



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104040735 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 10

(21) 申请号 201280049448. 1

H01L 33/00 (2006. 01)

(22) 申请日 2012. 10. 01

(30) 优先权数据

61/543, 851 2011. 10. 06 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 04. 08

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2012/055243 2012. 10. 01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/050917 EN 2013. 04. 11

(71) 申请人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 戎亦文 J. G. 内夫 T. S. 唐

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 陈俊 汪扬

(51) Int. Cl.

H01L 33/22 (2006. 01)

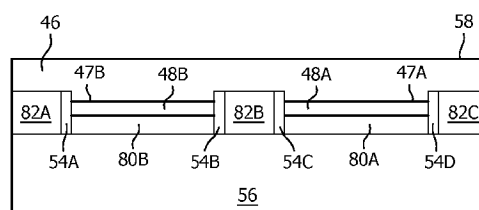
权利要求书2页 说明书4页 附图5页

(54) 发明名称

半导体发光器件的表面处理

(57) 摘要

根据本发明的实施例的方法包括粗糙化(图6)半导体结构(46-48, 图5)的表面(58)。所述半导体结构包括发光层(47)。所述表面(58)是通过其从所述半导体结构提取光的表面。在粗糙化之后, 处理(图7)经粗糙化的表面以增加所述表面处的全内反射或吸收, 或者减少通过所述表面(58)从所述半导体结构提取的光的量。



1. 一种方法,包括:

粗糙化半导体结构的表面,所述半导体结构包括发光层,并且所述表面包括通过其从所述半导体结构提取光的表面;以及

在粗糙化之后,处理所述表面以增加所述表面处的全内反射或吸收。

2. 权利要求 1 所述的方法,其中处理所述表面包括用等离子体处理所述表面。

3. 权利要求 2 所述的方法,其中所述等离子体包括 Ar 和 O 中的至少一种。

4. 权利要求 1 所述的方法,其中处理所述表面包括处理所述表面以减少通过所述表面的光提取。

5. 权利要求 1 所述的方法,还包括:

在生长衬底上生长所述半导体结构;

将所述半导体结构附连到基座;以及

移除所述生长衬底;

其中经粗糙化的表面是通过移除所述生长衬底而暴露的表面。

6. 权利要求 1 所述的方法,其中:

粗糙化表面包括形成具有多个峰的表面;并且

处理所述表面包括使所述多个峰的顶部平坦化。

7. 权利要求 1 所述的方法,还包括在经处理的表面上布置波长转换材料。

8. 一种方法,包括:

粗糙化半导体结构的表面,所述半导体结构包括发光层,并且所述表面包括通过其从所述半导体结构提取光的表面;以及

在粗糙化之后,处理所述表面以减少通过所述表面从所述半导体结构提取的光的量。

9. 权利要求 8 所述的方法,其中处理所述表面包括用等离子体处理所述表面。

10. 权利要求 9 所述的方法,其中所述等离子体包括 Ar 和 O 中的至少一种。

11. 权利要求 8 所述的方法,还包括:

在生长衬底上生长所述半导体结构;

将所述半导体结构附连到基座;以及

移除所述生长衬底;

其中经粗糙化的表面是通过移除所述生长衬底而暴露的表面。

12. 权利要求 8 所述的方法,其中:

粗糙化表面包括形成具有多个峰的表面;并且

处理所述表面包括使所述多个峰的顶部平坦化。

13. 一种方法,包括:

在生长衬底上生长半导体结构,所述半导体结构包括布置在 n 型区和 p 型区之间的发光层;

移除所述生长衬底;

粗糙化半导体结构的表面,所述表面包括通过其从所述半导体结构提取光的表面;以及

用等离子体处理经粗糙化的表面。

14. 权利要求 13 所述的方法,其中用等离子体处理经粗糙化的表面包括处理所述表面

以引起所述表面处的全内反射。

15. 权利要求 13 所述的方法,其中用等离子体处理经粗糙化的表面包括处理所述表面以增加所述表面处的光吸收。

16. 权利要求 13 所述的方法,其中用等离子体处理经粗糙化的表面包括处理所述表面以减少从所述表面的光提取。

17. 权利要求 13 所述的方法,其中经粗糙化的表面是所述 n 型区的表面。

18. 权利要求 13 所述的方法,其中所述等离子体包括 Ar 和 O 其中之一。

半导体发光器件的表面处理

技术领域

[0001] 本发明涉及通过处理半导体发光器件的表面来控制由该器件发射的通量的量。

背景技术

[0002] 包括发光二极管(LED)、谐振腔发光二极管(RCLED)、诸如表面发射激光器(VCSEL)的垂直腔激光二极管、和边发射激光器的半导体发光器件属于当前可用的最高效光源。在能够跨过可见光谱工作的高亮度发光器件的制造中,当前感兴趣的材料体系包括III-V族半导体,特别是也称为III族氮化物材料的镓、铝、镓和氮的二元、三元和四元合金。通常,通过利用金属有机化学气相沉积(MOCVD)、分子束外延(MBE)或其它外延技术,在蓝宝石、碳化硅、III族氮化物或其它合适衬底上外延生长具有不同成分和掺杂剂浓度的半导体层的叠层来制作III族氮化物发光器件。叠层经常包括在衬底上形成的掺杂有例如Si的一个或多个n型层、在所述一个或多个n型层上形成的有源区中的一个或多个发光层、以及在所述有源区上形成的掺杂有例如Mg的一个或多个p型层。电接触形成在n和p型区上。

