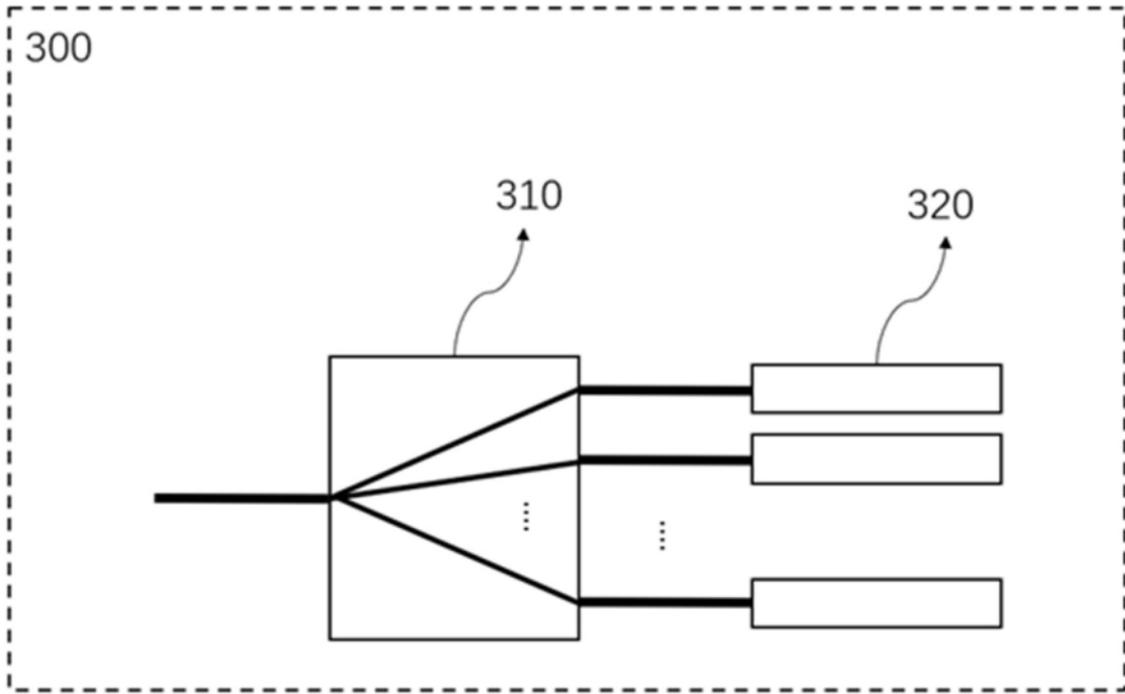


图 3

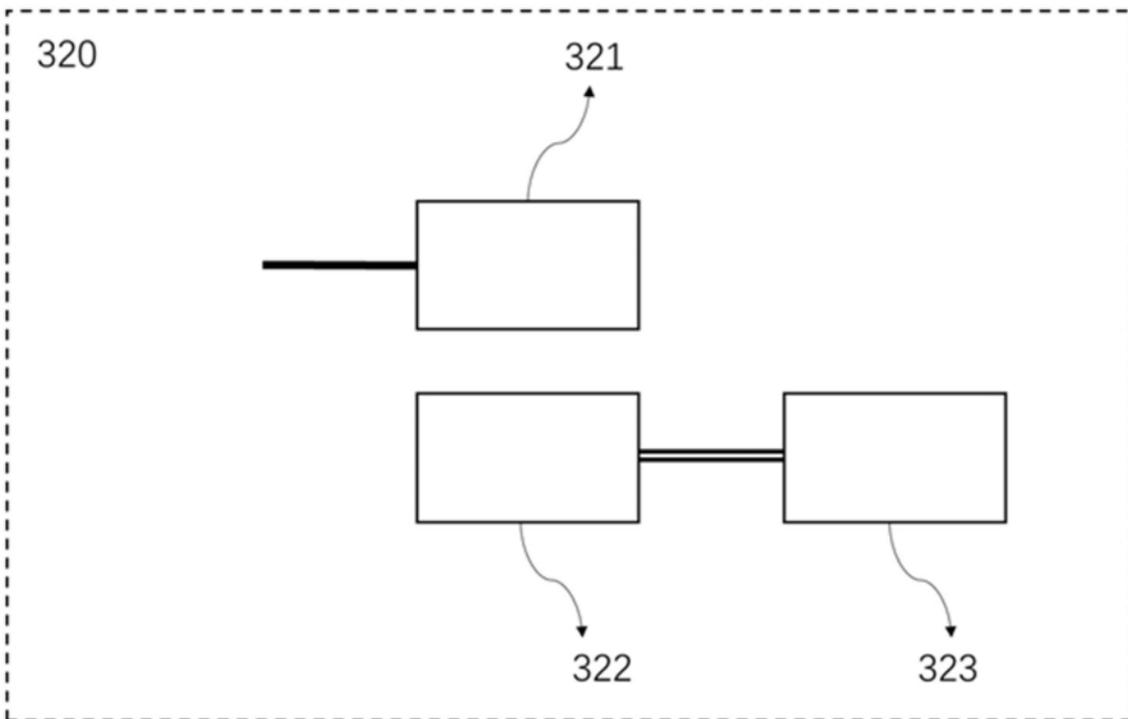


