

# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99814447.9

[43] 公开日 2002 年 1 月 9 日

[11] 公开号 CN 1330580A

[22] 申请日 1999.12.16 [21] 申请号 99814447.9

[30] 优先权

[32] 1998.12.16 [33] US [31] 09/212,974

[86] 国际申请 PCT/US99/29820 1999.12.16

[87] 国际公布 WO00/35623 英 2000.6.22

[85] 进入国家阶段日期 2001.6.14

[71] 申请人 通用扫描公司

地址 美国马萨诸塞

[72] 发明人 威廉·劳尔 皮埃尔·特里潘尼尔  
唐纳德·V·斯玛特 詹姆斯·科丁利  
迈克尔·皮洛特金

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事  
务所

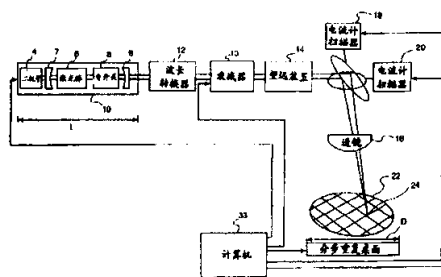
代理人 王以平

权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图页数 6 页

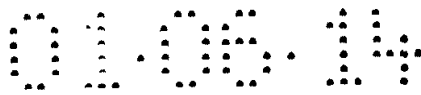
[54] 发明名称 激光处理

[57] 摘要

本发明提供一种在衬底(22)上蒸发目标结构(24)的系统(10,33)和方法。根据本发明,计算在目标结构(24)中沉积单位能量所需要的人射光束能量作为波长的函数,然后,对于入射光束能量,计算预计沉积在衬底(22)中的能量作为波长的函数。找出对应于预计沉积在衬底(22)中的能量的相对低值的波长,该低值充分地低于在较高波长上预计沉积在衬底中的能量的值。提供一种激光系统(10),配置成在对应于预计沉积在衬底(22)中的能量的相对低值的波长上产生激光输出。在对应于预计沉积在衬底中的能量的相对低值的波长上,将激光输出(13,14,15,16,18 & 20)导向衬底(22)上的目标结构(24),以便蒸发该目标结构(24)。



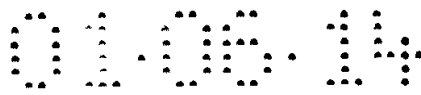
ISSN 1008-4274



## 权 利 要 求 书

---

1. 一种在衬底上蒸发目标结构的方法，包括如下步骤：  
计算在目标结构中沉积单位能量所需要的入射光束能量，作为波长的函数；  
对于入射光束能量，计算预计沉积在衬底中的能量作为波长的函数；  
找出对应于预计沉积在衬底中的能量的相对低值的波长，该低值充分地低于在较高波长上预计沉积在衬底中的能量的值；  
提供一种激光系统，配置成在对应于预计沉积在衬底中的能量的相对低值的波长上产生激光输出；以及  
在对应于预计沉积在衬底中的能量的相对低值的波长上，将激光输出导向衬底上的目标结构，以便蒸发该目标结构。
2. 根据权利要求1的方法，其中对应于预计沉积在衬底中的能量的相对低值的波长充分地小于 $1.047\mu\text{m}$ 。
3. 根据权利要求2的方法，其中对应于预计沉积在衬底中的能量的相对低值的波长小于 $0.55\mu\text{m}$ 。
4. 根据权利要求3的方法，其中目标结构包括传导率大于铝的金属。
5. 根据权利要求4的方法，其中金属包括铜。
6. 根据权利要求4的方法，其中金属包括金。
7. 根据权利要求4的方法，其中衬底包括硅。
8. 根据权利要求1的方法，其中衬底上的目标结构包括半导体器件的连接。
9. 根据权利要求8的方法，其中半导体器件包括集成电路。
10. 根据权利要求8的方法，其中半导体器件包括存储器装置。
11. 根据权利要求1的方法，其中预计沉积在衬底中的能量基本上正比于在目标结构中沉积单位能量所需要的入射光束能量减去沉积在目标结构中的能量乘以衬底的吸收度。



12. 一种在衬底上蒸发目标结构的系统，包括：

激光泵浦源；

激光谐振腔，配置成被该激光泵浦源泵浦；以及

激光输出系统，给出在目标结构中沉积单位能量所需要的入射光束能量，配置成在对应于预计沉积在衬底中的能量的相对低值的波长上，从激光谐振腔中储存的能量产生出激光输出，并将激光输出导向衬底上的目标结构以便蒸发目标结构，该低值充分地低于在较高波长上预计沉积在衬底中的能量的值。