[0003] 图1示出在US7,256,483中更详细描述的发光器件。为了形成图1的器件,在生长衬底上形成常规LED。每一个LED管芯包括n型层16、有源层18和p型层20。金属(金属化层加接合金属)24接触p层。p层20、有源层18和可能的金属24的部分在LED形成过程期间被蚀刻掉,并且金属50在与p接触金属24同侧上接触n层16。底部填充材料52可以沉积在LED下方的空隙中以减少跨过LED的热梯度,为附连添加机械强度,并且防止污染物接触LED材料。金属化层50和24分别接合到封装衬底12上的金属接触垫22A和22B。封装衬底12可以由电绝缘材料AlN形成,金属接触垫22A和22B使用通孔28A和28B和/或金属迹线连接到可焊接电极26A和26B。移除生长衬底,然后粗糙化LED的发光顶面(n层16)以得到增加的光提取。例如,可以使用KOH溶液46对层16进行光电化学蚀刻。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种发光器件,其中可以控制来自该器件的通量的最大量。

[0005] 根据本发明的实施例的方法包括粗糙化半导体结构的表面。半导体结构包括发光层。经粗糙化的表面是通过其从半导体结构提取光的表面。在一些实施例中,在粗糙化之后,处理该表面以增加该表面处的全内反射或吸收。在一些实施例中,在粗糙化之后,处理该表面以减少通过该表面从半导体结构提取的光的量。

附图说明

[0006] 图1示出生长衬底已经从其移除的LED。

[0007] 图2示出在空气与III族氮化物材料之间的界面处的光行为。

[0008] 图3示出在空气与经粗糙化的III族氮化物材料之间的界面处的光行为。

[0009] 图4示出在空气与根据本发明的实施例处理的III族氮化物材料之间的界面处的光行为。

- [0010] 图 5 是根据本发明的实施例的器件的横截面视图。
- [0011] 图 6 示出在粗糙化之后的 III 族氮化物表面。
- [0012] 图 7 示出在根据本发明的实施例的处理之后的 III 族氮化物表面。
- [0013] 图 8 示出在低功率下和在较高功率下, 光输出与用于等离子体处理的处理时间的函数。

具体实施方式

[0014] III 族氮化物材料与空气之间的折射率差异在平滑界面处造成全内反射, 如图 2 中所示。在 III 族氮化物材料 30 (其具有约 2.4 的折射率) 与空气 32 (其具有约 1 的折射率) 之间的平滑界面处, 相对于生长方向以小角度发射的光 34 逃离 III 族氮化物材料。以掠射角发射的光 36 在界面处被全内反射并且可能损失成为器件内的吸收。

[0015] 为了改进从器件的提取, III 族氮化物材料的顶面可以被粗糙化, 如上文参考图 1 所描述。在图 3 中示出朝向经粗糙化的界面以掠射角发射的光 38 的行为。由于 III 族氮化物材料 30 的粗糙表面的原因, 相对于生长方向以掠射角发射的光以允许其逃离到空气 32 中的角度遇到 III 族氮化物材料 30 的表面。

[0016] 然而, 通过光电化学 (PEC) 蚀刻来粗糙化 III 族氮化物表面是难以控制的。出于最实用的目的, 只能利用 PEC 蚀刻使光提取最大化, 这是因为提取的量是难以调节的。例如, 诸如汽车应用的一些应用要求不能被超越的特定最大通量。对于这些应用来说, 如上文所描述的具有经粗糙化的顶面的现代高功率 LED 可能过亮。

[0017] 根据本发明的实施例, 半导体发光器件的经粗糙化的表面被处理以减少从 LED 提取的通量的量。所述处理可以产生这样的表面: 其在界面处再次引入一些全内反射, 或者其导致吸收, 如图 4 所示。粗糙化形成峰, 如图 3 所示。根据本发明的实施例的粗糙化后 (post-roughening) 处理可以使这些峰的顶部 44 平坦化, 如图 4 所示。撞击峰的陡侧 42 的掠射角光可以从 III 族氮化物材料 30 提取到空气 32 中。撞击平坦化的顶部 44 的掠射角光 40 可以如所示的经历全内反射。被内反射的光可以被吸收。

[0018] 图 5 示出根据本发明的实施例的半导体发光器件。尽管在以下讨论中半导体发光器件是发射蓝光或 UV 光的 III 族氮化物 LED, 但是可以使用除了 LED 之外的诸如激光二极管的半导体发光器件以及由诸如其它 III-V 族材料、III 族磷化物、III 族砷化物、II-VI 族材料、ZnO 或基于 Si 的材料的其他材料体系制成的半导体发光器件。

