



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105353433 B

(45)授权公告日 2019.08.23

(21)申请号 201510870929.4

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

(22)申请日 2012.01.14

11105

(65)同一申请的已公布的文献号

代理人 邱军

申请公布号 CN 105353433 A

(51)Int.Cl.

(43)申请公布日 2016.02.24

G02B 5/08(2006.01)

(30)优先权数据

(56)对比文件

102011002953.2 2011.01.21 DE

CN 1719287 A, 2006.01.11, 全文.

61/434,869 2011.01.21 US

US 2004165296 A1, 2004.08.26, 全文.

(62)分案原申请数据

US 2004174624 A1, 2004.09.09, 全文.

201280006089.1 2012.01.14

CN 101088031 A, 2007.12.12, 全文.

(73)专利权人 卡尔蔡司SMT有限责任公司

JP 2005259949 A, 2005.09.22, 全文.

地址 德国上科亨

EP 0939467 A2, 1999.09.01,

审查员 秦玉珍

(72)发明人 C.埃克斯坦 H.马尔特

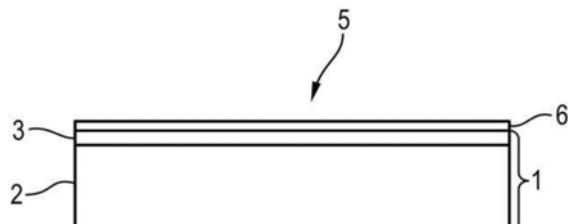
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

用于极紫外光刻的反射镜的基底

(57)摘要

适用于在EUV波长范围内的波长处使用的反射镜的基底(1),包含基础体(2)。



1. 一种用于EUV光刻的反射镜的包含基础体的基底,其特征在于,所述基础体(2)由颗粒复合材料制成;所述颗粒复合材料具有陶瓷基体;以及所述陶瓷基体为具有碳化硅分散体的硅基体或碳基体。
2. 根据权利要求1所述的基底,其特征在于,所述颗粒复合材料具有大小在1nm和20nm之间的分散体。
3. 根据权利要求1或2所述的基底,其特征在于,所述基础体(2)的材料具有面心立方结构。
4. 根据权利要求1或2所述的基底,其特征在于,在一年的时间内,在温度从20℃变化至150℃的情况下,所述基础体(2)的材料的微结构不发生变化。
5. 根据权利要求1或2所述的基底,其特征在于,抛光层(3)布置在所述基础体(2)上。
6. 根据权利要求1或2所述的基底,其特征在于,在所述基础体(2)和抛光层(3)之间布置附着促进层(4)。
7. 一种用于EUV投射曝光设备的反射镜,包含根据权利要求1至4中任一项所述的基底(1)以及在所述基底(1)上的高反射层(6)。
8. 一种用于EUV投射曝光设备的反射镜,包含根据权利要求5或6所述的基底(1)以及在所述抛光层(3)上的高反射层(6)。

用于极紫外光刻的反射镜的基底

[0001] 本申请是申请日为2012年1月14日且发明名称为“用于EUV光刻的反射镜的基底”的中国专利申请No. 201280006089.1的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及包含用于EUV光刻的反射镜的基础体的基底；并且本发明还涉及包含该基底的用于EUV投射曝光设备的反射镜。

背景技术

[0003] 为了使得能够在半导体组件的制造期间使用光刻方法来制造更加精细的结构，例如利用具有更加短的波长的光。如果使用在极紫外(EUV)波长范围内的光，例如在大约5nm和20nm之间的波长的光，则不再能够以透射方式使用透镜式元件，而是替代地，照明和投射物镜由反射元件构成，该反射镜元件具有适合于相应工作波长的高反射涂层。与在可见和紫外波长范围内的反射镜相比，理论上还是以下情况：每个反射镜仅可实现小于80%的最大反射率。因为EUV投射装置一般具有多个反射镜，所以必须使这些反射镜的每一个都具有最高可能的反射率，以便确保足够高的总反射率。

