



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 89103212.6

[51]Int.Cl⁵

G03G 5/08

[45]授权公告日 1995年6月28日

[24]颁证日 95.4.14

[21]申请号 89103212.6

[22]申请日 89.4.3

[30]优先权

[32]88.4.4 [33]JP[31]82450 / 88

[32]88.4.28 [33]JP[31]107098 / 88

[32]88.6.30 [33]JP[31]164478 / 88

[73]专利权人 夏普公司

地址 日本大阪市

[72]发明人 早川尚志 成川志郎 大桥邦夫

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 肖榕昌 李先春

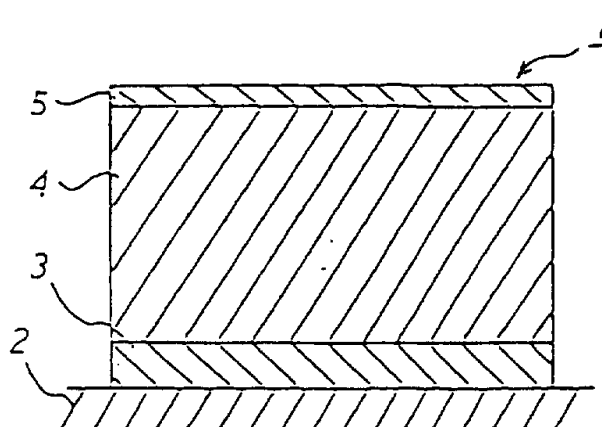
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 一种电摄影用的光敏器件

[57]摘要

本发明公开了一种电摄影用的光敏器件，它包括导电基片和一层形成在所说基片上的光导层，其中光导层是由含氢和/或卤素按原子数计占40%或以上的非晶形硅构成的。



1. 一种电摄影用的光敏器件(1), 包括电导基片(2)和形成在该基片(2)上的光导层(4), 其中所说的光导层(4)是用电子回施共振方法由含氢和/或卤素以原子数计占 40% 或以上的非晶形硅构成的。

2. 按权利要求 1 的电摄影用的光敏器件(1), 其中所说的光导层(4)是由含氢和/或卤素以原子数计占 40-60% 的非晶形硅构成的。

3. 按权利要求 2 的光敏器件(1), 其中所说的光导层(4)是由含氢和/或卤素以原子数计占 40-50% 的非晶形硅构成的。

4. 按权利要求 1 的光敏器件(1), 其中所说非晶形硅在 2100cm^{-1} 附近吸收系数与在 $2,000\text{cm}^{-1}$ 附近的吸收系数之比是在 1.3-2.5 范围之内。

5. 按权利要求 1 的光敏器件(1), 其中所说的非晶形硅的红外光谱中, 在 840cm^{-1} 附近的积分吸收强度与在 880cm^{-1} 附近的积分吸收强度的比是在 0.2-0.6 范围之内。

6. 按权利要求 1 的光敏器件(1), 还包括一层夹在基片(2)和光导层(4)之间的中间层(3)和一层形成在所说光导层(4)上的外涂层(5)。

7. 按权利要求 1 的光敏器件(1), 其中所说的光导层(4)添加有周期表 III A 族的一种元素作为杂质。

8. 按权利要求 1 的光敏器件(1), 其中所说的光导层(4)添加有周期表 V A 族或 VI A 族的一种元素作为杂质。

一种电摄影用的光敏器件

本发明涉及一种由电子迴旋共振方法形成的，用非晶形硅制成的光导层的电摄影用的光敏器件。

近年来，作为一种常用的电摄影用的光敏器件，例如在一个基于电摄影原理的成像装置中，推荐用一种光敏器件，在这种器件中将非晶形硅（以后简称为 $a-Si$ ）光导层形成在导电基片上。这种 $a-Si$ 型光敏器件有许多优点，例如它有长的工作寿命，高的光敏性，高硬度（ $HV: 1500-2000 Kg/mm^2$ ），并对人体无害。因此，人们已经作了很多努力使它成为一种合乎要求的光敏材料而投入实际应用中。

传统的 $a-Si$ 型光敏器件通常用等离子体 CVD，溅射，或其它技术来制造。在等离子体 CVD 方法中，首先将一种源气体，例如单硅烷或双硅烷引进真空室中，该室中设置铝或类似的导电基片。随着源气体导进真空室，接着用高频电使之产生辉光放电，以便使真空室中的源气体分解而在基片上生成含氢的 $a-Si$ 层。在溅射法中，用硅晶片作靶，先将 H_2 气体和稀有气体，例如氩、氮或类似的气体引入反应室中，然后用高频电使之产生辉光放电，使得该靶受溅射而在基片上生成一层含氢的 $a-Si$ 层。

但是，在上述的制作过程中，为了使 $a-Si$ 型光敏器件有足够的光敏性，必须对导电基片加热以在其上形成 $a-Si$ 层。这样一来就增加了 $a-Si$ 层中的含氢量。 $a-Si$ 层中过多的含氢量会使其导电率高达 $10^{-10} S/cm$ ，以至于损坏了 $a-Si$ 层的电荷保持性能。

可以用气体, 如 B_2H_6 , 将硼加到 $a-Si$ 层上面增加 $a-Si$ 层的电导率。但是, 在这种情况下, 增加的程度是比较小的, 最多只能得到 10^{-11} 至 $10^{-12} S/cm$ 的电导率。

传统的生产工艺有许多缺点, 它的沉积率很低; 源气体的利用率低; 而且, 在 $a-Si$ 层生长期间, 许多粉末状聚合物例如 $(SiH_2)_n$, 作为付产物产生并沉积在导电基片表面上, 使得 $a-Si$ 层中产生许多缺陷, 从而降低了 $a-Si$ 型光敏器件成品的产量。

