

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410061547.9

[51] Int. Cl.

G03B 13/34 (2006.01)

G03B 13/32 (2006.01)

G02B 9/12 (2006.01)

G02B 13/18 (2006.01)

[45] 授权公告日 2008 年 11 月 26 日

[11] 授权公告号 CN 100437330C

[22] 申请日 2004.12.24

审查员 魏会敏

[21] 申请号 200410061547.9

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限公司

[30] 优先权

代理人 林宇清 谢丽娜

[32] 2004.9.1 [33] KR [31] 10 - 2004 - 0069726

[73] 专利权人 三星电机株式会社

地址 韩国京畿道

[72] 发明人 金兑映 金永俊 赵镛主

[56] 参考文献

WO2004/038480A1 2004.5.6

US5790318A 1998.8.4

WO03/069380A1 2003.8.21

CN1166606A 1997.12.3

US4932762 1990.6.12

US2001/0017985A1 2001.8.30

US5463499A 1995.10.31

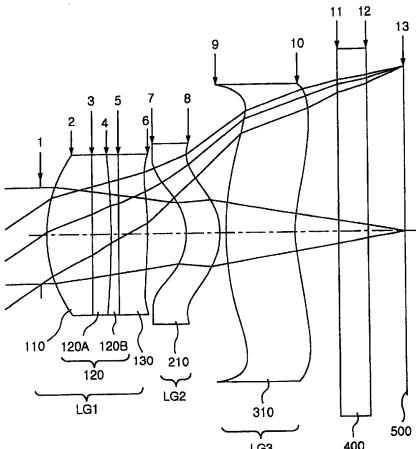
权利要求书 2 页 说明书 16 页 附图 8 页

[54] 发明名称

用于照相机组件的自动聚焦光学系统

[57] 摘要

本发明涉及自动聚焦光学系统，以及更具体地说，涉及用于照相机组件的自动聚焦光学系统，能使用其曲率随所施加的电压而改变的液体镜头，获得小型高分辨率。在自动聚焦光学系统中，第一镜头组具有改变其曲率并具有正光学功率的液体镜头，第二镜头组具有正光学功率以及第三镜头组具有负光学功率。由于包括根据本发明的液体镜头的自动聚焦光学系统，不仅可以实现小型制造，而且还能获得高分辨率，以及功耗很小。



1. 一种自动聚焦光学系统，从物体侧起顺序包括：

第一镜头组，具有正光学功率，所述第一镜头组包括液体镜头以及非球面镜头，其中，在液体镜头内部包括的不同液体间形成边界面，边界的曲率随所施加的电压而改变，以便所述边界面执行镜头表面的功能，并且所述非球面镜头具有在至少一个折射表面上形成的非球面表面；

第二镜头组，具有正光学功率，以及包括具有在其至少一个折射表面上形成的非球面表面的非球面镜头；

第三镜头组，具有负光学功率，以及包括具有在其至少一个折射表面上形成的非球面表面的非球面镜头；以及

光圈档，安置成离所述物体侧最近，

其中，改变所述液体镜头的边界的曲率以便执行自动聚焦，

其中，所述液体镜头的折射功率满足下述方程式 1：

$$-7 < D < 35 \quad \dots \text{方程式 1},$$

其中，D 是改变其曲率的所述液体镜头的边界的折射功率，D 的单位是屈光度。

2. 如权利要求 1 所述的系统，其中，整个镜头组的光学轴向度量满足下述方程式 2：

$$oa1/f < 2.0 \quad \dots \text{方程式 2}$$

其中，oa1 表示光圈档直到成像面间的距离，以及

f 表示整个镜头组的组合焦距。

3. 如权利要求 1 或权利要求 2 所述的系统，其中，所述第一镜头组的功率满足下述方程式 3：

$$0.85 < f1/f < 1.5 \quad \dots \text{方程式 3}$$

其中，f1 是所述第一镜头组的组合焦距，f 表示整个镜头组的组合焦距。

4. 如权利要求 3 所述的系统，其中，所述第三镜头组的功率满足下述方程式 4：

$$2.0 < |f_3/f| < 5.5 \dots\dots \text{方程式 4}$$

其中， $f_3$  是所述第三镜头组的组合焦距。

5. 如权利要求 1 所述的系统，其中，所述第一镜头组从物体侧起顺序包括：

对应于所述液体镜头的覆盖表面的第一镜头；

包括所述液体镜头的第二镜头；以及

对应于所述液体镜头的另一覆盖表面的第三镜头。

## 用于照相机组件的自动聚焦光学系统

### 相关申请

本申请基于并要求 2004 年 9 月 1 日提交的韩国申请号 2004-0069726 的优先权，其内容在此引用以供参考。

### 技术领域

本发明涉及自动聚焦光学系统，以及更具体地说，涉及用于照相机组件的自动聚焦光学系统，能使用其曲率所施加的电压而改变的液体镜头（liquid lens），在小尺寸中获得高分辨率。

### 背景技术

通常，照相机具有多个镜头以及配置成通过移动每个镜头以便改变镜头间的相对距离来调整光学焦距。近年来，具有内置照相机的便携式电话已经出现，因此，使得使用便携式电话拍摄静止图像或运动图像成为可能。另外，目前趋势是正逐渐在拍摄高分辨率和质量方面改进照相机的性能。