[0004] 为了保持由杂散光导致的强度损失尽可能低，以及避免像差，反射镜基底或通过将高反射层施加至反射镜基底而制造的反射镜应具有最低可能的微粗糙度。从表面上的测量点关于中心区域的偏差的平方的平均值来计算均方根(RMS)粗糙度，该中心区域布置为穿过表面使得关于中心区域的偏差的总和最小。尤其是对于用于EUV光刻的光学元件，在0.1μm至200μm的空间频率范围内的粗糙度对于避免对光学元件的光学特性的负面影响来说是特别重要的。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种反射镜基底，其适合作为在EUV波长范围内的波长处使用的反射镜的基底。

[0006] 该目的通过用于EUV光刻的反射镜的包含基础体(base body)的基底(substrate)来实现，该基底的特征在于所述基础体由沉淀硬合金，优选地由沉淀硬化铜或铝合金制成。

[0007] 在沉淀硬化期间，对合金进行热处理，以便增大合金的硬化强度。在热处理期间，以精细分布的形式沉淀亚稳相，使得它们形成对位错运动的有效阻挡。因此，基础体结构的长期稳定性或在特定限度中的温度稳定性可被进一步增强。通常以三个步骤来实现沉淀硬化。在第一步骤(亦称为固溶退火)中，加热合金直到沉淀所需的所有元素都以溶液出现。为了获得混合相的最可能纯的分布，应该将温度选择为非常高，但不高到使得微结构的单独成分熔化。在固溶退火之后，淬火可防止熔合(fusion)并因此防止粗粒子的沉淀。固溶体(solid solution)保持在亚稳的、过度饱和的单相状中。通过随后加热至比固溶退火低的温度，过度饱和的单相固溶体转变为两相合金。主要为粘合性(cohesive)并且一般以较高

比例出现的相称为基体 (matrix) , 而另一相称为沉淀。因为许多核 (nuclei) 在先前的淬火期间形成, 所以形成了在微结构中均匀分布并且增加结构强度的许多小沉淀。有利的是, 在比固溶退火温度显著低, 优选地低于沉淀温度的温度中, 使用基于由沉淀硬合金制成的基础体的基底和反射镜。

[0008] 在另一方面, 通过用于EUV光刻的反射镜的包含基础体的基底来实现该目的, 其中基础体由具有组成 (composition) 的合金制成, 该组成在相图中位于由相稳定线 (phase stability line) 定界的区域中。具有这种组成的合金具有以下优点: 任何熔析 (segregation) 过程都可由热处理完全停止, 并且因此所述合金具有增大的高温强度。该基底具有增强的长期稳定性, 因此能够确保粗糙度值变化在包含基于该基底的反射镜的EUV投射曝光设备的整个工作寿命期间都尽可能地小。尤其是在反射镜被进一步布置在光束路径后方的情况下 (例如在投射系统中, 它们暴露于较低热负荷的地方), 可以确保粗糙度值长期保持不变。

[0009] 优选地, 合金为具有替代晶格 (substitution lattice) 的合金。在替代晶格的情况下, 具有相对低的浓度的合金成分被并入具有最高浓度的成分的晶格结构中, 使得晶格强度进一步增强。在温度增加以及尤其是长时间使用的情况下, 这增加了结构稳定性。

[0010] 尤其优选的是, 合金为沉淀硬化的。在沉淀硬化期间, 对合金进行热处理, 以增大其硬化强度。在热处理期间, 亚稳相以精细分布的方式沉淀, 使得它们形成对位错运动的有效阻挡。因此, 基础体结构的长期稳定性或在特定限度中的温度稳定性可被进一步增强。通常以三个步骤来实现沉淀硬化。在第一步骤 (亦称为固溶退火) 中, 加热合金直到沉淀所需的所有元素都以溶液出现。为了获得混合相的最可能纯的分布, 应该将温度选择为非常高, 但不高到使微结构的单独成分熔化。在固溶退火之后, 淬火可防止熔合并因此防止粗分子的沉淀。固溶体保持在亚稳的、过度饱和的单相态中。通过随后加热至比固溶退火低的温度, 过度饱和的单相固溶体转变为两相合金。主要是粘合性并且一般以较高比例出现的相称为基体 (matrix) , 而另一相称为沉淀。因为许多核在先前的淬火期间形成, 所以形成了许多在微结构中均匀分布并且增强结构强度的小沉淀。有利的是, 在比固溶退火温度显著低, 优选低于沉淀温度的温度中, 使用基于由沉淀硬合金制成的基础体的基底和反射镜。