传统的 $a-Si$ 型光敏器件, $a-Si$ 层的含氢量严格地限制到按原子数计在 $10\%—40\%$ 的范围中(见日本专利公报No: 60—35059和美国专利No: 4, 265, 991)但是, 在日本公开专利公报No: 57—158650中公开了一种含氢按原子数计在 $10—40\%$ 的 $a-Si$ 层, 其中在 $a-Si$ 层的红外光谱中, 在 $2100 cm^{-1}$ 附近的吸收系数 $\alpha(SiH_2)$ 与在 $2000 cm^{-1}$ 附近的吸收系统 $\alpha(SiH)$ 的比率约在 $0.2—1.7$ 的范围内。 $2100 cm^{-1}$ 附近的吸收系统 $\alpha(SiH_2)$ 是由 $Si-H_2$ 键产生的, 而 $2000 cm^{-1}$ 附近的吸收系统 $\alpha(SiH)$ 是由 $Si-H$ 键产生的。为了保证电摄影用的含 $a-Si$ 光导层的光敏器件有足够的光敏性, 它们的电阻率变得小到 $10^9 \Omega \cdot cm$, 甚至在 $a-Si$ 层中掺加硼(B)时, 它们的电阻率仍然小于 $10^{11} \Omega \cdot cm$, 所以 $a-Si$ 型光敏器件的电荷保持性能比不上传统的硒或有机的光敏器件。

为了改善传统的 $a-Si$ 光敏器件的电荷保持性能, 必须提高吸收系数比率 $\alpha(SiH_2)/\alpha(SiH)$ 。但是, 在采用等离子体CND或溅射工艺中, 在形成各层时, 源气体的反应随高频功率的提

高而越有效，因此产生了大量的粉末状聚合物，如 $(SiH_2)_n$ 。这将造成粉末状聚合物淀积在光敏器件基片的表面上，而损害所得光敏件的质量。

本发明的电摄影用光敏器件，克服了已有技术中上述的和其它的很多缺点与不足，这种器件包括用于电摄影的包含一导电基片和形成在该基片上的电导层，其中光导层是由含以原子数计的氢和/或卤素占40%或更多的非晶形硅制成的。

在一选用的实施例中，光敏层是由含以原子数计的氢和/或卤素占40%—60%的非晶形硅制成的。

在一优选的实施例中，光敏层是由含以原子数计的氢和/或卤素占40%—50%的非晶形硅制成的。

在选用的实施例中，非晶形硅的 2100 cm^{-1} 附近的吸收系数与 2000 cm^{-1} 附近的吸收系数的比率是在1.3—2.5范围之间。

在选用的实施例中，非晶形硅的红外光谱中 840 cm^{-1} 附近的积分吸收强度与 880 cm^{-1} 附近的积分吸收强度的比率是0.2—0.6范围之间。

在一选用实施例中，本发明的电摄影用光敏器件还包含一层在基片和光导层之间的中间层和一层形成在光导层上的外涂层。

在一选用实施例中，光导层中掺有周期表的ⅢA族元素作为杂质。

在一选用实施例中，光导层中掺有周期表的VA族或VIA族元素作为杂质。

在一选用实施例中，光导层是由电子迴旋共振方法形成的。

因此，在此所描述的发明能够实现如下的目标：(1) 提供一种

电摄影用的光敏器件，它具有高的光敏性和极高的暗电阻率，所以它能得到良好的电荷保持性能，而产生高质量的图像；（2）提供一种电子摄影用的光敏器件，它改善了电导性和电荷保持性能，所以能够获得高质量的图像；（3）提供了一种电摄影用的光敏器件，它是由电子迴旋共振方法制作的，所以能改善淀积率和气体利用率，从而降低了生产成本；（4）提供了一种电摄影用的光敏器件，它是由电子迴旋共振方法生产的，所以能防止粉末状聚合物，例如 $(SiH_2)_n$ 的产生，从而提高了产品的产量。

对熟悉本领域的技术人员，参照如图附图可以更好地了解本发明，从而使其各种目的和优点更为明显。

图1为本发明电摄影用光敏器件结构断面图。

图2为本发明采用电子迴旋共振方法生产电摄影光敏器件用的设备的断面图。

图3表示气体压力和各种电摄影用光敏器件的 $a-Si$ 层中氢含量之间的关系。

图4表示气体压力和各种电摄影用光敏器件的 $a-Si$ 层的吸收系数比 $\alpha(SiH_2)/\alpha(SiH)$ 间的关系。

图5表示气体压力和各种电子摄影用光敏器件的 $a-Si$ 层的光导率 (η, μ, τ) 之间的关系。

图6表示气体压力和各种电子摄影用光敏器件的 $a-Si$ 层的暗电阻率 (ρ_d) 之间的关系。

图7表示各种电摄影用光敏器件的 $a-Si$ 层的积分吸收强度比 (I_2/I_1) 与电导率之间的关系，以及积分吸收强度比 (I_2/I_1) 与光导率 (η, μ, τ) 之间的关系。

以下对本发明选用实施例作进一步描述。

图 1 是本发明电摄影用光敏器件结构的断面图。图 2 是为了采用电子迴旋共振方法形成图 1 所示的电摄影用光敏器件各层的装置断面图。

在图 2 中，该装置包括一个形成氢等离子体的等离子体形成室 1 1，沉积室 1 2，在沉积室内形成各层。等离子体形成室 1 1 和沉积室 1 2 通过等离子体入口 1 3 互相连通，用一个由油扩散泵和油循环泵组成的排气系统（图没示）抽真空。

等离子体形成室 1 1 起腔式共振器作用，通过波导管 1 4 将它导进 2.45 GHz 的微波。微波窗 1 5 是由能透射微波的石英玻璃板制成的。等离子体形成室 1 1 装有供气管 1 9，通过它可将氢气导进等离子体形成室 1 1 中。在等离子体形成室 1 1 周围配置磁性线圈 1 6 和 1 7。磁性线圈 1 6 产生一个供形成等离子体的磁场（875 G），而磁性线圈 1 7 产生一磁场，借助此磁场，将等离子体形成室 1 1 中所形成的等离子体导进沉积室 1 2。