图 1 是不具有聚焦功能的传统照相机组件的透视图。

参考图 1，传统的照相机组件配置成包括图像传感器 54、装配到外壳 51 的下方的滤光器，以及安装在镜头筒 52 中的多个镜头。

在使用在外壳 51 的内周和镜头筒 52 的外周上形成的螺纹，将镜头阵列 53 的焦距调整到图像传感器 54 后，使用环氧树脂将镜头筒 52 固定在外壳 51 中。

然而，由于在这种固定聚焦类型中，不可能聚焦在特定的距离，

在图像质量的清晰度方面有限制。

因此，对大于百万像素的照相机组件，不可缺少地需要聚焦功能。

为此目的，在便携式电话上应用具有自动聚焦单元的照相机组件、特写单元和光学变焦单元的必要性已经出现，但在将根据相关技术制造的照相机组件安装在小型便携式电话方面有困难。

即，相关技术的照相机组件已经将 DC（直流）马达用作操作源，用于通过改变图像传感器和镜头间的相对距离来执行聚焦和/或变焦。然而，根据相关技术的照相机组件，由于同时连接多个减速齿轮，以致会降低镜头间的相对距离，难以精确地控制镜头的位置以便由于降低响应时间和旋转速度偏差来精确地执行聚焦。另外，由于照相机组件在其尺寸方面很大以及其结构很复杂，难以在小型光学装置，诸如便携式电话内的极其有限的空间中实现自动聚焦功能。

另外，由于多个镜头用来获得高分辨率，增加制造成本以及要求机械操作，增加了功耗。

同时，PCT 国际公开号 No.WO03/069380 公开了可变聚焦镜头。

图 2 是如由 WO03/069380 的实施例建议的可变聚焦镜头的示意横截面视图。

参考图 2，可变聚焦镜头包括：具有圆柱壁的圆柱状，以及包含分别具有不同折射率的第一和第二液体 A 和 B 的流体室（fluid chamber）65，其中第一和第二液体 A 和 B 彼此不混合，以及通过凸透镜 74 彼此接触、安置在圆柱壁的内部的液体接触层 70、通过液体接触层 70，与第一和第二液体 A 和 B 分开的第一电极 62，以及用于激活第二液体 B 的第二电极 72。

其中，第一电极 62 是圆柱状以及通过绝缘层 68 涂层，以及由金属材料制成，以及第二电极 72 安置在流体室 65 的一个侧面上。

另外，透明前元件 64 和透明后元件 66 构成流体室 65 的盖部件，用于容纳两种液体。

在下文中，现在描述具有上述结构的可变聚焦镜头的操作。

如果在第一和第二电极 62 和 72 间未施加电压，液体接触层 70 具有比用于第二液体 B 高的用于第一液体 A 的可湿性。

如果在第一和第二电极 62 和 72 间施加电压，由于电子润湿改变用于第二液体 B 的可湿性，以及改变凸凹镜头 71 的接触角 Q1、Q2 和 Q3，如图 2 所示。

因此，根据所施加的电压，改变凸凹镜头的形状以及使用凸凹镜头的形状产生的变化，执行聚焦。

即，如图 2A、2B 和 2C 所示，根据所施加的电压的强度，将由第一液体 A 测量的凸凹镜头 74 和液体接触层 70 间的角度改变成约 140°、100°和 60°。

其中，图 2A、2B 和 2C 分别表示在高负功率(high negative power)、低负功率和正功率的情况下配置。

如上所述，使用液体的可变聚焦镜头（称为“液体镜头”）与使用镜头的机械操作，执行聚焦的现有技术相比，在制造小型产品方面有优点。

---

然而，由于分辨率限定到约 30 万像素以及在使用仅液体镜头的情况下，不能高分辨率，在将液体镜头应用于百万像素类的当前照相机组件方面有限制。

为解决这一问题，非常需要能小型制造的自动聚焦光学系统。

## 发明内容

因此，本发明针对用于照相机组件的自动聚焦光学系统，由于相关技术的限制和缺点，基本上避免一个或多个问题。

本发明的目的是提供用于照相机组件的自动聚焦光学系统，能小型制造以及获得高分辨率。

本发明的另一目的是提供用于照相机组件的自动聚焦光学系统，能最大化光学系统的效率和在要求非常小型的照相机组件，诸如照相机电话的情况下，通过焦距功率，能缩短整个光学系统的长度。

本发明的另一目的是提供用于实现低功耗的自动聚焦光学系统。

在下面的描述中，将部分阐述本发明的另外的优点、目的和特征以及部分对本领域的技术人员来说，在分析下文后，将变得显而易见，或可以从本发明的实践了解到。本发明的目的和其他优点可以通过在所写的说明书和权利要求书及附图中具体阐述指出的结构来实现和获得。

为实现这些目的和其他优点以及根据本发明的目的，如其中具体和粗略，自动聚焦光学系统从物体侧的顺序包括：第一镜头组，具有正光学功率，第一镜头组包括液体镜头，其中，在包括在内部的不同液体间形成的边界面的曲率随所施加的电压而改变以便边界面执行镜头表面的功能，以及非球面镜头，具有至少一个非球面表面；第二镜