[0011] 在尤其优选的实施例中, 合金为铜合金或铝合金, 非常尤其优选的是沉淀硬化的铜合金。特别地, 铜合金可易于被冷却, 并且因此可以确保工作温度在EUV光刻期间充分低, 尤其是在沉淀硬合金的情况下, 从而能够防止结构变化。此外, 甚至在显著高于室温的温度中, 在铜合金的情况下以及在铝合金的情况下都可以获得高强度。

[0012] 在另一方面, 通过用于EUV光刻的反射镜的包含基础体的基底来实现该目的, 其中基础体由颗粒复合材料 (particulate composite) 制成。颗粒复合材料也具有高强度或结构稳定性。因此, 它们也非常适合用于EUV光刻的反射镜基底中, 尤其是用于长期应用。颗粒复合材料具有分散体, 其在基体中是不溶解的。优选地, 分散体由陶瓷材料制成, 尤其是由氧化物、碳化物、氮化物及/或硼化物制成。尤其是在分散体以精细分布方式出现时, 分散体以与沉淀硬化中的沉淀类似的方式, 形成对基体中的位错运动的阻挡。

[0013] 优选地, 颗粒复合材料具有球体的分散体。因此, 可以降低在颗粒复合材料中的应力或变形能量, 这可导致更高的高温强度。具有球体形状的分散体可通过特定的软化退火工艺来获得。例如, 可以进行其中将材料保持在一温度中一个或两个小时的软化退火工艺,

在该温度,颗粒复合材料的基本相是稳定的,但是溶液中的其他相刚开始溶解。继而,材料的温度在该温度范围周围反复波动,并且随后慢慢将材料每小时冷却大约10°C至20°C。可用上述合金来实现这种温度处理,使得任何沉淀都被球化,尤其是在沉淀硬合金的情况下。

[0014] 已经证实,颗粒复合材料具有大小在1nm和20nm之间的分散体是尤其有利的。因此,可以实现特别好的强度,并且同时可最小化对微粗糙度值的负面影响。

[0015] 在优选的实施例中,颗粒复合材料具有金属基体,其尤其可是铜基体或铝基体。在该情况下,合适的分散体的示例为碳化钛、氧化铝、碳化硅、氧化硅,或石墨或金刚石变体形式的碳。

[0016] 在进一步优选的实施例中,颗粒复合材料具有陶瓷基体,尤其是硅或碳基体。在该情况下,已经证实,尤其是碳化硅颗粒适合作为分散体。

[0017] 在另一方面,通过用于EUV光刻的反射镜的包含基础体的基底来实现该目的,其中基础体由合金系的金属间相制成。

[0018] 金属间相为具有高强度和高熔化温度的材料。例如,它们用于航空器引擎或废气涡轮增压器。在结构方面,这些特殊合金的单位晶格具有高的价电子密度。因此,它们具有对金属而言是高的共价键部分,并且因此具有特别高的晶格强度。已经发现,除了高的比强度(specific strength)和高的熔化温度之外,金属间相都还具有高的热稳定性,以及低的扩散系数和高的抗蠕变强度。这些特性可确保甚至在高的热负荷下(如可在例如反射镜进一步向前布置在EUV投射曝光设备中的光路中,尤其是EUV投射曝光设备的照明系统中的情况下发生的),基底甚至在相对长期的时间中经历尽可能小的变化,以及因此诸如微粗糙度的特性也尽可能保持不变。

[0019] 有利的是,基础体由其中观察到化学计量标准组成的金属间相制成。换言之,优先选择包含具有整数指数的组成的金属间相。尤其优选具有最小可能的单位晶格的金属间相。因此,可以进一步降低随着温度增加而出现混合相的可能性。由于出现了适当的沉淀(例如在晶界(grain boundary)处),所以具有不同结构的合金的混合相可导致微粗糙度的增大,这可破坏包含这种基底的反射镜的光学质量。