13. 根据权利要求12的系统，其中激光输出系统包括波长转换器。

14. 根据权利要求12的系统，其中激光谐振腔产生在对应于预计沉积在衬底中的能量的相对低值的波长上的激光辐射。

15. 根据权利要求12的系统，其中对应于预计沉积在衬底中的能量的相对低值的波长充分地小于 $1.047\mu\text{m}$ 。

16. 根据权利要求15的系统，其中对应于预计沉积在衬底中的能量的相对低值的波长小于 $0.55\mu\text{m}$ 。

17. 根据权利要求16的系统，其中目标结构包括传导率大于铝的金属。

18. 根据权利要求17的系统，其中金属包括铜。

19. 根据权利要求17的系统，其中金属包括金。

20. 根据权利要求17的系统，其中衬底包括硅。

21. 根据权利要求14的系统，其中衬底上的目标结构包括半导体器件的连接。

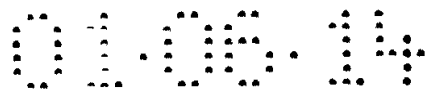
22. 根据权利要求21的系统，其中半导体器件包括集成电路。

23. 根据权利要求21的系统，其中半导体器件包括存储器装置。

24. 根据权利要求14的系统，其中预计沉积在衬底中的能量基本上正比于在目标结构中沉积单位能量所需要的入射光束能量减去沉积在目标结构中的能量乘以衬底的吸收度。

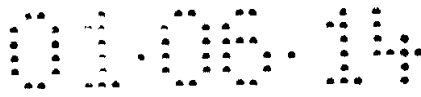
25. 一种在衬底上蒸发目标结构的方法，包括如下步骤：

提供一种激光系统，给出在目标结构中沉积单位能量所需要的入



射光束能量，配置成在对应于预计沉积在衬底中的能量的一个相对低值的波长上产生激光输出，该低值充分地低于在较高波长上预计沉积在衬底中的能量的值；以及

在对应于预计沉积在衬底中的能量的相对低值的波长上，将激光输出导向衬底上的目标结构以便蒸发该目标结构。



# 说 明 书

## 激光处理

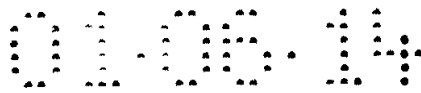
本发明涉及激光处理系统和方法，包括以高产出率去除在集成电路或存储器装置的硅衬底上紧密间隔的金属连接结构或“熔丝”。

激光系统可以用来去除集成电路和存储器装置，诸如ASIC，DRAM，和SRAM中的熔丝结构（“熔固连接”），用于诸如去除缺陷单元目的和替换缺陷单元为以此目的提供的冗余单元（冗余存储器修复）。连接处理激光系统包括由General Scanning 公司制造的M320和M325系统，它们在很多波长上产生激光输出，包括1.047 $\mu\text{m}$ 、1.064 $\mu\text{m}$ 和1.32 $\mu\text{m}$ 。

经济需要导致更小、更复杂、更高密度的半导体结构的开发。这些更小的结构具有在相对高速下工作的优点。同时，由于半导体器件零件可以更小，更多的零件可以包括在一个单独的硅片中。由于在半导体加工设备上处理单个晶片费用几乎不依赖于晶片上零件的数目，因此每个晶片上更多数目的零件可以转变成每个零件更低的成本。

在80年代，半导体器件零件经常包括多晶硅和硅化物互连。尽管基于多晶硅的互连是相对较差的导体，但他们使用当时的工艺容易制造，并且非常适合于那时普遍使用的Nd:YAG激光器产生的波长。然而，随着几何尺寸的缩小，多晶硅互连和连接结构的较差传导性变成问题，一些半导体制造商转向了铝。已经发现某些常规的激光器它们可以切割多晶硅连接，不能切割铝连接，特别是会发生损坏硅衬底。这种情况可以通过以下事实解释，铝的反射性非常高而吸收性低。因此，必须使用增加的能量以克服这种低吸收性。当使用过多的能量时，更高的能量会倾向于毁坏衬底。

Sun等人的美国专利5,265,114提出了一种“吸收度对比”模型用于选择适当的激光波长以切割铝和其他金属，诸如镍、钨和铂。具体地，该专利描述了选择出一个波长范围，在此范围内硅几乎是透明的，并



且金属连接材料的光学吸收特性足以用于要被处理的连接。该专利声称对比与激光波长 $1.064\mu\text{m}$ 和 $0.532\mu\text{m}$ ， $1.2\mu\text{m}$ 到 $2.0\mu\text{m}$ 波长范围提供了硅衬底和高传导性连接结构之间的高吸收度对比。

本发明提供一种在衬底上蒸发目标结构的系统和方法。根据本发明，计算在目标结构中沉积单位能量所需要的入射光束能量作为波长的函数。然后，对于入射光束能量，计算预计沉积在衬底中的能量作为波长的函数。找出对应于预计沉积在衬底中的能量的相对低值的波长，该低值充分地低于在较高波长上预计沉积在衬底中的能量的值。提供一种激光系统，配置成在对应于预计沉积在衬底中的能量的相对低值的波长上产生激光输出。在对应于预计沉积在衬底中的能量的相对低值的波长上，将激光输出导向衬底上的目标结构，以便蒸发该目标结构。

本发明的某些应用包括选择合适的波长用于切割金属连接而不对硅衬底产生不可接受的损害。其中波长小于，而不是大于，传统的波长 $1.047\mu\text{m}$ 和 $1.064\mu\text{m}$ 。该波长选择方法是有利的，因为使用较短的波长会导致较小的激光点，其它条件相同的情况下，用该激光点只击中需要的连接将更容易。具体地，其它条件相同的情况下，根据公式激光光点大小直接正比于波长：光点尺寸正比于 $\lambda f$ ，其中 $\lambda$ 是激光波长， $f$ 是光系统的 $f$ 数。