[0019] 图 5 所示的器件可以通过首先在生长衬底 (未在图 5 中示出) 上生长半导体结构来形成, 如本领域所已知的。生长衬底可以例如是任何合适的衬底, 诸如蓝宝石、SiC、Si、GaN 或复合衬底。半导体结构包括夹在 n 和 p 型区 46 和 48A、48B 之间的发光或有源区 47A、47B。n 型区 46 可以首先生长并且可以包括不同成分和掺杂剂浓度的多个层, 例如, 包括诸如缓冲层或成核层的准备层, 和 / 或设计成促进生长衬底的移除的层 (其可以是 n 型或者非故意掺杂的), 以及针对发光区高效地发光所期望的特定光学、材料或电学属性而设计的 n 或甚至 p 型器件层。发光或有源区 47 生长在 n 型区 46 上。合适的发光区的示例包括单个厚或薄的发光层, 或者包括由垒层分开的多个薄或厚的发光层的多量子阱发光区。p 型区 48A、48B 然后可以生长在发光区 47 上。像 n 型区 46 那样, p 型区 48A、48B 可以包括不同成分、厚度和掺杂剂浓度的多个层, 包括非故意掺杂层或 n 型层。器件中所有半导体材料的总厚

度在一些实施例中小于 $10\ \mu\text{m}$ 并且在一些实施例中小于 $6\ \mu\text{m}$ 。

[0020] 在 p 型区 48A、48B 上形成反射性金属 p 接触 80A、80B。半导体结构然后通过标准光刻操作而被图案化, 并且被蚀刻以移除 p 型区的整个厚度的一部分以及发光区的整个厚度的一部分, 从而形成暴露 n 型区的表面的至少一个台面, 金属 n 接触 82A 形成在 n 型区的所述表面上。n 接触可以是分布式的, 如图 5 中示出的三个 n 接触 82A-82C 所示, 或者可以形成单个 n 接触。n 和 p 接触 82 和 80 可以由间隙 54A-54D 电隔离, 所述间隙可以填充有空气、气氛气体、或者诸如电介质或硅的氧化物的固体材料。所述台面以及 p 和 n 接触可以以任何合适方式形成。形成台面以及 p 和 n 接触为本领域技术人员所公知。在器件晶片上各器件之间的区域中, 半导体结构被向下蚀刻到绝缘层或生长衬底, 该绝缘层可以是半导体结构的一部分的绝缘半导体层。如本领域所已知, 可以由绝缘层和金属的叠层来再分布 p 和 n 接触以形成至少两个大的电学垫。所述电学垫其中之一电连接到半导体结构的 p 型区并且另一个电学垫电连接到半导体结构的 n 型区。电学垫可以是任何合适的导电材料, 包括例如铜、金和合金。电学垫由间隙彼此电隔离, 所述间隙可以填充有诸如电介质、空气或其它气氛气体的绝缘材料。用于再分布所述接触和电学垫的各层的叠层在本领域中是公知的并且并未在图 5 中示出。

[0021] 半导体结构附连到基座 56, 使得接触 80A、80B 和 82A-82C 处于基座与半导体结构之间。在一些实施例中, 器件晶片被分割成单独的器件或器件群组, 然后经分割的器件或群组附连到基座, 如上文参考图 1 所描述。在这些实施例中, 基座经常大于单独的器件或器件群组。在一些实施例中, 器件晶片在晶片级附连到基座, 然后在进一步处理之后, 器件晶片和基座被同时分割成单独的器件或器件群组。在这些实施例中, 基座与单独的器件或器件群组尺寸相同。分割可以通过任何合适方法(诸如利用激光划片的划片及折断或者锯切)来执行, 并且这在本领域中是公知的。基座可以是机械地支撑半导体结构的任何合适结构, 例如包括例如具有导电通孔的陶瓷基座或晶片、硅基座或晶片, 或者例如通过电镀形成的机械地支撑半导体结构的厚金属接合垫。在一些实施例中, 基座 56 是适于将半导体发光器件附连到诸如 PC 板的衬底的自支撑结构。例如, 基座 56 的与半导体结构相对的表面(图 5 中基座 56 的底面)可以是可回流焊接的。

[0022] 通过任何合适技术移除生长衬底。例如, 生长衬底可以通过激光剥离、蚀刻、诸如研磨的机械技术、或者各技术的组合来移除。通过移除生长衬底而暴露的半导体结构的表面 58 (通常为 n 型区 46 的表面) 可以可选地被减薄和粗糙化, 例如通过 PEC 蚀刻。图 6 示出通过 PEC 蚀刻而粗糙化的表面 58。