头组，具有正光学功率，以及包括具有至少一个非球面折射表面的非球面镜头；第三镜头组，具有负光学功率，以及包括具有至少一个非球面折射表面的非球面镜头；以及其中，改变液体镜头的边界面的曲率以便执行自动聚焦。

在自动聚焦光学系统中，液体镜头的折射功率满足下述方程式 1：

$$-7 < D < 35 \quad \dots \text{方程式 1},$$

其中，D 是改变其曲率的液体镜头的表面的折射功率（单位：屈光度）。

另外，在自动聚焦光学系统中，整个镜头组的光学轴向度量满足下述方程式 2：

$$oal/f < 2.0 \quad \dots \text{方程式 2}$$

其中，oal 表示光圈档直到成像面间的距离，以及 f 表示整个镜头的组合焦距。

在自动聚焦光学系统中，第一镜头组的功率满足下述方程式 3：

$$0.85 < f1/f < 1.5 \quad \dots \text{方程式 3}$$

其中，f1 是第一镜头组的组合焦距。

另外，在自动聚焦光学系统中，第三镜头组的功率满足下述方程式 4：

$$2.0 < |f3/f| < 5.5 \quad \dots \text{方程式 4}$$

其中，f3 是第三镜头组的组合焦距。

另外，第一镜头组从物体侧的顺序包括：对于液体镜头的盖表面的第一镜头；包括液体镜头的第二镜头；以及对于液体镜头的上盖表面的第三镜头。同时，光圈档可以安置成离自动聚焦光学系统中的物体侧最近。

应理解到本发明的上述概述和下述详细描述是示例性和说明性的，以及打算提供如权利要求的本发明的另外的说明。

### 附图说明

所包括的以提供本发明的进一步理解和包含在并构成本申请的一部分的附图示例说明本发明的实施例，以及结合说明书用来解释本发明的原理。在图中：

图 1 是不具有聚焦调整功能的传统照相机组件的透视图；

图 2A、2B 和 2C 是现有技术的可变聚焦镜头的示意、横截面图；

图 3A 和 3B 是示例说明用于现有技术的光学系统中的长距离和短距离的 MTF 特性的图；

图 4 是示例说明根据本发明的实施例的光学系统的镜头的组合的视图；

图 5 是示例说明根据本发明的实施例，光学系统的球面像差、象散性 (astigmatism) 和失真特性的图；以及

图 6A 和 6B 是示例说明在根据本发明的实施例的光学系统中，用于长距离和短距离的 MTF 特性的图。

### 具体实施方式

现在，将详细地参考本发明的优选实施例，在附图中示例说明其例子。

图 4 是根据本发明的实施例的光学系统中的镜头的组合的视图。在图 4 中，为方便描述，或多或少放大镜头的厚度、大小和形状，以及特别地，仅为实施例目的，给出了图 4 中所示的球面和非球面形状，以及不限于那个特定的形状。

参考图 4，根据本发明的实施例的自动聚焦光学系统从物体侧 (object side) 顺序包括安置成最接近物体侧的光圈档 1，用于消除不必要的光；正光功率和包括液体镜头和具有至少一个非球面折射面的

非球面镜头的第一镜头组 (LG1)、具有正光功率和包括具有至少一个非球面折射面的非球面镜头的第二镜头组 (LG2) 和第三镜头组 (LG3)，具有负光功率和包括具有至少一个非球面折射的非球面镜头。

其中，可以最小化散焦量 (defocus amount) 以便用于根据物体的位置改变，通过在第一镜头组 LG1 的前方安置光学系统的孔径 1，执行自动聚焦的第一镜头组 1 的内部的曲率变化影响整个场，其中曲率变化发生。

同时，第一镜头组 LG1 从物体侧的顺序，具有第一镜头 110，具有正折射功率，以及包括面向物体侧的凸面 2 和平的成像面 3、第二镜头 120，包括面向物体侧的平面 3、平的成像面 5 和位于表面 3 间并具有可变曲率的表面 4；以及第三镜头 130，具有负折射功率，以及包括面向物体侧的平面 5 和凹成像面 6。

第二镜头 120 是液体镜头，其中，在包括在内部的不同液体间形成的边界面 4 的曲率随所施加的电压而改变以便边界面 4 执行镜头平面的功能。

即，包括液体镜头的第二镜头 120 被分成在其间插入边界面 4 的两个镜头 120A 和 120B，以及如图 2 所示，边界面 4 的曲率随所施加的电压而改变，因此执行自动聚焦。

在这一点上，第一镜头 110 和第三镜头 130 可以形成第二镜头 120 的盖部件。

可以通过引入为液体镜头的第二镜头 120，根据所施加的电压，执行自动聚焦。

同时，可以最大化光学系统的功率以及通过将液体镜头增加到第一镜头组 LG1 上和增强第一镜头组的功率，，缩短整个光学系统的长度，如下所述。因此，在小型照相机组件中，可以实现自动聚焦。

此外，第二镜头组 LG2 包括第五镜头 210，具有正折射功率和其成像面是凸面，以及第三镜头组 LG3 包括第六镜头 310，具有负折射功率以及其成像面 10 为凹面。