此外，本发明的某些应用包括选择合适的波长，在此波长下衬底具有低吸收度，但是互连材料比在常规波长 $1.047\mu\text{m}$ 和 $1.064\mu\text{m}$ 或者比常规更高的波长具有更高的吸收度。由于互连材料降低了反射性，入射激光能量可以降低而互连材料仍然吸收足够的能量使互连熔断而不需要多个激光脉冲（这会影晌吞吐量），或者由于激光光束造成附带损害。

本发明可以只用单个激光脉冲对布置为紧密间隔的图案的高传导率互连材料，诸如铜，金等等进行高质量的激光连接切割而不损害衬底。本发明还允许比在波长 $1.047\mu\text{m}$ ， $1.064\mu\text{m}$ 下获得更小的激光点尺寸，而仍然提供可接受的连接切割。

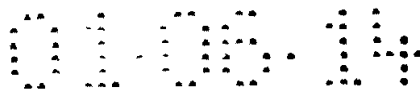


图1是根据本发明用于去除半导体器件的连接激光器的系统的框图，其中该连接由诸如铜或金等材料制成。

图2是半导体器件衬底上的连接的透视图。

图3是铜，金，铝和硅的吸收度作为波长的函数的曲线图。

图4是根据本发明，硅衬底上对于铜，金，和铝连接的衬底吸收函数作为波长的函数的曲线图。

图5是硅衬底上对于铜，金，和铝连接的L-S函数曲线图，其中L是连接的吸收度，S是衬底的吸收度。

图6是硅衬底上对于铜，金，和铝连接的 $(L-S)/(L+S)$ 函数曲线图，其中L是连接的吸收度，S是衬底的吸收度。

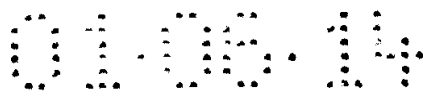
在图1的框图中，示出了用于消除半导体器件连接的系统。激光器10构成为在常规波长，例如 $1.047\mu\text{m}$ 上工作。其后排列着激光输出系统，包括波长转换器12，诸如频率加倍器或光学参量振荡器(OPO)，用于转换到波谱“绿”区的小于 $0.55\mu\text{m}$ 的波长。如下详述，激光束然后通过激光输出系统的剩余部分，包括受控的电—声-光衰减器13，扩展光束的望远装置14，和借助两个扫描电流计18和20通过聚焦透镜16扫描光束的扫描头15。在计算机33的控制下，光点被聚焦到要去除连接24的晶片22上。

激光器10被安置在相对于电流计和工件稳定的平台11上。它从自身外部受计算机33控制将其光束传送至包括精确X和Y电流计18和20的扫描头。在消除连接时光束以小于 $3/10$ 微米的精度定位是非常重要的。关联于连续移动的电计的位置的激光脉冲的时间选择是重要的。计算机33在需要时控制发出激光脉冲。

分步重复桌面34移动晶片到位以处理每一半导体器件。

在一个实施方案中，激光器10为钕钒酸盐激光器，其具有总长L约6英寸和短的腔长。

该优选实施方案的转换器12在腔体之外，大约另有4英寸长。在备选实施方案中，激光器10可以配置成产生具有合适波长的激光输出，因此可以不需要转换器。



该激光器为Q开关半导体泵浦激光器，具有足够的长度和结构以便能够通过计算机33以高精度进行脉冲率的外部控制。

激光器的腔体包括部分透射镜7，最优化在钕钒酸盐激光棒6被二极管泵浦的所在波长。部分透射输出镜9也最优化在该波长。

泵浦二极管4根据设计产生一至二瓦功率，它聚焦在激光棒6的后面。如上所述，激光棒在其受泵端，覆以适合于标准激光波长 $1.064\mu\text{m}$ 或 $1.047\mu\text{m}$ 的镜7。激光棒的另一端覆以二向色涂层。激光腔中为声光调制器形式的光学Q开关8。它用作建立激光器工作频率的快门。Q开关外面是输出镜9。激光棒受泵端上的镜7和声光Q开关外的镜9这两个镜子组成了激光腔。

另一个声光衰减器形式的系统光学开关13位于激光腔外的激光输出光束中。在计算机33的控制下，它用于除非需要时阻止光束到达电流计，和当需要光束到达电流计时，受控地减小激光束功率到要求的功率水平。在汽化作用过程中，根据系统和工艺的工作参数该功率水平可能小至总激光输出的10%。在汽化作用前激光输出光束对准目标结构的对准过程中，该功率水平可能约为总激光输出的0.1%。

操作中，X，Y电流计10和12的位置通过电流计控制G受控于计算机33。通常，电流计在硅晶片上半导体器件上方以恒定速度移动。激光器基于控制电流计的定时信号而受控于定时信号。激光器以恒定的重复频率工作，并且通过系统光学开关13而与电流计同步。

在图1的框图中，示出了激光束聚焦在晶片上。在图2的放大图中，看到激光束聚焦在半导体器件的连接部件25上。

金属连接通过二氧化硅绝缘层32被支持在硅衬底30上。绝缘层可以是例如0.3-0.5微米厚。在该金属连接之上是另一个二氧化硅层(未示出)。在连接熔断技术中，激光束对接在连接处并将其加热到熔点。在加热过程中，金属由于叠加的氧化物层的约束效果被阻止蒸发。在短脉冲的持续时间内，激光束累积地加热金属直到金属膨胀得将绝缘材料击穿。此时，熔融材料在如此高压下瞬时蒸发并通过击穿孔彻底熔断。