[0023] 然后处理图 6 的表面 58 以减少提取, 如图 7 所示。在一些实施例中, 利用等离子体处理表面 58, 这可以使由 PEC 蚀刻形成的峰平坦化, 如图 7 所示。可以使用任何合适的标准的商业上可行的等离子体蚀刻和 / 或清洗系统。所使用的等离子体可以是任何合适等离子体, 包括例如 Ar、O 和混合物。图 6 中所示的尖刺型特征可以被图 7 中的等离子体处理平滑化, 这将引起界面处的更多全内反射, 这可以减少从器件的提取。等离子体处理可以是物理蚀刻(即溅射蚀刻) 或者化学蚀刻(即化学蚀刻) 或者物理蚀刻和化学蚀刻的组合。

[0024] 图 8 示在 500W 下和在 600W 下用等离子体处理的 III 族氮化物器件的表面的光输出与等离子体处理时间的函数。图的左侧上的四个点示出在 500W 下用等离子体处理的表面的光输出, 并且图的右侧上的四个点示出在 600W 下用等离子体处理的表面的光输出。图 8

示出光输出或提取量与处理时间大致成线性比例。在任一能量下用等离子体处理该表面越久,从该表面提取的光就越少。此外,提取的减少与功率成比例——对于给定时间在较高功率下的处理比对于相同时间在较低功率下的处理使提取减少更多。发明人已经观察到光输出可以减少最大值(即来自未经任何处理的粗糙化表面的光输出)的 30%。

[0025] 以下表格将未进行粗糙化后等离子体处理的经粗糙化的表面和在 600W 下用等离子体处理 60s 的经粗糙化的表面比较。 R_a 是表面的平均粗糙度并且 R_{max} 是表面特征的最大高度。光输出以任意单位给出。

表面	光输出	R_a (nm)	R_{max} (nm)
无处理	420	185.8	1598
600W 处理, 60s	287.28	133.4	1049

[0026] 如上面表格所示,对于经处理的表面,光输出和表面粗糙度都减少。例如,作为根据本发明的实施例的处理的结果,平均表面粗糙度可以在一些实施例中减少至少 10%,在一些实施例中减少至少 20%,并且在一些实施例中减少至少 30%。作为根据本发明的实施例的处理的结果,表面特征的最大高度可以在一些实施例中减少至少 20%,在一些实施例中减少至少 30%,并且在一些实施例中减少至少 40%。

[0027] 在如上所述的粗糙化后处理之后,诸如滤波器、透镜、二色性材料或波长转换材料的一种或多种可选结构可以在经处理的表面上形成。波长转换材料可以形成,使得由发光器件发射并且入射在波长转换材料上的光的全部或仅仅一部分可以被波长转换材料转换。由发光器件发射的未被转换的光可以是最终光谱的一部分,不过不必如此。常见组合的示例包括与黄光发射波长转换材料组合的蓝光发射 LED、与绿光和红光发射波长转换材料组合的蓝光发射 LED、与蓝光和黄光发射波长转换材料组合的 UV 光发射 LED 以及与蓝光、绿光和红光发射波长转换材料组合的 UV 光发射 LED。可以添加发射其它颜色光的波长转换材料以剪裁从该器件发射的光谱。波长转换材料可以是常规磷光体颗粒、有机半导体、II - VI 族或 III - V 族半导体、II - VI 族或 III - V 族半导体量子点或纳米晶体、染料、聚合物或者诸如 GaN 的发光材料。磷光体颗粒在一些实施例中可以具有 5 和 50 μm 之间的平均直径。可以使用任何合适磷光体,包括但不限于诸如 $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ (YAG)、 $Lu_3Al_5O_{12}:Ce$ (LuAG)、 $Y_3Al_{5-x}Ga_xO_{12}:Ce$ (YAlGaG)、 $(Ba_{1-x}Sr_x)SiO_3:Eu$ (BOSE) 的石榴石基磷光体,以及诸如 $(Ca, Sr)AlSiN_3:Eu$ 和 $(Ca, Sr, Ba)_2Si_5N_8:Eu$ 的氮化物基磷光体。

[0028] 已经详细描述了本发明,但是本领域技术人员将理解,鉴于本公开内容,在不脱离此处所描述的发明构思的精神的情况下可以对本发明做出各种修改。因此,并不意图将本发明的范围限制到所图示和描述的具体实施例。