同时，将具有设计观点看所安装的玻璃块的固体照相元件（光电变换元件），其对应于光学低通滤波器、滤色器、面板和包括 CCD 传感器（电荷耦合器件）或 CMOS（互补金属氧化物半导体）传感器的光敏面 500，用于接收由镜头形成的图像提供到镜头的后面。

根据本发明的实施例、具有上述特性的光学系统满足下述方程式 1：

$$-7 < D < 35 \quad \dots\text{方程式 1}$$

其中，D 表示自动改变其曲率的表面 4 的折射功率。单位是屈光度。

上述方程式 1 是用于光学系统的功率的公式。

如果光学系统不满足方程式 1 以及超出上限，改变第二镜头组 LG2 和第三镜头组 LG3 的功率配置以及恶化用于特写的象差特性。

$$oal/f < 2.0 \quad \dots\text{方程式 2}$$

其中，oal 表示从光圈档面 1 至成像面 13 的整个长度，以及 f 表示整个光学系统的焦距。

方程式 2 规定整个镜头的长度（光学系统的长度）以及是用于小型制造的方程式。

即，如果光学系统超出方程式 2 的上限，从像差校正的观点看是不利的，但光学系统的长度变得太长以及光学系统不能安装在小型光学装置，诸如照相机电话或 PDA（个人数字助理）上。

$$0.85 < f_1/f < 1.5 \dots\dots \text{方程式 3}$$

其中， $f_1$  表示第一镜头组 LG1 的焦距，以及  $f$  表示整个光学系统的焦距。

方程式 3 是用于第一镜头组 LG1 的功率的公式。根据方程式 3，第一镜头组 LG1 的功率，其是曲率变化部分，与整个功率类似，以便可以有效地校正非球面像差。

如果由于超出上限， $f_1$  变大，第二和第三镜头组 LG2 和 LG3 的功率不可避免地变大，以及色差也变大。相反，如果由于超出下限， $f_1$  变小，第一镜头组 LG1 的功率变得巨大，以及球面像差和彗形象差变大。另外，构成第一镜头组 LG1 的镜头面的曲率半径变小，使得处理困难。

$$2.0 < |f_3/f| < 5.5 \dots\dots \text{方程式 4}$$

其中， $f_3$  表示第三镜头组 LG3 的焦距，以及  $f$  表示整个光学系统的焦距。

方程式 4 是用于第三镜头组 LG3 的功率的公式。由于第一镜头组 LG1 和第二镜头组 LG2 具有正功率，第三镜头组指定负功率，以致提供到成像面的射线的角度变小。

如果该值超出上限以及功率变小，恶化整个镜头的远距照相比以及小型制造变得困难以及如果该值超出下限，在小型制造方面很有利，但从焦距远心方面看，在邻近和失真像差方面不利。

如上所述，可以最大化光学系统的效率和通过将液体镜头增加到第一镜头组 LG1 和增强第一镜头组的功率，缩短整个光学系统的长

度。因此，能容易将光学系统应用于非常小型的照相机组件，诸如照相机电话。

同时，用于每个镜头组的曲率半径的公式如下述方程式 5：

$$0.3 < r_2/f < 0.8 \dots\dots \text{方程式 5}$$

其中  $r_2$  表示第二面的曲率半径，以及  $f$  表示整个光学系统的焦距。

方程式 5 是用于确定第一镜头组 LG1 的形状的因子以及主要校正球面像差和彗形像差。如果该值超出上限或下限，使光学系统的球面像差和失真像差特性恶化，以致不能执行第二镜头组 LG2 和第三镜头组 LG3 中的校正。

$$1.0 < |r_6/f| < 0.8 \dots\dots \text{方程式 6}$$

其中， $r_6$  表示第六面的曲率半径，以及  $f$  表示整个光学系统的焦距。

方程式 6 也是用于确定镜头的形状的因子。如果该值超出上限或下限，使光学系统的球面像差和象散性特性恶化以致不能执行第二镜头组 LG2 和第三镜头组 LG3 中的校正。

$$0.15 < |r_7/f| < 1.0 \dots\dots \text{方程式 7}$$

其中， $r_7$  表示第七面的曲率半径，以及  $f$  表示整个光学系统的焦距。

方程式 7 是用于确定第二镜头组 LG2 的形状的因子。如果该值超出上限或下限，使光学系统的球面像差和失真像差特性恶化。

另外，如果该值超出上限，离轴原理射线的角度变得太小，以及在第三镜头组 LG3 中不能进行校正，以致恶化焦距远心 (telecentricity)。如果该值超出下限，在焦距远心方面是有利的，但大大地增加彗形像差光斑，以及恶化光学性能。

$$0.4 < |r_{10}/f| < 3.0 \dots\dots \text{方程式 8}$$

其中。 $r_{10}$  表示第十面的曲率半径，以及  $f$  表示整个光学系统的焦距。

方程式 8 是用于确定在第三镜头组 LG3 的轴向光束的附近中的区域的形状的公式以及表示向后面提供负功率。

如果在方程式 8 中，该值超出上限，后面的负功率变小以及小型制造变得困难。相反，如果该值超出下限，附近处的形状不同变大，以及中心和附近间的性能变化变大，以及到照相面的入射角变大，这是不可取的。