确定由波长转换器12产生的波长需要通过均衡地考虑要处理的互连或连接的值和衬底的值，使得不合需要的沉积于衬底的能量相对于切割连接所需的沉积于连接结构的能量达到折衷。因此，选择波长的准则是不要求衬底非常透明，当对衬底非常透明的波长区域远小于沉积于连接结构的能量的最佳区域时，这尤其重要。

选择合适波长的准则如下：

1)计算在连接结构上沉积单位能量所需的相对入射激光束能量。该相对入射激光束能量正比于连接结构的吸收度(absorption)的倒数。例如，如果连接结构具有吸收度0.333，则它沉积在连接结构上相同的能量比具有吸收度为1的结构需要三倍的入射激光能量。图3示出了铜、金、铝和硅的吸收度作为波长的函数(铜、金和铝是可能的连接结构材料，硅是衬底材料)。

2)用步骤(1)中计算出的入射光束能量，计算沉积在衬底中的能量。对于完好对准的光点，该能量正比于步骤(1)中计算出的入射能量，减去连接结构吸收的能量，乘以衬底的吸收度。即衬底吸收的能量正比于 $(1/L-1) \times S$ (在此为“衬底吸收函数”)，其中L为连接结构吸收度，S为衬底吸收度。

3)找出步骤(2)中确定的衬底吸收函数的低值作为激光波长的函数。

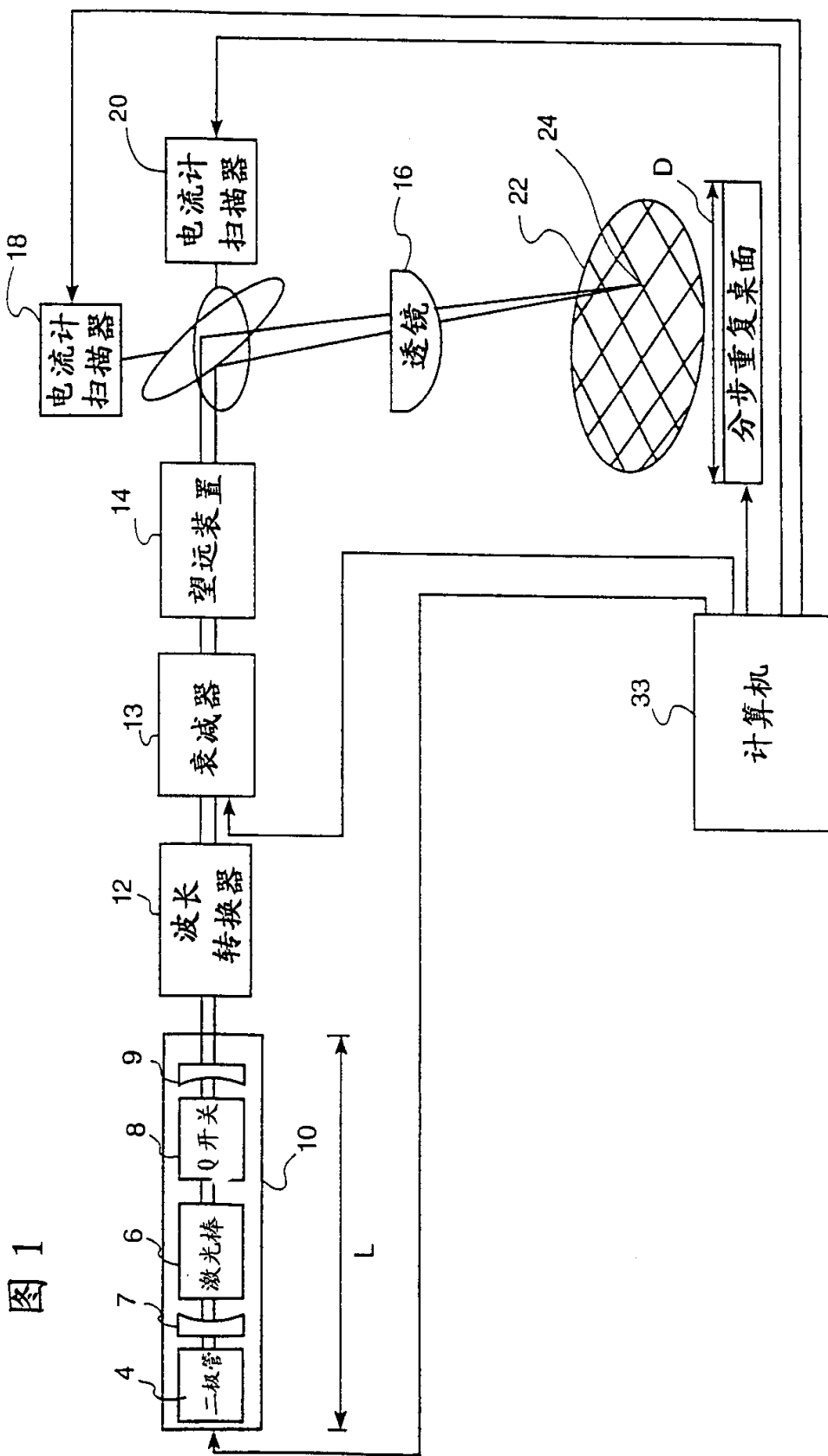
图4示出了在硅衬底上对于铜、金和铝，衬底吸收函数作为波长的函数，波长范围在0.3-1.4 $\mu\text{m}$ 。衬底吸收函数的值可以从如图3所示的吸收曲线推出，考虑到确定性，使用的任一个比例常数(见上述步骤(2))选择为0.5(该常数仅改变图4的垂直比例，而不改变由此得出的任何结论)。