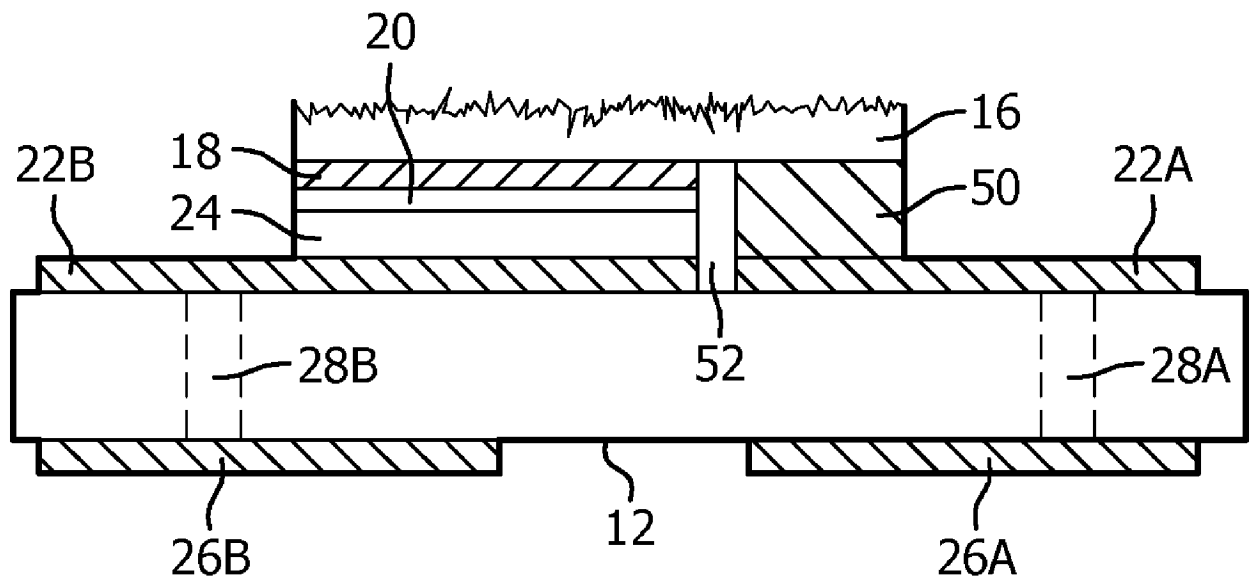


图 1

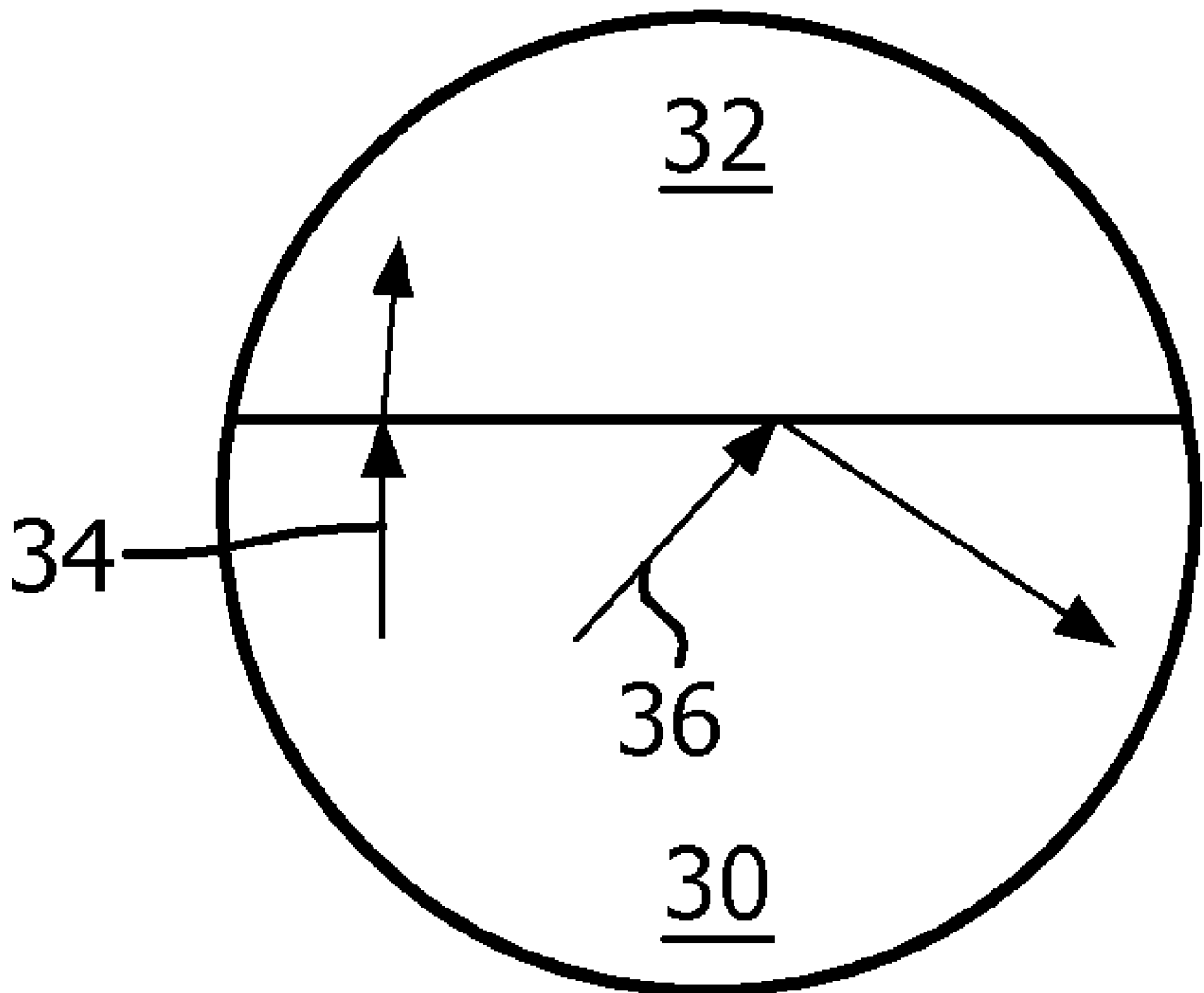