另外，如果该值超出上下限，使失真像差和象散性特性恶化，以致不能进行校正。

在下文中，现在描述实现本发明的实施例以便满足上述条件 1 至 8。

根据本发明的实施例的自动聚焦镜头的 F 数 (FNO) 为 2.6，焦距为 4.7mm 以及视场角 ( $2\omega$ ) 为  $64^\circ$ 。

根据本发明的实施例，构成镜头的每个镜头的实施例值如下表 1 所述。

其中， $f$  表示焦距， $r$  表示镜头表面的曲率半径， $d$  表示镜头面间的镜头的厚度或距离，以及  $n_d$  表示折射率。同时，用于长度的单位为 mm。

表 1

表面号	曲率半径(r)	厚度或距离(t)	折射率(nd)
1	$\infty$	0.100000	
* 2	2.73318	0.850000	1.530
3	$\infty$	0.357000	1.350
* 4	-14.10900	0.143000	1.450
5	$\infty$	0.550000	1.530
* 6	-21.51935	0.748070	
* 7	-0.96679	0.650000	1.608
* 8	-1.04457	0.100000	
* 9	4.05002	1.320015	1.530
* 10	2.24942	0.822980	
11	$\infty$	0.550000	1.517
12	$\infty$	0.677388	
成像面	$\infty$	0.000000	

在表 1 中，\*表示改变其曲率的表面，以及由表 2 给出根据到物体的距离，第四表面的曲率半径如下。

表 2

到物体的距离	第四表面的曲率半径
无穷( $\infty$ )	-14.109
50 cm	-27.959
10 cm	31.368

如表 2 所示，由于在使用液体镜头的情况下，通过液体镜头的曲率半径变化，执行自动聚焦，能摄取超特。因此，存在使用安装在便携式电话上的照相机组件，能识别指纹或字母的优点。

即，甚至能开发代码服务（通过便携式电话的照相机，能读取报纸和杂志上的类似条码的特殊字母的服务，能在便携式电话上显示相关信息），以及另外，能实现扫描仪功能。

同时，\*表示非球面表面，以及下述公式 1 给出用于非球面系数的公式。

$$Z = \frac{cY^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)c^2}Y^2} + AY^2 + BY^2 + DY^2 + DY^2 + EY^2 + FY^2 + \dots$$

公式 1

Z: 从透镜的顶点到光轴的距离

Y: 在垂直于的方向中的距离

c: 在镜头的顶点处的曲率半径的倒数 (1/R)

K: 二次曲线常数

A、B、C、D、E、F: 非球面系数

通过公式 1 计算的、根据本发明的实施例的每个非球面系数由下表 3 给出。在图 4 所示的本实施例中，面向第一镜头组 LG1 的第一镜头 110 的物体的表面 2、第一镜头组 LG1 的第三镜头 130 的成像面、面向物体的表面 7 和第二镜头组 LG2 的第四镜头 210 的成像面 8，以及面向物体的表面 9 和第三镜头组 LG3 的第五镜头 310 的成像面 10 均是非球面表面。

表 3A

	第 2 表面的非球面系数	第 6 表面的非球面系数	第 7 表面的非球面系数
K	0.36587438	-0.04646980	-1.03434747
A	-2.045245	0.000000	-0.848127
B	7.74796E-03	-1.82173E-02	3.06269E-02
C	8.44950E-03	1.19808E-02	8.01190E-03
D	-1.29965E-02	-2.67056E-02	6.48158E-02
E	8.14267E-03	2.54854E-02	-2.95118E-02
F	-1.42054E-03	-5.82323E-03	3.69651E-03

表 3B

	第 8 表面的非球面系数	第 9 表面的非球面系数	第 10 表面的非球面系数
K	-0.95733078	0.24691222	0.44455811
A	-2.483518	-4.816340	-11.908208
B	-1.09113E-01	-2.09989E-02	-3.38090E-02
C	5.38957E-02	1.36530E-02	1.33252E-02
D	1.30828E-02	-4.36719E-03	-2.78504E-03
E	-6.80272E-03	6.59467E-04	2.79674E-04
F	5.75392E-04	-3.97278E-05	-1.16410E-05

图 5 示例说明根据本发明的实施例，具有这些实施例值的球面像差、象散性和失真特性。

同时，图 6 示例说明根据本发明的实施例，具有这些实施例值的光学系统的 MTF（调制传递函数）特性。图 6A 和 6B 示例说明分别用于长距离和短距离的 MTF 特性。

参考图 6A 和 6B， $f_0$  表示在到镜头的中心的距离为零的情况下，每毫米的空间频率的 MTF 变化，以及  $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$  和  $f_4$  表示分别用于 0.6、0.8、1.0、1.0 场的情形，每毫米的空间频率的 MTF 变化， $T$  和  $R$  分别表示在正切圆和径向圆上的 MTFs。