由图4看出，对于金和铜的结构(不包括铝)，在大致小于0.55 $\mu\text{m}$ 的波长区域中，其衬底吸收函数与波长大于1.2 $\mu\text{m}$ 的区域中的衬底吸收函数可相比拟。

还注意到该函数与如图5和6表示的函数相比很不相同，图5和6示出了代表简单吸收对比度的两种可能的函数。具体地，图5示出了函数

L-S, 用百分比表示, 图6示出了函数 $(L-S)/(L+S)$ 。在每种情况下, 根据图5和6, 即使对于金或铜的连接结构, 小于 $0.55\mu\text{m}$ 的波长区域发现不合要求, 因为图中所示函数在该区域小于零。该负值反映了这样的事实, 即在该波长区域, 衬底比连接结构更具吸收性, 于是, 根据此模型, 该波长区域不应选择。

说明书附图



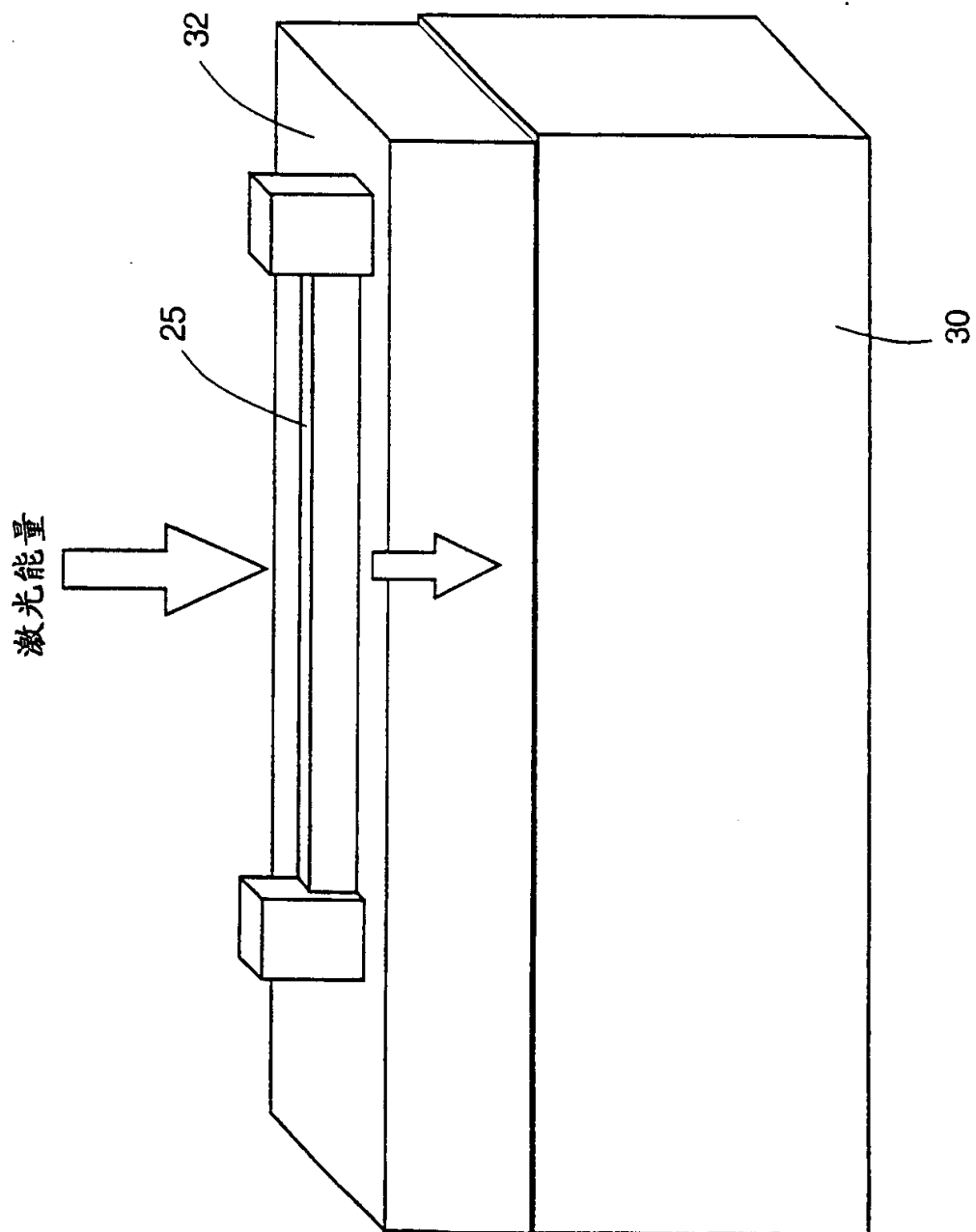


图 2

图 3

材料的吸收度

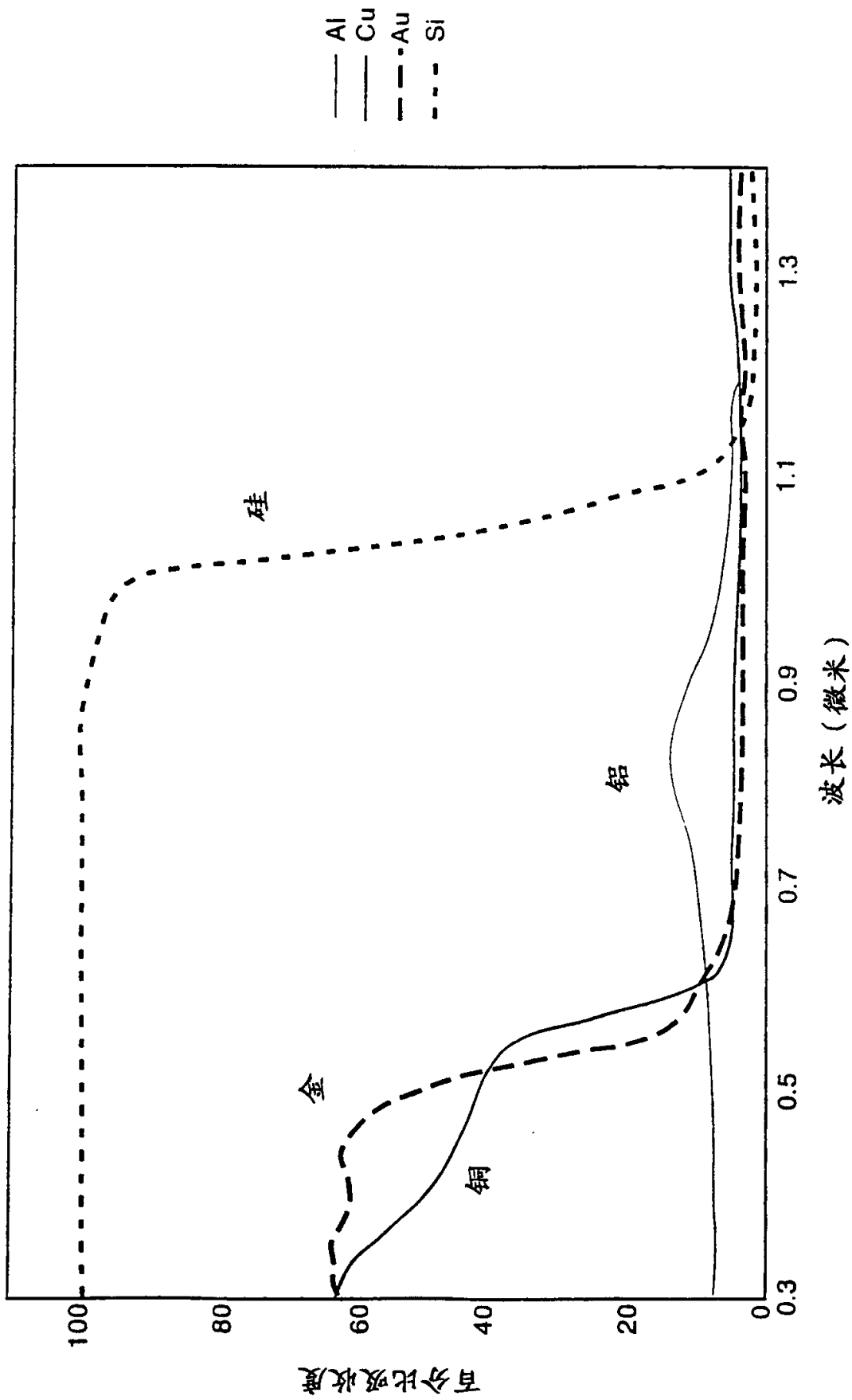


图 4

对连接结构单位吸收衬底吸收的能量  
 (“初底吸收函数”)