[0020] 在尤其优选的实施例中,基础体由金属间相制成,该金属间相具有与对应的合金系统的相图中的相稳定线对应的组成。在本文中,“相稳定线”被理解为表示相界线,其平行于相图中的温度轴延伸。这种组成具有的主要优点是:随着温度的增加,不发生熔析。尤其优选相稳定线上高至熔点不具有相变的金属间相。尤其是位于可在EUV投射曝光设备的使用期间出现的温度范围内的相变越少,以及相界线关于温度轴越平行,则由于基底的基础体中的结构变化而导致微粗糙度在热负荷影响下被负面影响的可能性越小。

[0021] 尤其优选的是,基础体由具有在相图中位于由相稳定线定界的区域中的组成的合金制成。具有这种组成的合金具有以下优点:可通过热处理完全停止任何熔析过程,并且因此所述合金具有增大的高温强度。

[0022] 有利的是,金属间相在晶体形式上具有与其成分相同的布拉伐晶格(Bravais lattice)。因此,可以实现特别稳定的晶体结构,其可在温度增加时和/或在长时间上进一步减少结构变化,使得基于这种基底的用于EUV光刻的反射镜的粗糙度值在整个工作寿命期间尽可能地保持不受损害。

[0023] 在尤其优选的实施例中,合金系为二元合金系,优选地利用铜作为两个成分中的一个,尤其优选的是二元铝-铜系。特别地,铜具有高的导热性。因此,可特别容易地冷却包含具有高铜部分的基础体的基底,以便由此在工作寿命期间附加地防止结构变化。基于铝,可以获得高强度材料,其具有良好的尺寸稳定性。应该指出的是,其他合金系的金属间相也适合于用于EUV光刻的反射镜基底。特别地,也可采用三元或四元合金系或具有五或更多成分的合金系的金属间相。在本文中,应指出的是,实际合金总是具有微量杂质。这里,仅在相应成分对相应合金系的相图具有显著影响的情况下,才提及合金系的该成分。

[0024] 总体上,已经证实,在这里所述的基础体材料的情况下,基础体的材料具有面心立方晶格结构是有利的。因此,例如与体心立方结构相比,可以进一步增加结构强度,以及因此面心立方材料尤其适合于长期使用,并且如果合适的话,尤其适合于在升高的温度下使用。

[0025] 尤其优选的是,在1年的时间内温度发生从20°C至150°C的变化的情况下,基础体的材料不经历微结构的变化。该温度范围包括在基于该基底的反射镜用于EUV投射曝光设备时所达到的那些温度。因为基础体材料仅在大于150°C的温度中经历结构的变化,所以几乎可以将基础体的结构对基于该基础体的反射镜基底或反射镜的粗糙度值的影响减少到零。结构的变化可包括非常宽类型的效应,例如位错的位置变化,原子的振动,粗造化的实例(例如所谓的橘皮效应(orange peel effect)),或者熔析过程。

[0026] 在优选的实施例中,抛光层布置在基础体上。有利的是,附着促进层布置在基础体和抛光层之间。

[0027] 优选的抛光层为已经在没有外部电流(external current)地情况下沉积的层,例如镍-磷或镍-硼层,等。在该情况下,它们可以晶体相或以X光非晶相出现。在镍-磷层的情况下,优选的是重量上包含多于11%的磷的层。层还可为镍-磷合金层,其还包含一个或两个附加金属。同样地,层可为镍-磷或镍-硼分散(dispersion)层,如果合适的话,分散层同样包含一个或两个附加金属。这也适用于镍-硼层。此外,铜层、石英玻璃层、非晶或晶体硅层、非晶碳化硅层或者铟锡氧化物(ITO)层已经被证实是有利的。所有这些层都具有共同的特征,即尤其是在10nm和1μm之间的空间频率范围内,它们可被抛光至RMS值为5埃(angstrom)或者显著更低的粗糙度。使用这里所述的基础体材料,可以甚至在热负荷下以及在长期工作中,观察到在10nm至250μm的空间频率范围内的微粗糙度的稳定性,这是因为提出了在这些条件下没有形态学的表面恶化的基础体材料。特别地,获得了埃量级的RMS值的微粗糙度。在10nm至1μm的空间频率范围内,粗糙度的变化可处于小于2.5埃的区域中;在1μm至250μm的空间频率范围内,可以实现粗糙度值的小于3埃的波动。