其中，MTF 由每毫米的圆的空间频率而定以及通过公式 2，定义在射线强度的最大值和最小值间：

$$MTF = \frac{Max - Min}{Max + Min} \quad \text{公式 2}$$

即，如果 MTF 为 1，分辨率理想以及当 MTF 减小时，分辨率下降。

同时，图 3A 和 3B 分别是示例说明当液体镜头安装在第二或第三镜头组上时，用于长距离和短距离的 MTF 的图。

参考图 3A 和 3B， $h_0$  在离镜头的中心为零的情况下，每毫米的空间频率的 MTF 变化，以及  $h_1$ 、 $h_2$  和  $h_3$  分别表示对 0.6、0.8 和 1.0 场的情形，每毫米的空间频率的 MTF 变化。总的来说，在离镜头的中心的距离为零 ( $h_0$ ) 的情况下，MTF 最大，以及在 1.0 场 ( $h_3$ ) 的情况下，MTF 最小，与空间频率的变化无关。

图 3 中的 MTF 图的实验表示当空间频率值增加时，MTF 显著减

小，以及当 MTF 值减小时，由投影光学系统实现的图像的分辨率减小。

特别地，如图 3B 的用于短距离的 MTF 图所示，在 1.0 场的情况下，正切圆上的 MTF 值显著减小以及分辨率大大地降低。

为解决这些问题，将液体镜头引入第一镜头组能防止在正切圆处的 1.0 场上的 MTF 值显著减小，如图 6B 所示。

即，在将液体镜头安装在图 3 所示的第二或第三镜头组的情况下，在 1.0 场的附近，分辨率显著减小。为解决这些问题，可以将液体镜头安装在第一镜头组上。

因此，根据本发明的实施例的自动聚焦光学系统能实现高对比度和高分辨率。

如上所述，由于根据本发明，包括液体镜头的自动聚焦光学系统，不仅可以小型制造而且能获得高分辨率。

特别地，可以最大化光学系统的效率以及通过将液体镜头增加到第一镜头组 LG1 以及增加第一镜头组的功率，缩短整个光学系统的长度。因此，易于将光学系统应用于非常小型的照相机组，诸如照相机电话。

另外，由于本发明使用液体镜头，与相关技术的机械操作类型相比，功耗很小。此外，由于特写是可能的，本发明显示出用于代码服务的，以及另外，能应用于扫描功能。

对本领域的普通技术人员来说，在本发明中做出各种改进和修改是显而易见的。因此，意图本发明覆盖本发明的改进和修改，假定它

---

们落在附加权利要求及它们的等效的范围内。

特别地，尽管主要描述了本发明用于自动聚焦光学系统，很容易将本发明应用于包括具有光学变焦功能的照相机组件的光学系统。

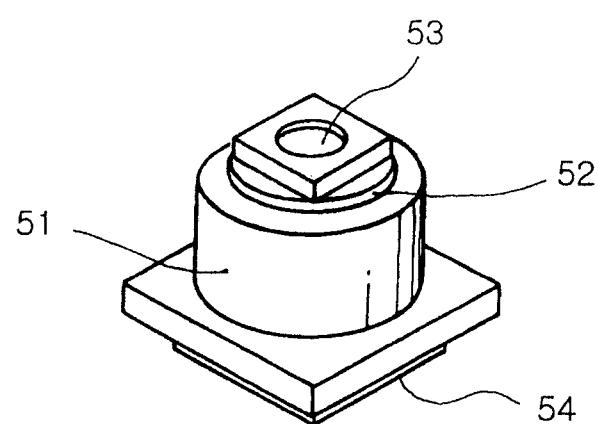
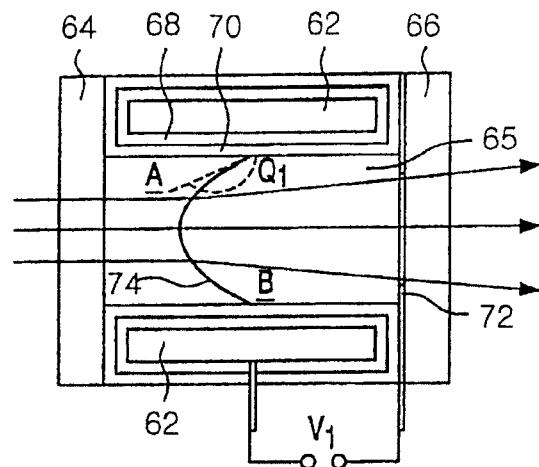
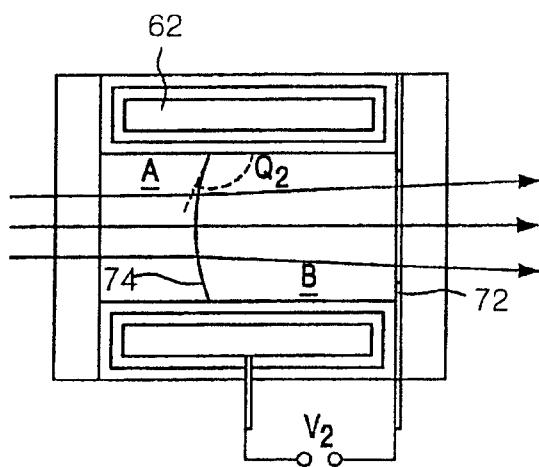