图 2

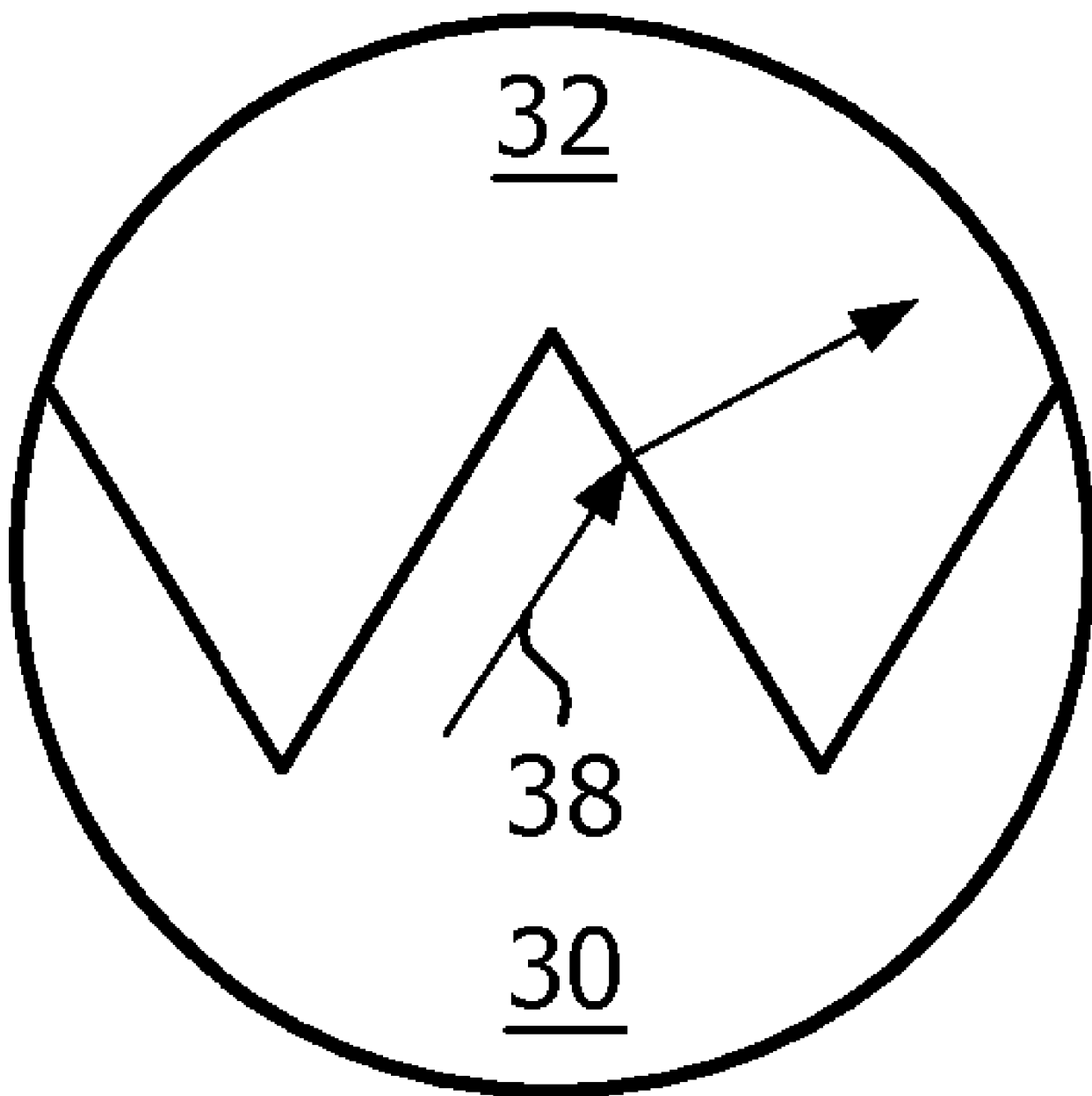


图 3

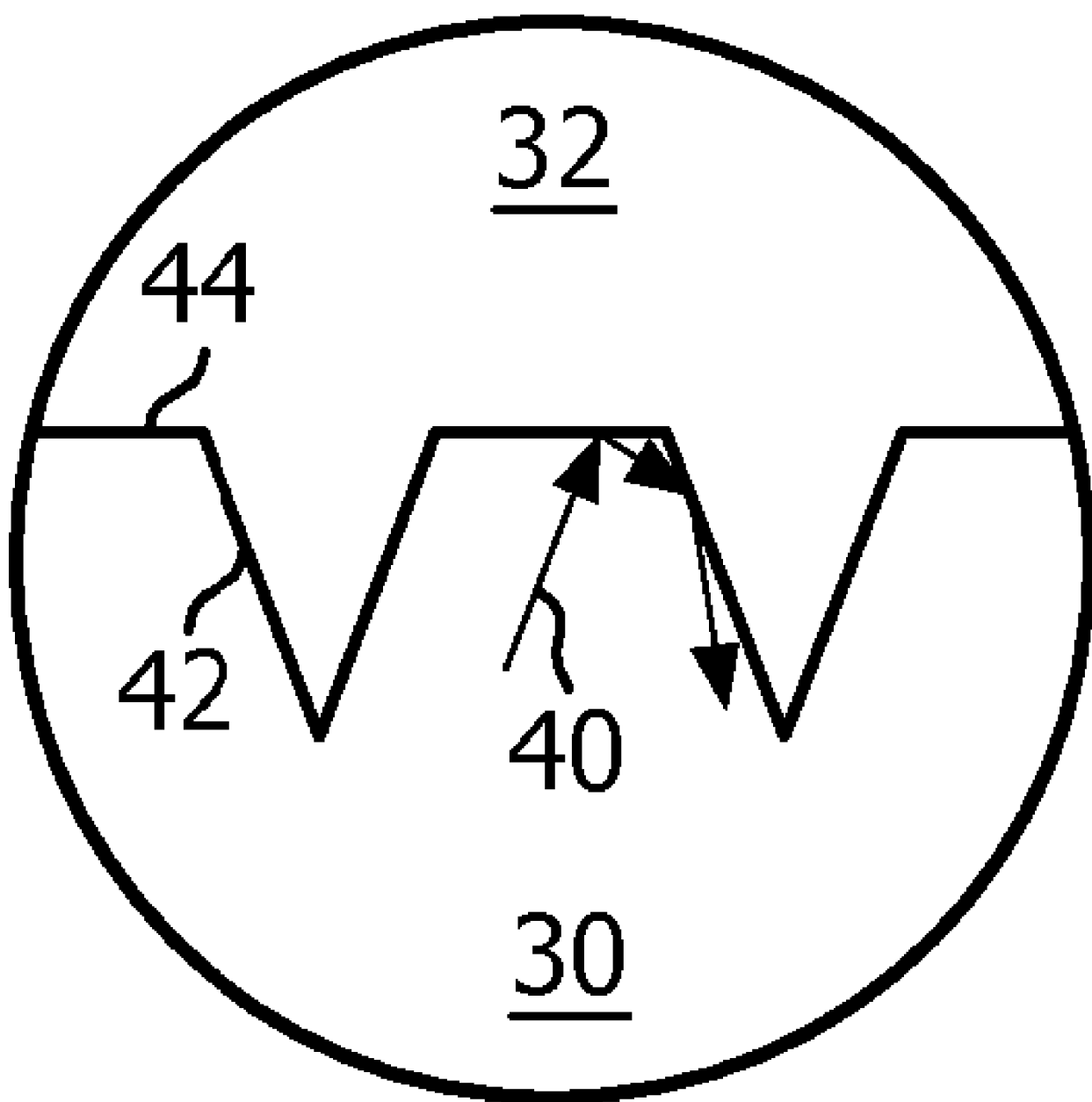