[0028] 依赖于基础体材料和抛光层材料的组合,在基础体和抛光层之间提供附着促进层可以是有利的,从而实现基础体和抛光层之间的良好结合。

[0029] 在另一方面,该目的通过用于EUV投射曝光设备的反射镜来实现,该反射镜包含如上所述的基底,以及在基底上的、尤其是在抛光层上的高反射层。

[0030] 用于EUV投射曝光设备的反射镜的特征在于:关于长工作时间段,甚至在升高的温度中,结构强度较高,以及因此在整个使用周期中具有大约恒定的粗糙度值。在该情况下,可以实现若干年的工作寿命。这里提及的基底,尤其是基于由金属间相制成、由沉淀硬化铜合金制成或由颗粒复合材料制成的基础体的基底,尤其但不仅适合用于例如分面反射镜形

式的EUV投射曝光设备的照明系统。

[0031] 不仅从权利要求,而且从说明书和附图使上面提及的特征以及进一步的特征明显,其中在各个情况中,单独特征在本发明的实施例以及在其他领域中可通过其本身来实现,或以子组合的形式作为多个来实现,以及可构成有利并固有可保护的实施例。

附图说明

[0032] 参考优选的示例实施例,更详细地说明本发明。在该方面,

[0033] 图1a、b以截面图示意地示出了基底的两个变型;

[0034] 图2a、b以截面图示意地示出了反射镜的两个变型;以及

[0035] 图3示出了用于二元铝-铜系的相图。

具体实施方式

[0036] 图1a示意地示出了基底1的实施例的第一变型,其包含基础体2和施加其上的抛光层3。基础体2和抛光层3执行不同的功能。尽管对于基础体2而言,良好的尺寸稳定性是优先考虑的,但是对于抛光层3而言,良好的加工和抛光特性也具有首要的重要性。

[0037] 可利用传统的真空镀膜工艺,例如溅射工艺、电子束蒸发、分子束外延或离子束辅助镀膜工艺来施加抛光层。如果抛光层为金属材料,例如铜、镍-磷或镍-硼,则优选在没有外部电流的情况下施加该抛光层。特别地,可将镍-磷或镍-硼抛光层作为分散层施加,在该情况下,例如聚四氟乙烯(polytetrafluoroethylene)可用作分散体。

[0038] 特别地,优选可以相对高的磷或硼浓度来施加镍-磷或镍-硼抛光层,使得它们主要或者甚至完全以非晶形式出现,以及因此具有更好的抛光特性。然后,它们可通过例如热处理、等离子体处理或离子轰击来硬化。还可以由镀膜工艺以控制的方式以非晶或晶体形式沉积作为抛光层材料的硅。与晶体硅相比,可更有效地抛光非晶硅,并且如果需要的话,非晶硅同样可通过热处理、等离子体处理或离子轰击来硬化。还可利用离子束来使由硅或二氧化硅制成的抛光层平滑。抛光层还可由碳化硅制成或由钢锡氧化物制成。

[0039] 对于金属基部上的抛光的抛光层,抛光层3的优选厚度可为大约5μm至10μm。在非金属抛光层3的情况下,优选的厚度约为1.5μm至3μm。使用传统的抛光工艺,可将金属抛光层抛光至在1μm至200μm的空间频率范围内小于0.3nm的均方根粗糙度,以及在0.01μm至1μm的空间频率范围内小于0.25nm的均方根粗糙度。使用传统的抛光工艺,可将非金属抛光层抛光至在整个0.01μm至200μm的空间频率范围上小于0.3nm的均方根粗糙度。

[0040] 图1b示意地示出了图1a示出的基底1的变型,其中附着促进层4布置在基础体2和抛光层3之间。优选地,附着促进层4可具有高达1μm的,优选在100nm和500nm之间的厚度。例如,可使用CVD(化学气相沉积)或PVD(物理气相沉积)工艺来施加附着促进层。