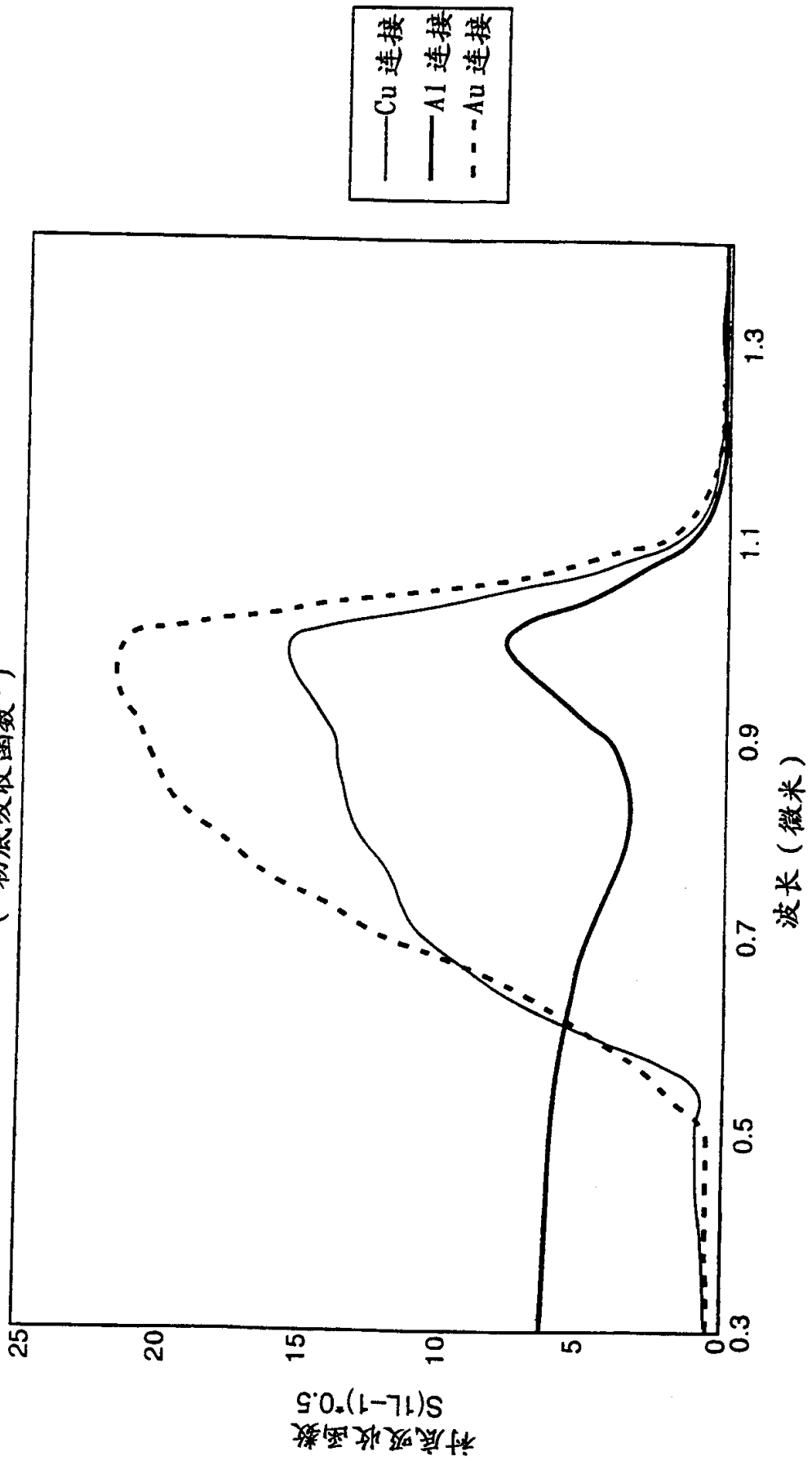
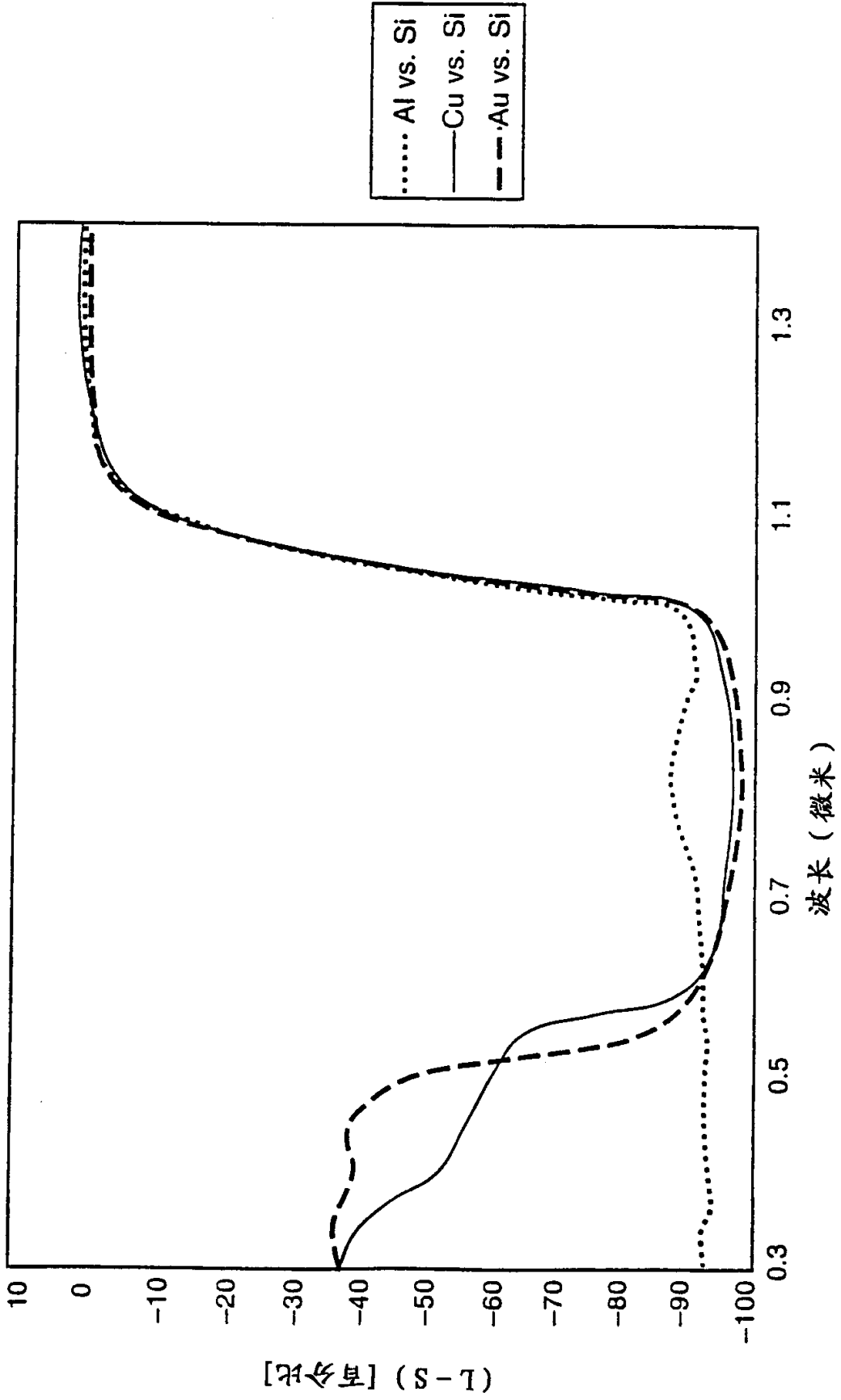