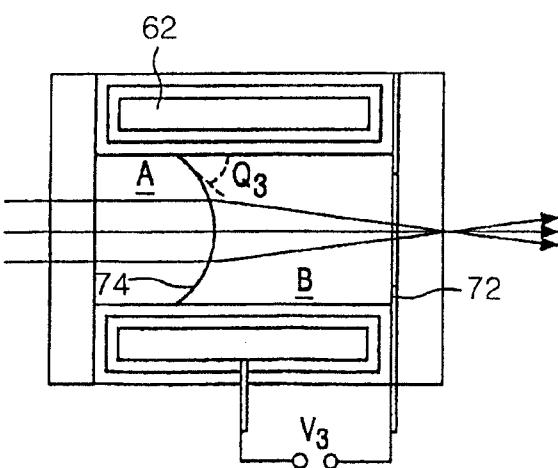
图1  
现有技术



(a)



(b)



(c)

**图2**  
现有技术

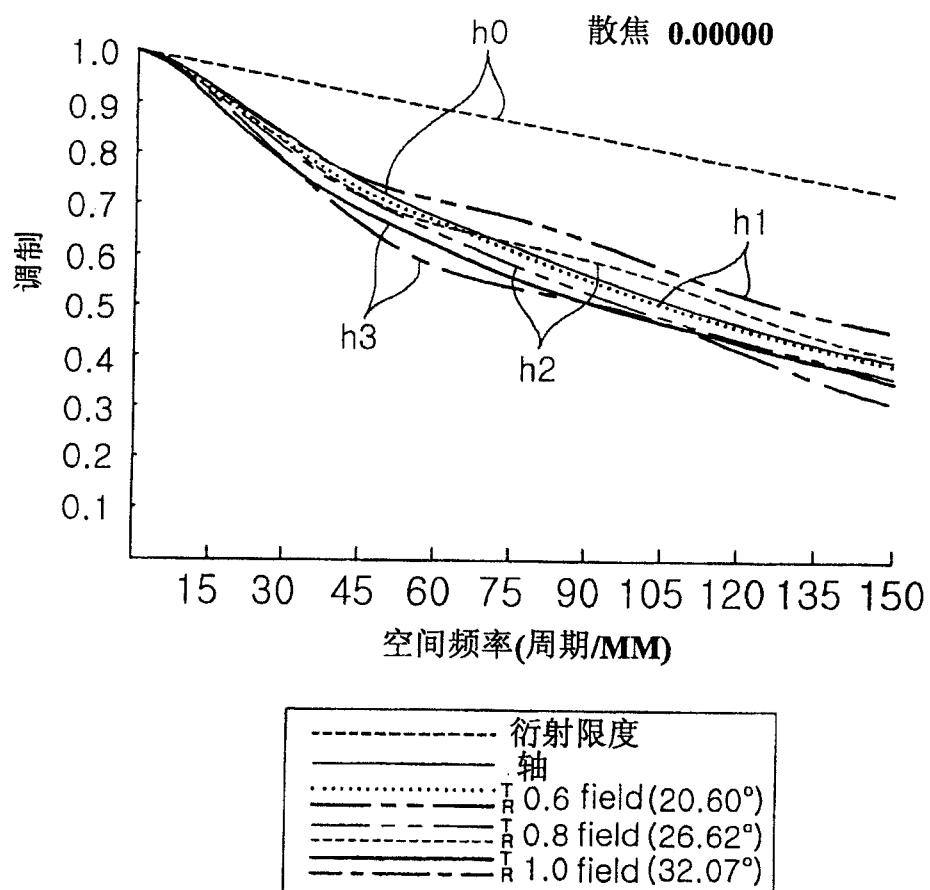