图 4

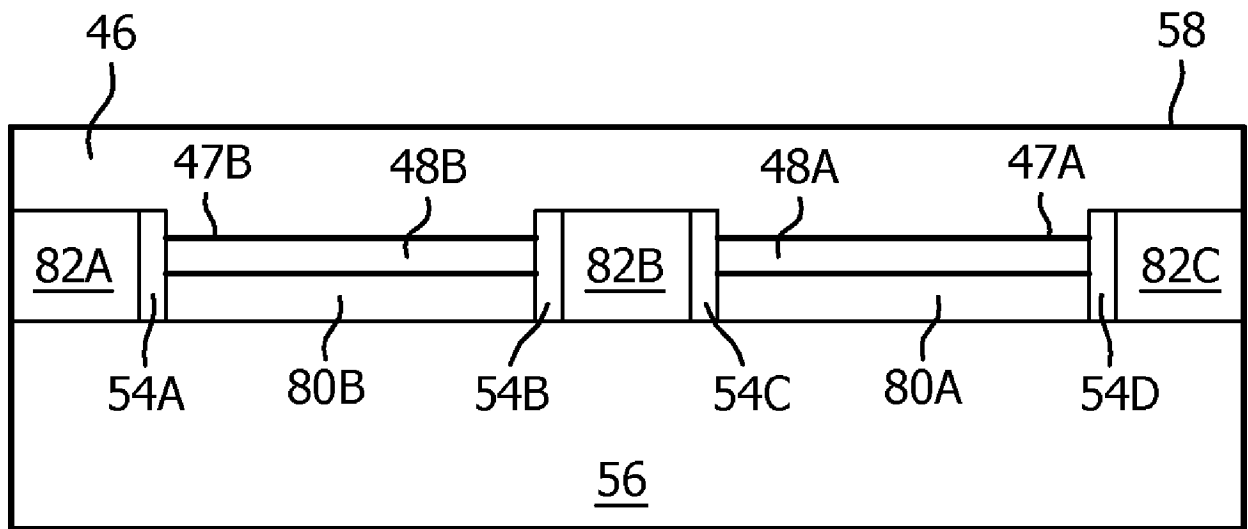


图 5