图 4

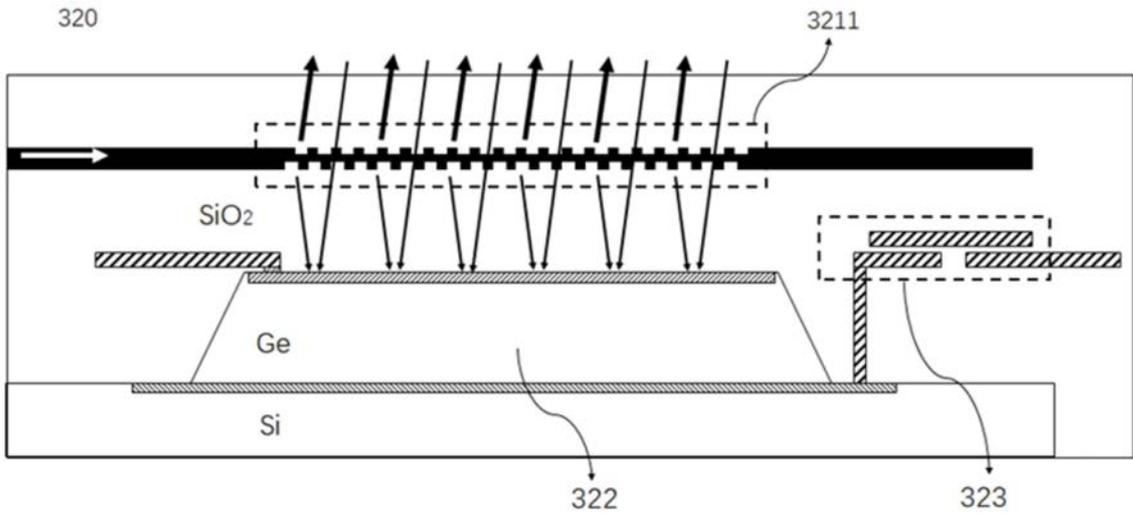


图 5