图 5

“吸收对比”



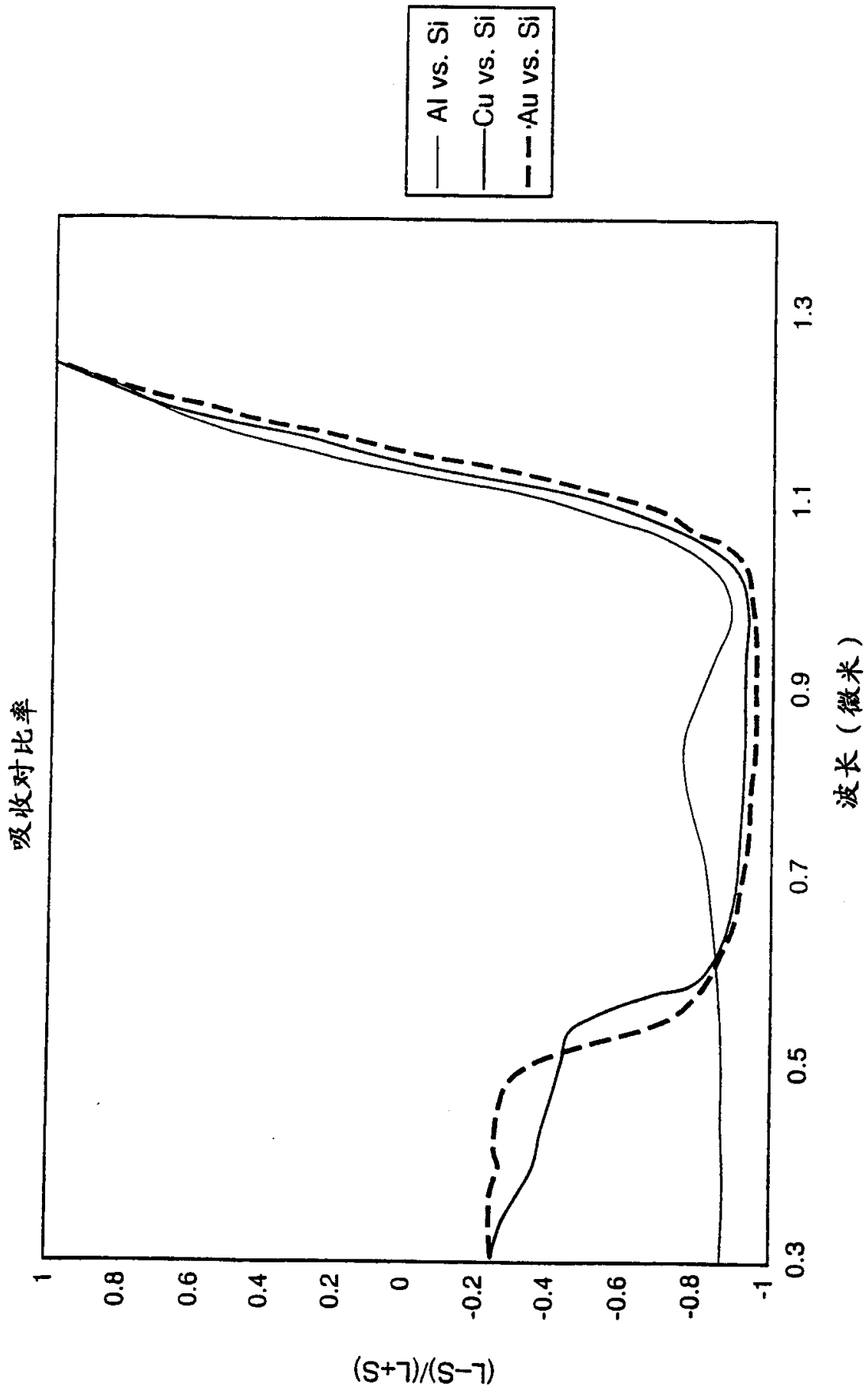


图 6