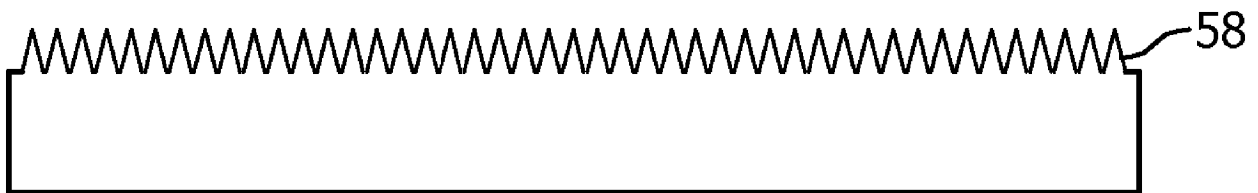


图 6



图 7

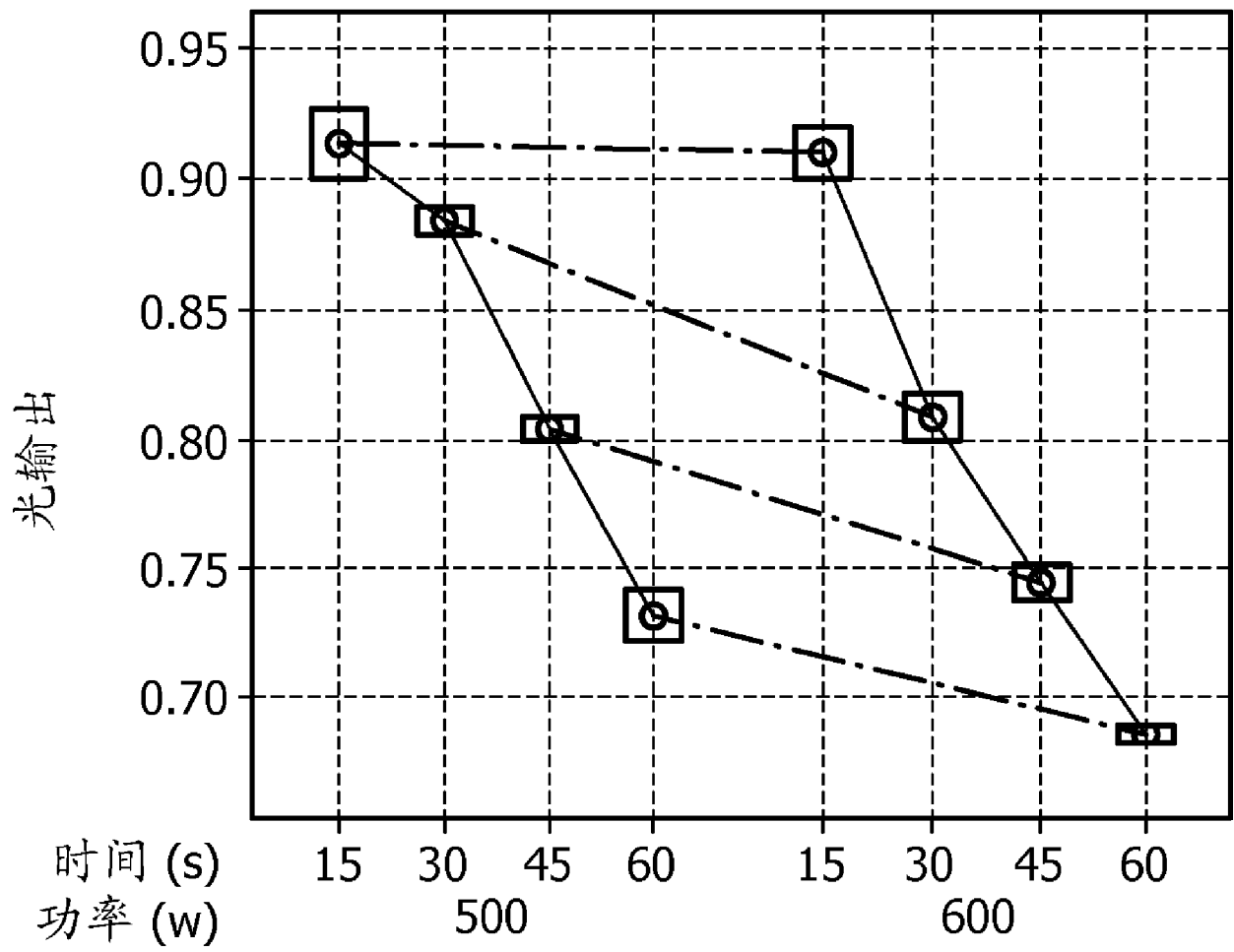


图 8