[0041] 如图2a以实施例的第一变型示意地示出的,通过施加高反射层6至抛光层3,可进一步加工该基底1,以形成EUV反射镜5。对于在约5nm至20nm的波长范围内且具有辐射的正入射的EUV辐射的情况下的使用,尤其优选的是,高反射层6为具有不同的复折射率实部的材料的交替层的多层系统,通过该多层系统,在某种程度上模拟了具有发生布拉格衍射的网状平面的晶体。例如,针对13nm至14nm的使用,可施加硅和钼的交替层的多层系统。特别地,如果高反射层6构造为多层系统,则优选使用诸如溅射工艺、电子束蒸发、分子束外延或

离子束辅助镀膜工艺的传统真空镀膜工艺来施加该高反射层。针对在约5nm至20nm的波长范围内且具有辐射的掠入射的EUV辐射情况下的使用,优选的是具有诸如钉的金属的最顶层的反射镜。

[0042] 图2b示意地示出了图2a所示的反射镜5的另一变型,其中附着促进层4布置在反射镜5的基底1的基础体2和抛光层3之间。

[0043] 在第一示例中,反射镜5的或基底1的基础体2可由颗粒复合材料制成。特别地,基础体2可由具有金属基体的颗粒复合材料制成。例如,上述颗粒复合材料可为2000至7000系列铝合金,优选为5000至7000系列铝合金、铜、低合金铜合金或铌酸铜。有利的是,大小(extent)在1nm至20nm的范围内的优选球体分散体为碳化钛、氧化钛、氧化铝、碳化硅、氧化硅、石墨或金刚石式的碳,还可以在基体中设置不同材料的分散体。这些材料例如可通过粉末冶金学来制造。基础体2还可由具有陶瓷基体的颗粒复合材料制成。例如,具有硅或碳基体、以及碳化硅分散体的颗粒复合材料是尤其适合的。由于它们的共价键,它们具有特别高的晶格刚度(lattice rigidity)。尤其优选的是,分散体在基体中尽可能均匀地分布,所述分散体尽可能的小,以及复合材料具有最小可能的分散体间隔。

[0044] 在第二示例中,基础体2可由一合金制成,该合金具有的成分具有类似的原子半径以及具有带有替代晶格的结构。例如,基础体可为铜-镍或硅-铝合金系。

[0045] 在第三示例中,基础体2可由沉淀硬合金制成。例如,基础体可由诸如AlCu4Mg1、CuCr、CuNi1Si、CuCr1Zr、CuZr、CuCoBe、CuNiSi的沉淀硬化铜或铝合金制成。在特定实施例中,在沉淀硬化之后,对合金进行进一步的热处理,这具有以下效果:沉淀采用球体的形式,以减少材料中的应力或变形能量,从而进一步增加高温强度。为此,将材料保持在一温度中一个或两个小时,在该温度中,颗粒复合材料的基体的基相稳定,但是溶液中的其他相刚刚开始溶解。那么,材料的温度在该温度范围周围反复波动,并且随后将材料以每小时大约10℃至20℃慢慢冷却。

[0046] 在第四示例中,基础体2可由金属间相制成。图3示出了二元铝-铜系的相图,该二元铝-铜系的金属间相尤其适合作为基础体2的材料。在300℃,Al_xCu_y(其中,x、y为整数)的十六个金属间相是稳定的。在这些之中,十个金属间相在冷却至室温时保持稳定(这里未示出)。最重要的相以及其化学计量组成显示于图3中。它们都位于在某一温度范围上平行于温度轴延伸的相界线处。因此,其微结构在这些相应温度范围内保持完全不变。尤其优选Al₂Cu、Al₂Cu₃或Al₃Cu₅等作为用于EUV光刻的反射镜基底的基础体的材料。在变型中,也可以使用其中一个成分是铜的其他二元合金系,例如铜和锌、锡、镧、铈、硅或钛的二元系。

[0047] 在第五示例中,基础体2还可由具有位于两个相稳定线之间的组成的合金制成。这些区域在图3中为灰色阴影。因为通过热处理已经停止了沉淀工艺,所以这些合金以热稳定相呈现。在这个方面,优选来自特别宽的范围的组成,例如在Al₂Cu和AlCu之间。