用上述装置生产本发明的电摄影用光敏器件的步骤如下：首先，将一导电基片 1 8 置于沉积室 1 2 中靠近中心部位。导电基片 1 8 可以是，如铝制的鼓形物。用抽气系统将等离子体形成室 1 1 和沉积室 1 2 抽真空。然后，将氢气，如果需要还有其它气体，通过供气管 1 9 导进等离子体形成室 1 1，同时通过供气管 2 0 将源气体导进沉积室 1 2。源气体可以是一种硅化合物的气体，例如： SiH_4 、 Si_2H_6 、 SiF_4 、 SiCl_4 、 SiHCl_3 和 BiH_2Cl_2 、或者它们的混合物。当形成 a-SiC 或 a-SiN 层时，将 CH_4 或 NO 气体加进源气中。在这时，将气体压力控制在 10^{-3} 至 10^{-4}

托的数量级之间。然后，在形成磁场时，将从微波发生器（图未示）所产生的微波导进等离子体形成室 1 1。在等离子体形成室 1 1 中将氢气转变成等离子体，并将所产生的氢等离子体通过等离子体入口 1 3 导进沉积室 1 2，在那里将源气体转化成等离子体。然后在磁场作用下将形成的源气的等离子体引至导电基片 1 8 上，而使 a—Si 沉积在导电基片 1 8 的表面上。因为导电基片 1 8 是由一支撑件旋转着，因此能在导电基片 1 8 的表面上形成一层具有均匀厚度的层（即 a—Si 层）。层厚的均匀度可以通过调整等离子体入口 1 3 的位置和尺寸而得到进一步的改善。

与传统的等离子体 CVD 的情况相类似，所形成的 a—Si 层的电导性类型可以由引入的附加气体的种类来确定。当采用周期表中 III A 族元素的化合物，例如 B_2H_6 或 BH_3 作为附加气体时，得到 P 型 a—Si 层。反之，当用周期表中 V A 族或 VI A 族元素的化合物，如 PH_3 、 PCl_3 ，或 PCl_5 为附加气体时，得到 n 型的 a—Si 层。

用该装置，在不同气压下用 SiH_4 源气进行了一系列的形成 a—Si 层的试验，这些 a—Si 层的氢含量，吸收系数比 $\alpha(SiH_2) / \alpha(SiH)$ ，光导率 (η 、 μ 、 τ)，以及暗电阻率 (ρ_d) 与气体压力的关系分别表示在图 3、4、5 和 6 中。

如从这些图可以看到，当 a—Si 层中含氢按原子数计有 40% 或更多，而且吸收系数比 $\alpha(SiH_2) / \alpha(SiH)$ 是在 1.3—2.5 范围之间时，将获得具有 $10^{12} \Omega \cdot cm$ 或更大暗电阻率和高光导（即高的光敏性）的 a—Si 层。可以看到，传统的 a—Si 层含 40% 按原子数计或更少的氢，而比率 $\alpha(SiH_2) / \alpha(SiH)$

的范围在 $0.2 - 1.7$ 之间, 不可能得到 $10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 或更大的暗电阻率和高光导 (即高的光敏性)。较好是 a—Si 层中含氢量为 40%—60% 的按原子数计的百分数, 而更好是 40%—50% 的按原子数计的百分数。当 a—Si 层中按原子数计的含氢量大于 60% 时, a—Si 层的光波段范围变得过份地大, 所以这样的层是不适于作为必须对可见光有光敏性的电摄影用光敏器件的光导层的。

通常, 在 a—Si 的红外光谱中, 在 2000 cm^{-1} 附近观察到由 Si—H 键产生的吸收峰, 而在 $800 - 900 \text{ cm}^{-1}$ 附近观察到由 Si—H₂ 键产生的吸收峰。在 a—Si 的红外光谱中, 当 SiH₂ 呈现单体形式时, 其吸收峰只在 880 cm^{-1} 附近观察到, 而当 SiH₂ 呈聚合物形式时, 如 (SiH₂)_n, 则其吸收峰即出现在 880 cm^{-1} 处, 也出现在 840 cm^{-1} 处。

就电摄影用的 a—Si 层而论, SiH₂ 和 (SiH₂)_n 是以混合物形式出现的, 而众所周知, 光敏器件的性能, 例如电导性可能随 (SiH₂)_n 与 SiH₂ 的比率而变化。本发明人已发现, 可以根据 a—Si 的红外光谱中 I_2 / I_1 的比率来计算出 (SiH₂)_n 与 SiH₂ 的比率 (这里 I_2 为 840 cm^{-1} 处的积分吸收强度, I_1 为 880 cm^{-1} 处的积分吸收强度)。积分吸收强度由积分 $\int \alpha(\omega) / \omega \cdot d\omega$ 表示, 这里 $\alpha(\omega)$ 是波数 ω 处的吸收系数。如果使比率满足不等式:

$0.2 < (I_2 / I_1) < 0.6$, 则 a—Si 型光敏器件的性能, 例如电导性可能得到改善。

图 7 表示积分吸收强度比 (I_2 / I_1) 和电导率之间的关系, 以及积分吸收强度比 (I_2 / I_1) 和光导率之间的关系。当积分

吸收强度比 (I_2 / I_1) 是在 0.2—0.6 之间时, 电导率约为 10^{-12} S/cm, 而光导率约为 10^{-6} C/m²/V, 这两者都是令人满意的。

由电子迴旋共振方法所形成的 a—Si 层, 其优点在于:

(1) 在比较低的气压下 (10^{-5} — 10^{-3} 托) 能够产生稳定的等离子体, 并且由于防止了反应物之间的第二次反应而避免了粉末状聚合物, 例如 (SiH_2)_n 的产生, 所以可形成满意的 a—Si 层;

(2) 因为采用高能电子, 使所引入气体的分解、激发、和离子化的效率取得明显的改善。

结果, 使沉积率和气体利用率都提高了 6—10 倍。例如: 获得约 $23 \mu\text{m/hr}$ 的沉积率和约 49% 的气体利用率是可能的:

(3) 由于适当的离子碰撞程度, 将不用对导电基片进行加热就能形成 a—Si 层, 所以能降低 a—Si 层中所含的 (SiH_2)_n 的量, 得到具有高光敏性的高质量 a—Si 层。

本发明的 a—Si 层适于用作将外界来的光信息转换成电信号的装置中的光敏器件, 所以它能充当电摄影用光敏器件, 图像传感光敏器件, 或液晶的光敏器件, 或多层显示装置等的光导层。而且, 本发明的 a—Si 层也可用于诸如太阳能电池和薄膜晶体管等各种器件中。

例 1

在本例中, 按下面步骤生产如图 1 所示的具有正电荷的电摄影用光敏器件: 用电子迴旋共振方法顺序连续地在导电基片 2 上形成添加有大量硼的 a—Si 所构成的中间层了, 添加有少量硼的 a—Si 所构成的光导层 4 和由 a—SiC 构成的外层 5。一种为使硼添加到

a—Si层中的附加气体，可选用带氢或卤素的硼化合物，例如： B_2H_6 。代替硼，也可用周期表ⅢA族中的任一种元素，例如：铝、锗、铟或类似的元素。

各层形成的条件表示在下表1中。

表 1

层	MW功率 (KW)	流率			气压 ($\times 10^{-3}$ 托)
		SiH ₄ (SCCM)	B ₂ H ₆ (SCCM)	CH ₄ (SLM)	
中间层	2.5	120	30 ^{*1}	— —	2.8
光导层	2.5	120	5 ^{*2}	— —	2.8
外涂层	2.5	30	— —	2.0	2.8

*1：按H₂计3000ppm。

*2：按H₂计 30ppm。

a—Si光导层4含有以原子数计占48%的氢在红外光谱中它的吸收系数比 $\alpha(SiH_2) / \alpha(SiH)$ 是2.15。

在本例中，不产生粉末状的聚合物，例如 $(SiH_2)_n$ ，而沉积率和气体利用率都比用传统方法的增加了6—10倍。而且，当对所生成的a—Si型光敏器件作性能测试时，可以看到与传统的a—Si型光敏器件相比，其电荷保持性能特别良好。当本发明的a—Si层光敏器件用在一种商用复印机中进行复印时，取得了高质量的图像。

在采用以电子回旋共振方法形成的a—SiN层或a—SiO层来代替a—SiC层作外涂层5时，所取得的结果也是令人满意的。

例 2

除了采用不同的气压以形成光导层 4 外，其它均采用例 1 相似的方式来制作如图 1 所示的电摄影用的光敏器件。对所制作的光敏器件的电荷保持性能和光敏性进行检测。所得结果见表 2：

表 2

样品号	1	2	3	4	5
气 压 ($\times 10^{-3}$ 托)	2. 8	3. 4	3. 8	4. 4	5. 0
电荷保持 性能 *	⊙	⊙	○	△	△
光敏性 *	⊙	⊙	×	×	×

* ⊙ 很好

○ 好

△ 对实际使用可接受

× 差

如表 2 可见，当通过控制气压达 2.8×10^{-3} — 3.4×10^{-3} 托，将比率 $\alpha(\text{SiH}_2) / \alpha(\text{SiH})$ 调节到 1.3 — 2.5 时（根据图 4 所示关系）取得了令人满意的结果。

对每个光敏器件的光导层中含氢量进行了测量，其结果是：当气压为 2.8×10^{-3} — 3.4×10^{-3} 托时，光敏层中含按原子数计为 52% 的氢，而当气压是 3.8×10^{-3} — 5.0×10^{-3} 托时，光敏层中含氢量托原子数计为 20 — 30%。

例 3

以类似于例 1 的方法制作的如图 1 所示的带负电荷的光敏器件，

不同点在于添加有少量磷的 a—Si 层作光导层 4 和用添加了大量的磷的 a—Si 层作中间层。为了将磷添加到 a—Si 层中，作为附加气体选用诸如 PH₃、PCl₃ 或 PCl₅ 等带氢或卤素的磷化合物。不用磷，也可用诸如镍、锑、氧或类似的周期表中 V A 族或 VI A 族中的任一种元素。各层的形成条件列于表 3 中。

表 3

层	M W 功率 (K W)	流 率			气 压 ($\times 10^{-3}$ 托)
		Si H ₄ (SCCM)	PH ₃ (SCCM)	CH ₄ (SLM)	
中间层	2.5	120	1*	—	2.8
			10	—	
光导层	2.5	120	1	—	2.8
外层	2.5	30	—	2.0	2.8

1* : 按 H₂ 3000 P P m。

2* : 按 H₂ 30 P P m。

在本例中，不产生诸如 (SiH₂)_n 那样的粉末状聚合物，而沉积率和气体利用率皆大大高于按传统方法所得的器件。而且，当对所制作的 a—Si 型光敏器件的性能进行检测时，其电荷保持性能是特别优良的。当将该种 a—Si 型光敏器件用于商业复印机中进行复印时，取得了高质量的图像。

当将由电子迴旋共振方法形成的 a—SiN 层或 a—SiO 层代替 a—SiC 层用作外涂层 5 时，所获得的结果也是令人满意的。

例 4

在本例中，按下述生产如图 1 所示的电摄影用光敏器件 1，采用电子迴旋共振方法，按顺序连续地将添加大量硼的 a—SiN 构成的中间层 3，添加少量硼的 a—Si 构成的光导层 4，和 a—SiC 构成的外涂层 5 形成在导电基片 2 上，所制成的光敏器件 1 的 a—Si 层是 P 型的。

各层的形成条件列于表 4 中。

表 4

层 1*	MW 功率 (KW)	流 率				气 压
		SiH ₄	B ₂ H ₆	NO	CH ₄	
			2*			
中间层	2.5	120	22	12	2.7	
			3*			
光导层	2.5	120	6		2.7	
外涂层	1.5	120		18	0.8	