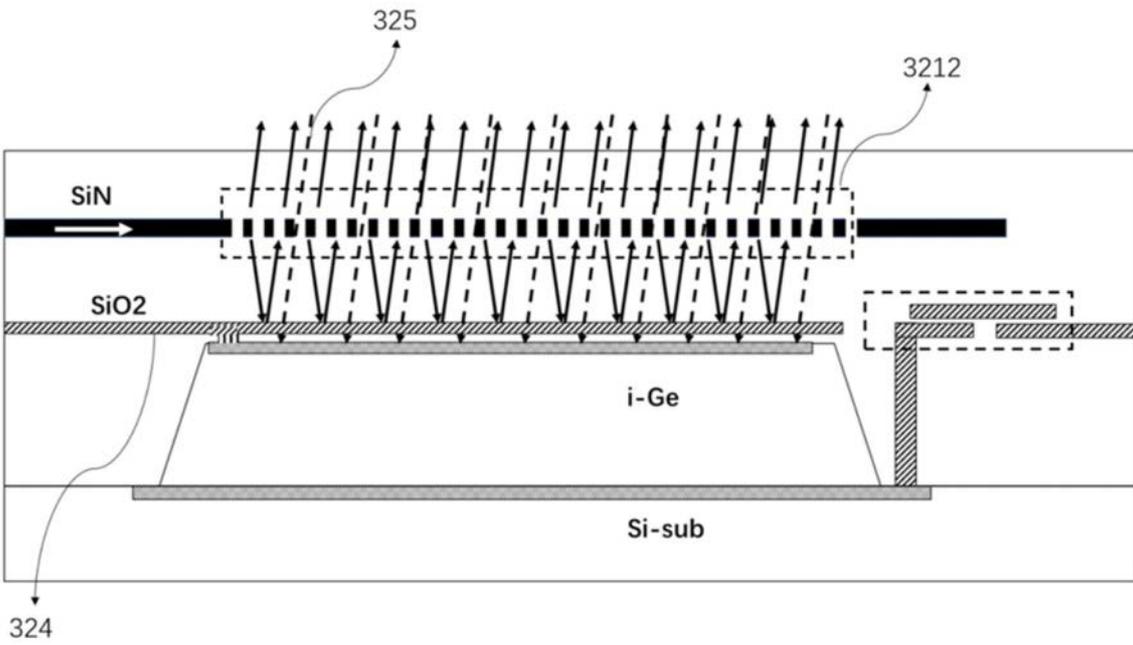


图 6

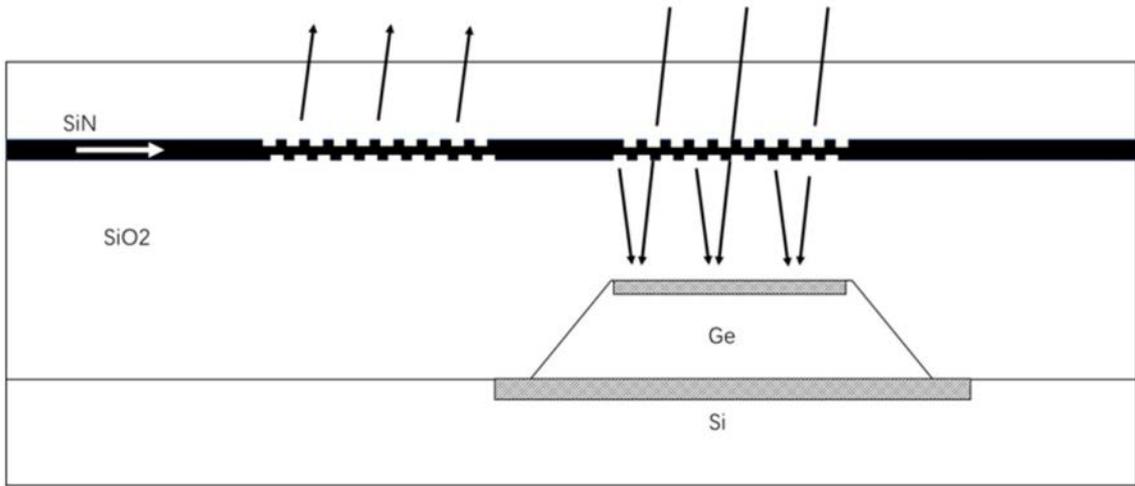


图 7