[0048] 即使在高达150℃的温度中,这里提及的示例的基底都具有300MPa或更高的特别高强度,以及良好的长期稳定性。另外,在其基础体中包含铜的基底具有高的导热性,并且因此它们可易于冷却。由于基底的特殊基础体,基底在EUV投射曝光设备中的反射镜的长期工作中出现的温度范围内不经历任何微结构的变化。因此,具有该基底的EUV反射镜具有以下优点:尤其是在0.1μm至200μm的空间频率范围内,其粗糙度值在其工作寿命期间基本上保持不变。这里所述的EUV反射镜适合在照明系统和投射系统中使用,利用该照明系统使用

EUV辐射照明掩模或掩模母版,利用该投射系统将掩模或掩模母版的结构投射至EUV投射曝光设备的待曝光的物体(例如半导体晶片)上。由于高的高温强度,该基底尤其适合用于在光束路径中进一步向前布置在热负荷较高的地方(例如在照明系统中)的反射镜。该基底尤其适合用作光瞳分面反射镜的分面,以及尤其是场分面反射镜的分面。

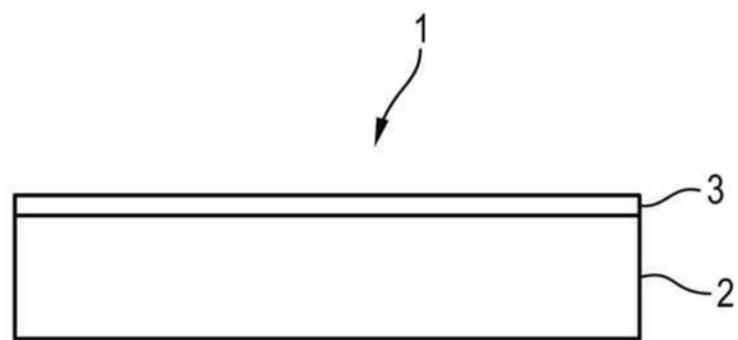


图1a

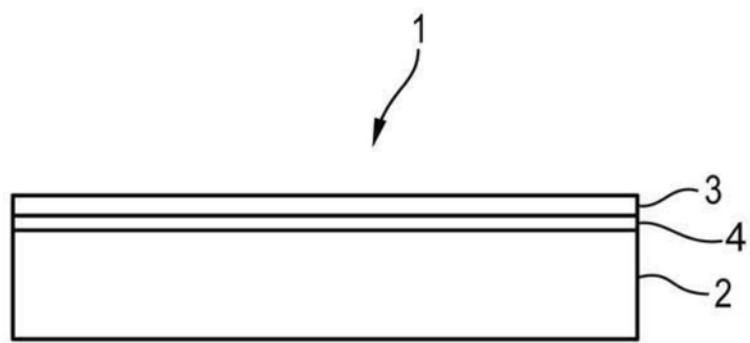


图1b

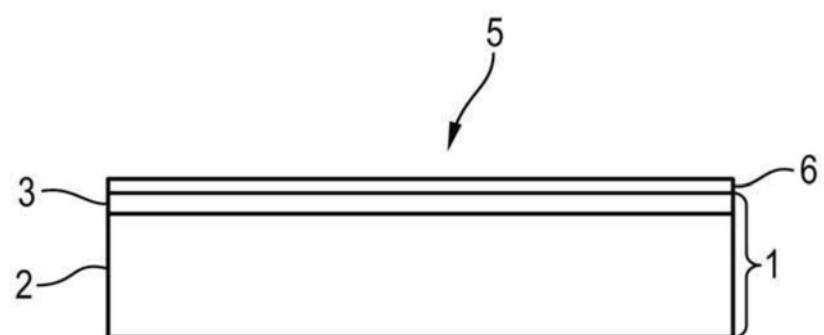


图2a

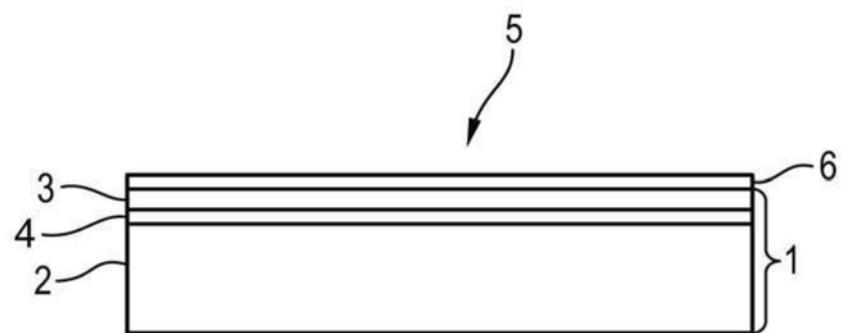


图2b

Cu 的原子百分比

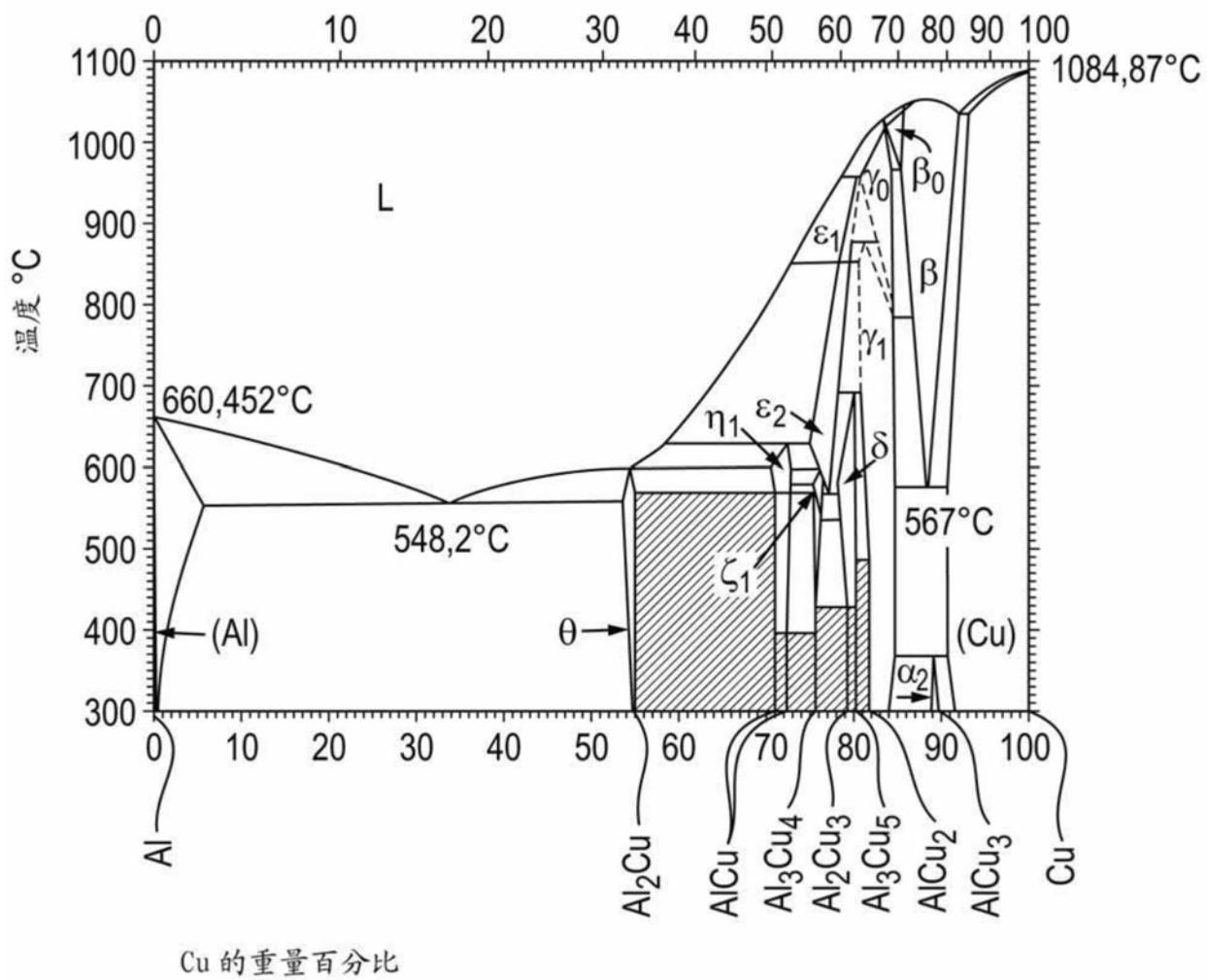


图3