1* : 基片处于室温

2* : 按 H₂ 3000 ppm

3* : 按 H₂ 30 ppm。

在本例中，也按上述相同的方法生产了在红外光谱中有不同积分强度比 (I_2 / I_1) 的电摄影用光敏器件。图 7 表示积分吸收强度比 (I_2 / I_1) 和电导率的关系，以及积分吸收强度比 (I_2 / I_1) 和光导率的关系。表 5 表示具有不同的积分吸收强度比的 a—Si 型光敏器件 A—D，和传统的用等离子体 CVD 方法生产的 a—Si 型光敏器件 E 的四种其它性能。

表 5

样 品	A	B	C	D	E
表面电位 (V)	870	860	860	800	820
充电后电荷保持 1秒的百分数 (%)	89	89	88	83	79
灵敏度 (cm^2/erg)	0.1	0.42	0.44	0.23	0.45
残余电位 (V)	210	50	45	105	35

具有积分吸收强度比在 0.2—0.6 范围的 a—Si 型光敏器件 B 和 C 与传统的 a—Si 型光敏器件 E 比较,有良好的灵敏度和改善了电荷保持性能。由于采用这种 a—Si 型的光敏器件 B 和 C 来进行成像,所以得到清晰的,没有雾翳的图像。表 5 也指出,虽然积分吸收强度比超出 0.2—0.6 范围的 a—Si 型光敏器 A 和 D 具有改善的电荷保持性能,但它们的灵敏度和残余电位是不能令人满意的。因此,这些光敏器件不适于实用。

对积分吸收强度比范围在 0.2—0.3 之间的 a—Si 层进行定量分析的结果发现它们在 a—Si 层中的含氢量按原子数计是 45—50%。当 a—Si 层含氢量按百分率处于此范围时,光敏器件的暗电阻率和光导率是特别令人满意的。

很清楚,对本领域技术人员来说,各种不违背本发明精神的其它改进将显然容易做到的。因此,不意味着说明书的范围作为以后的限制,而应该说,将权利要求作为包含属于本发明的有专利性的新颖性的特征,包括所有的那些与本领域有关的技术人员作为等同物来处理的那些特征。

说明书附图

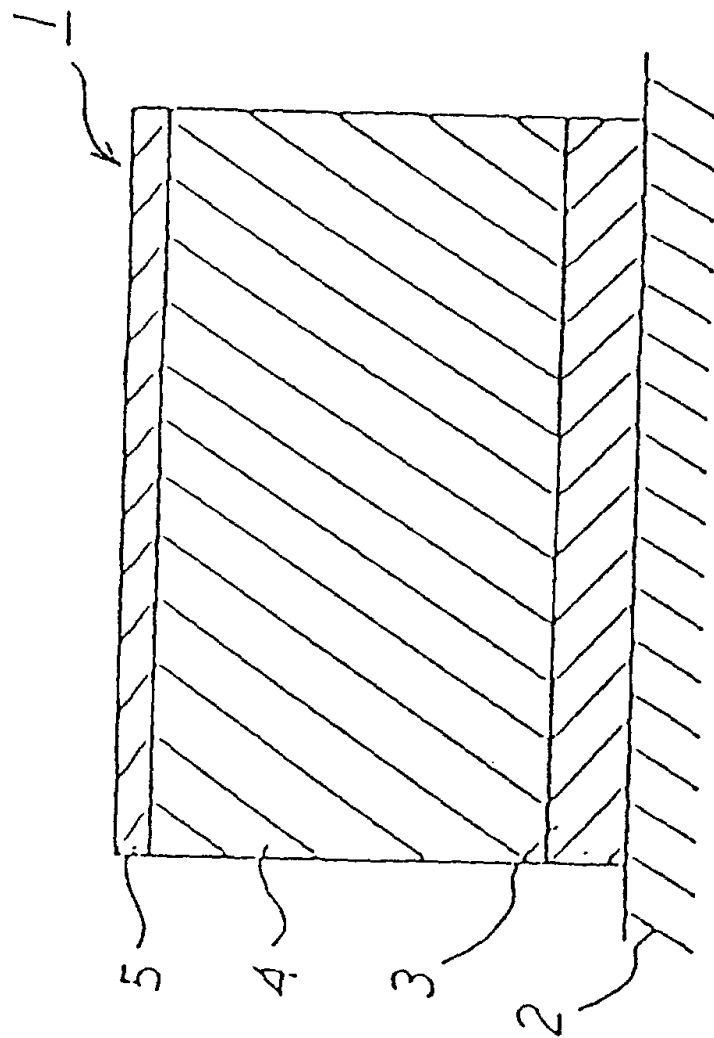
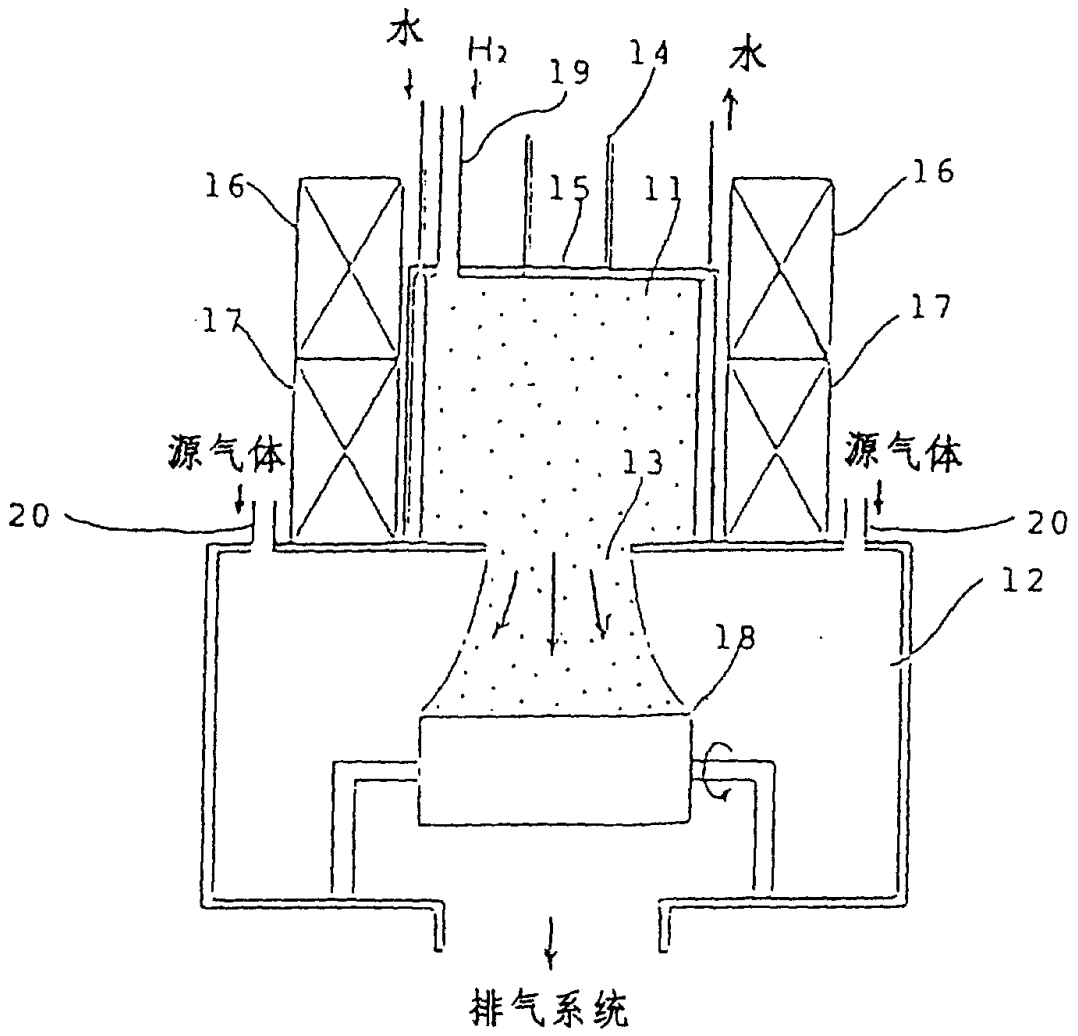
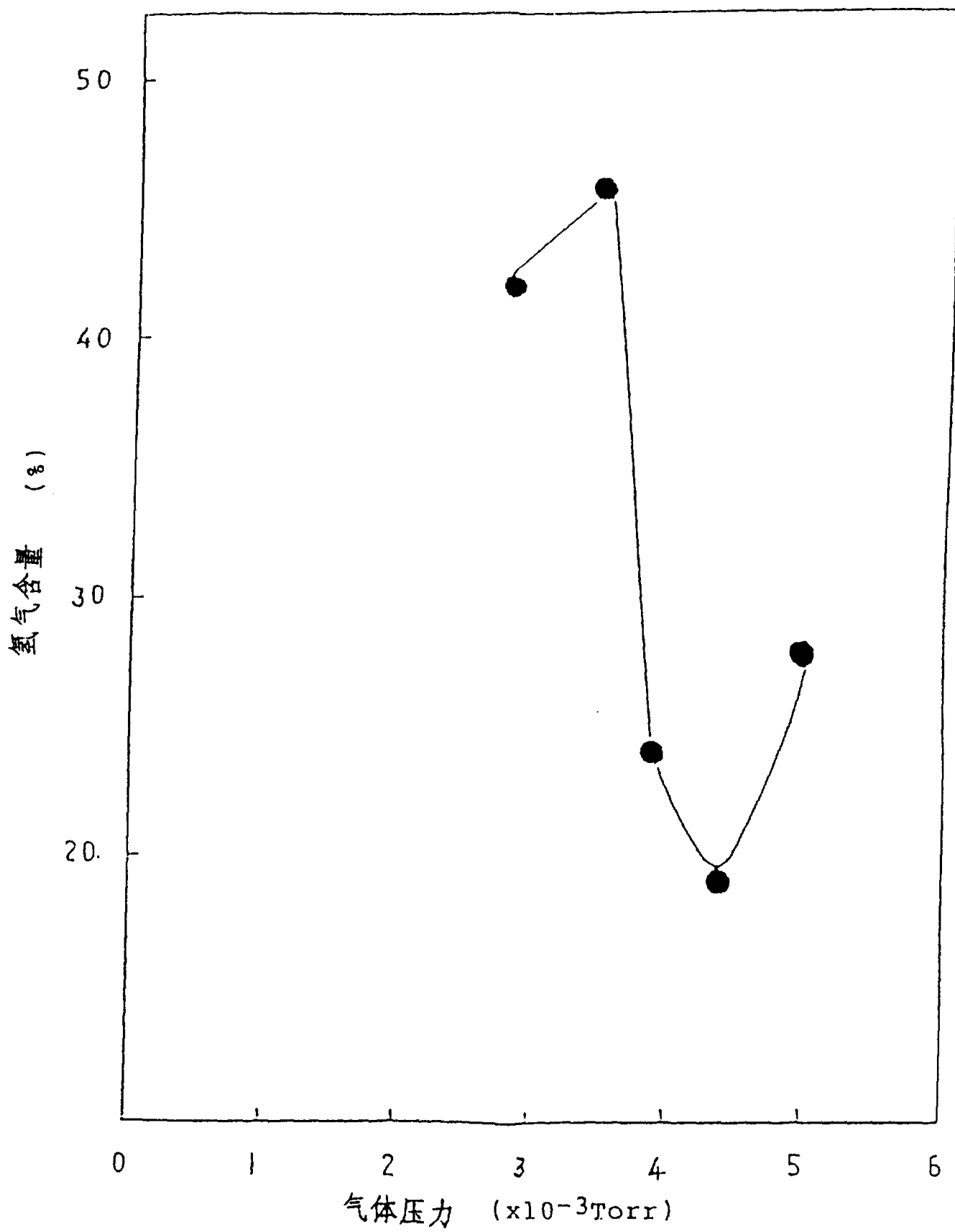


图 1

图 2





3 图 3

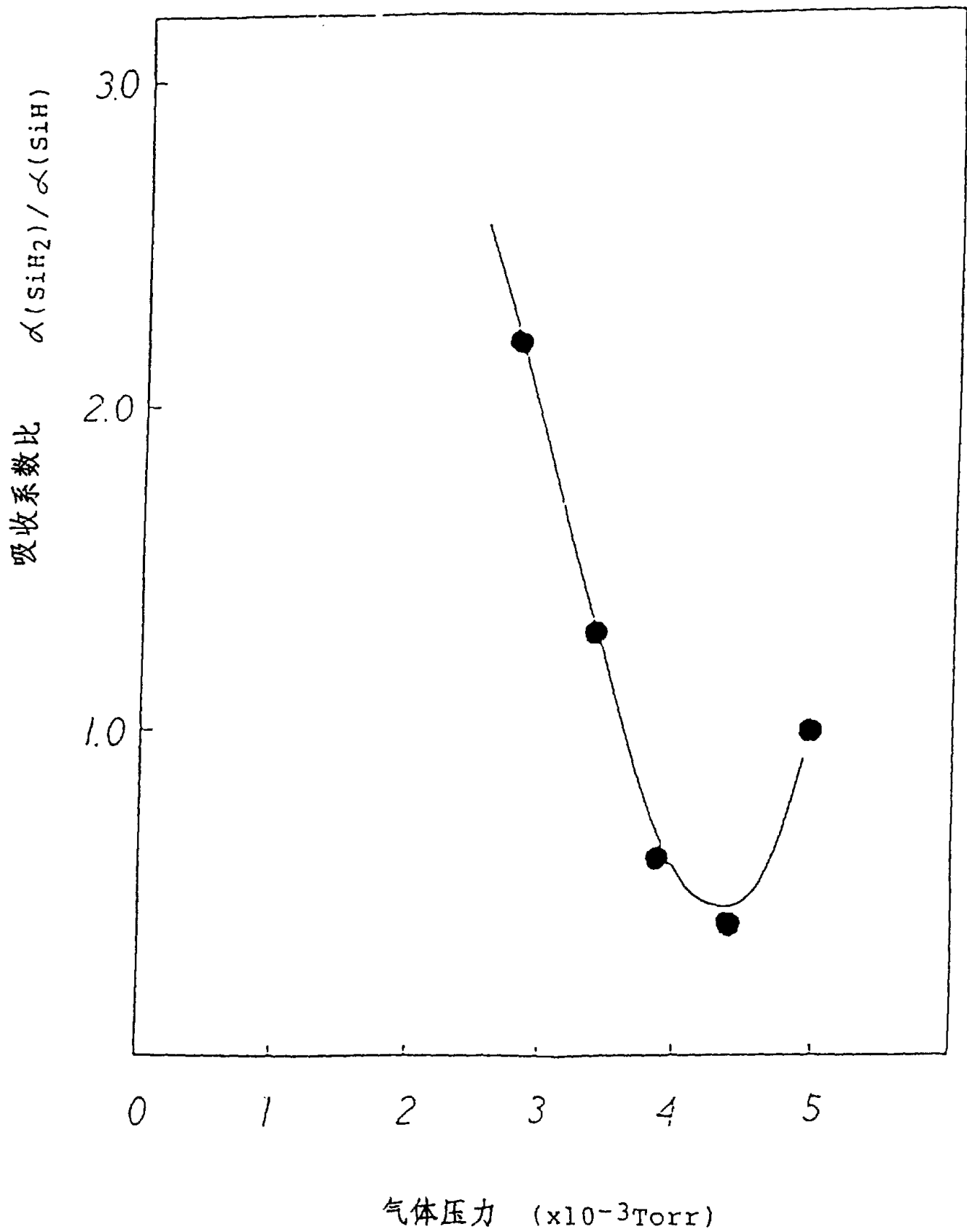


图 4

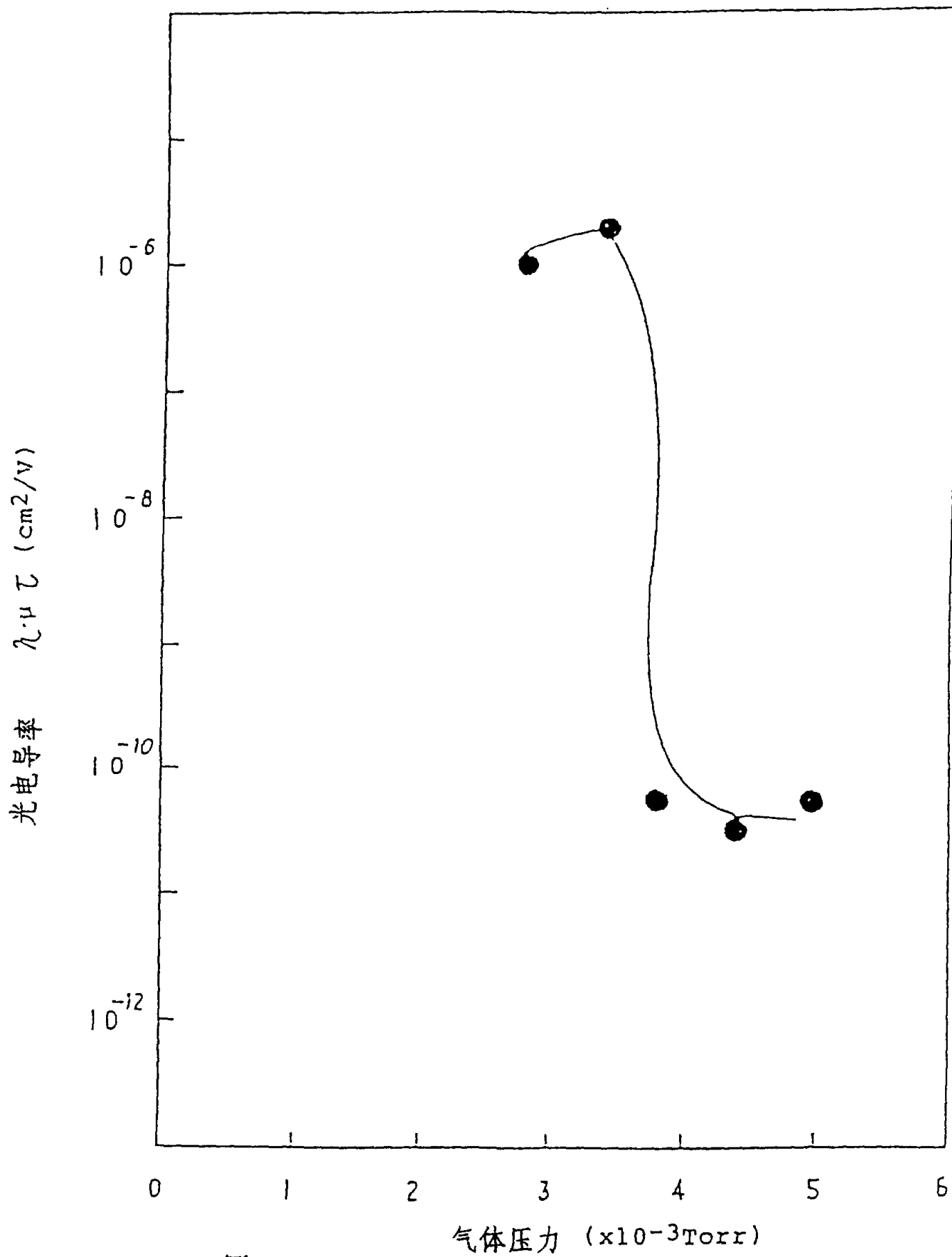


图 5

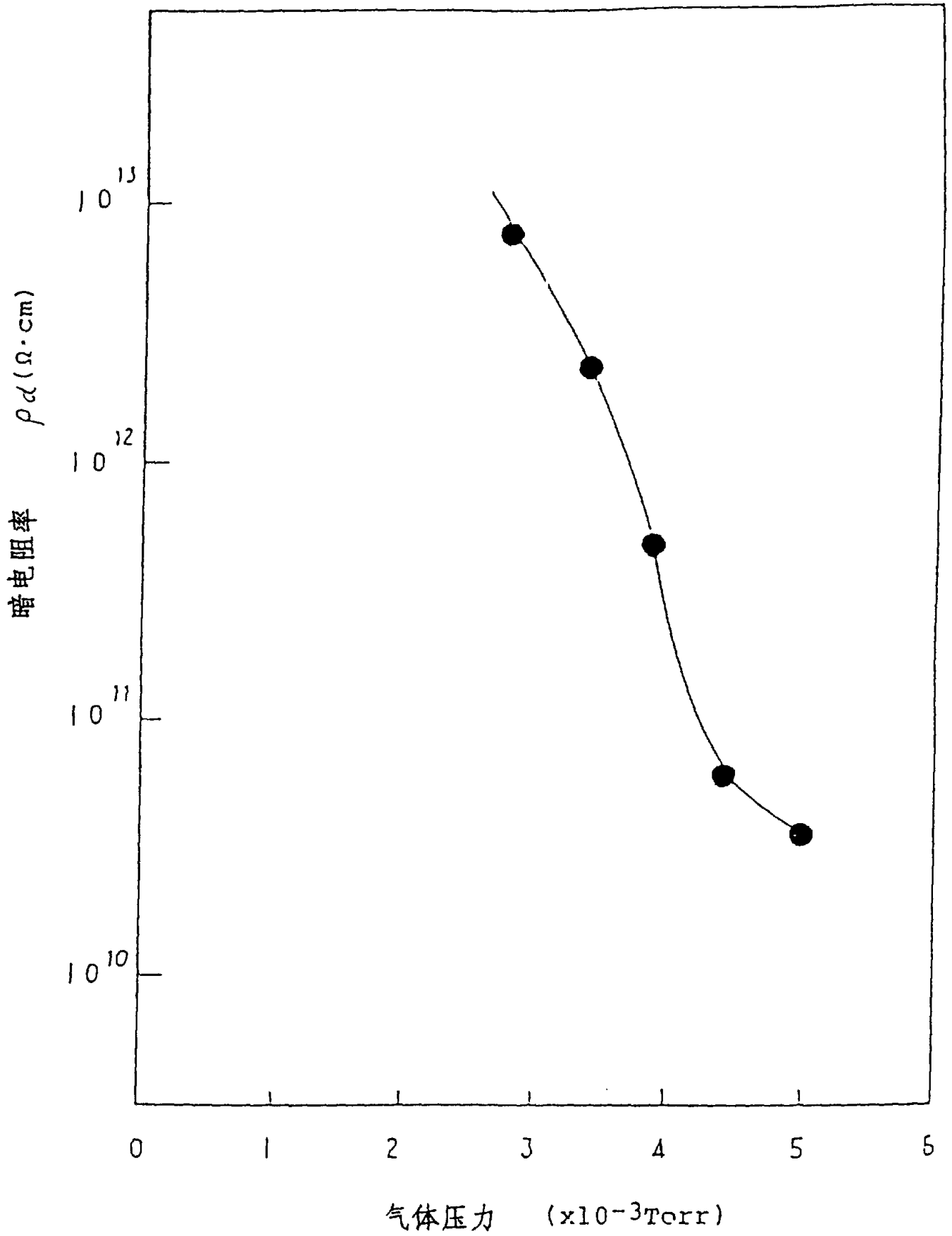


图 6

图 7