图3a  
现有技术

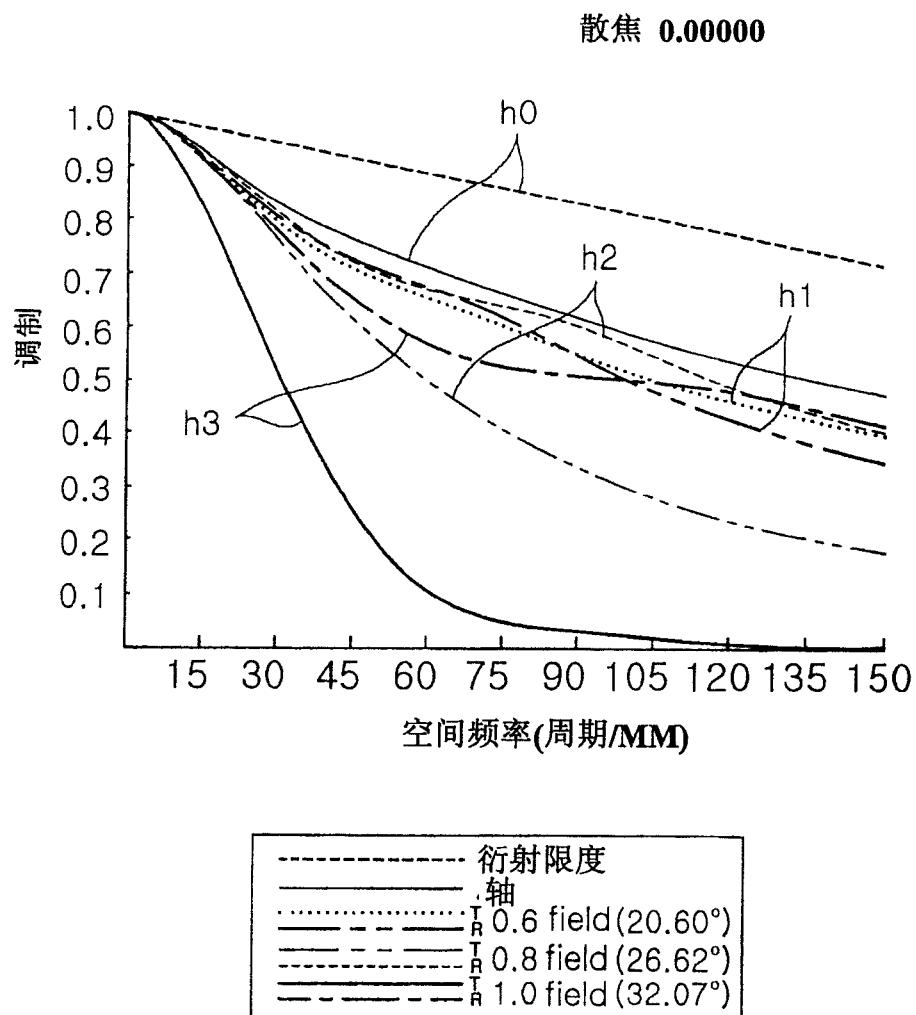


图3b  
现有技术

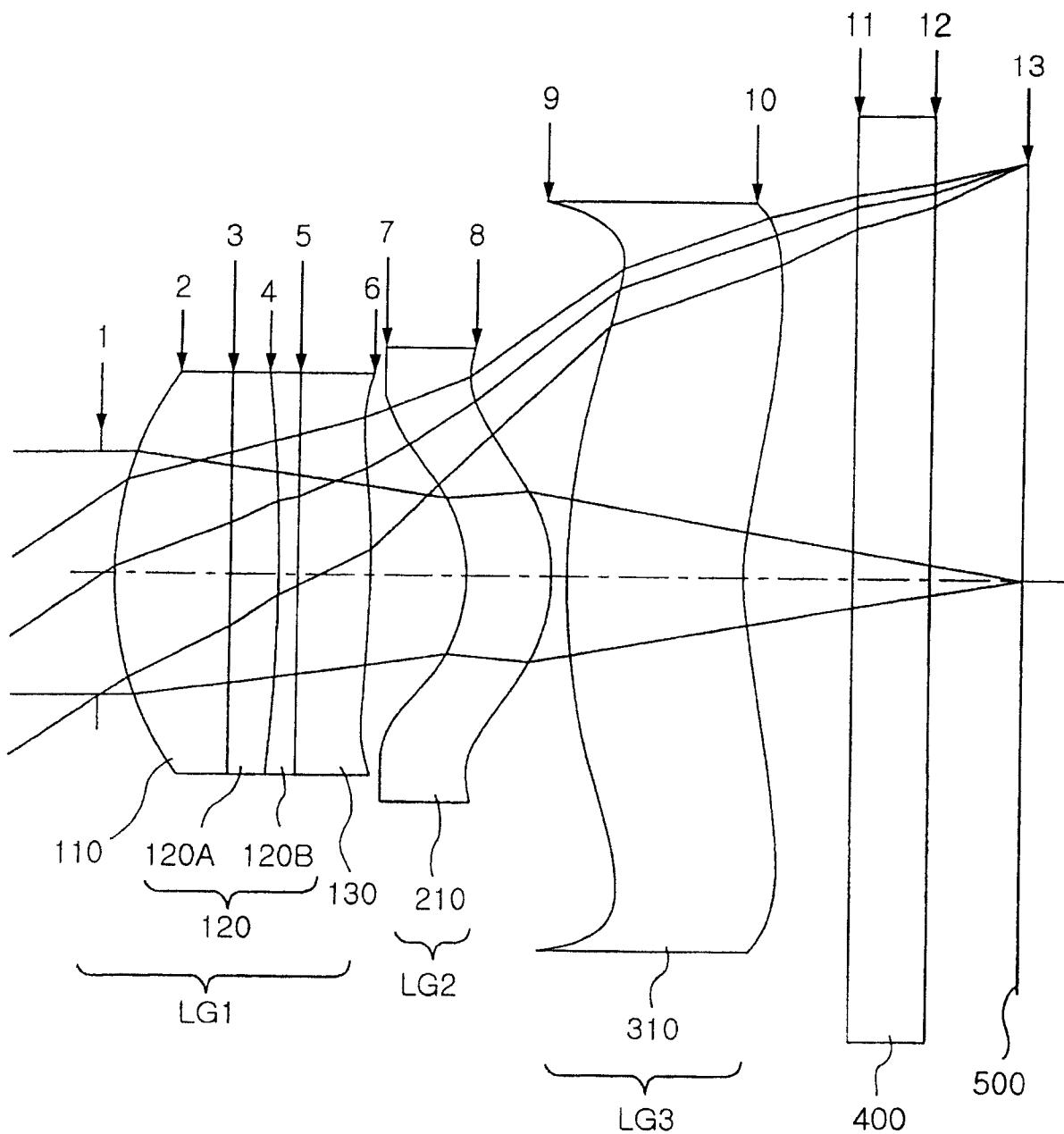


图4

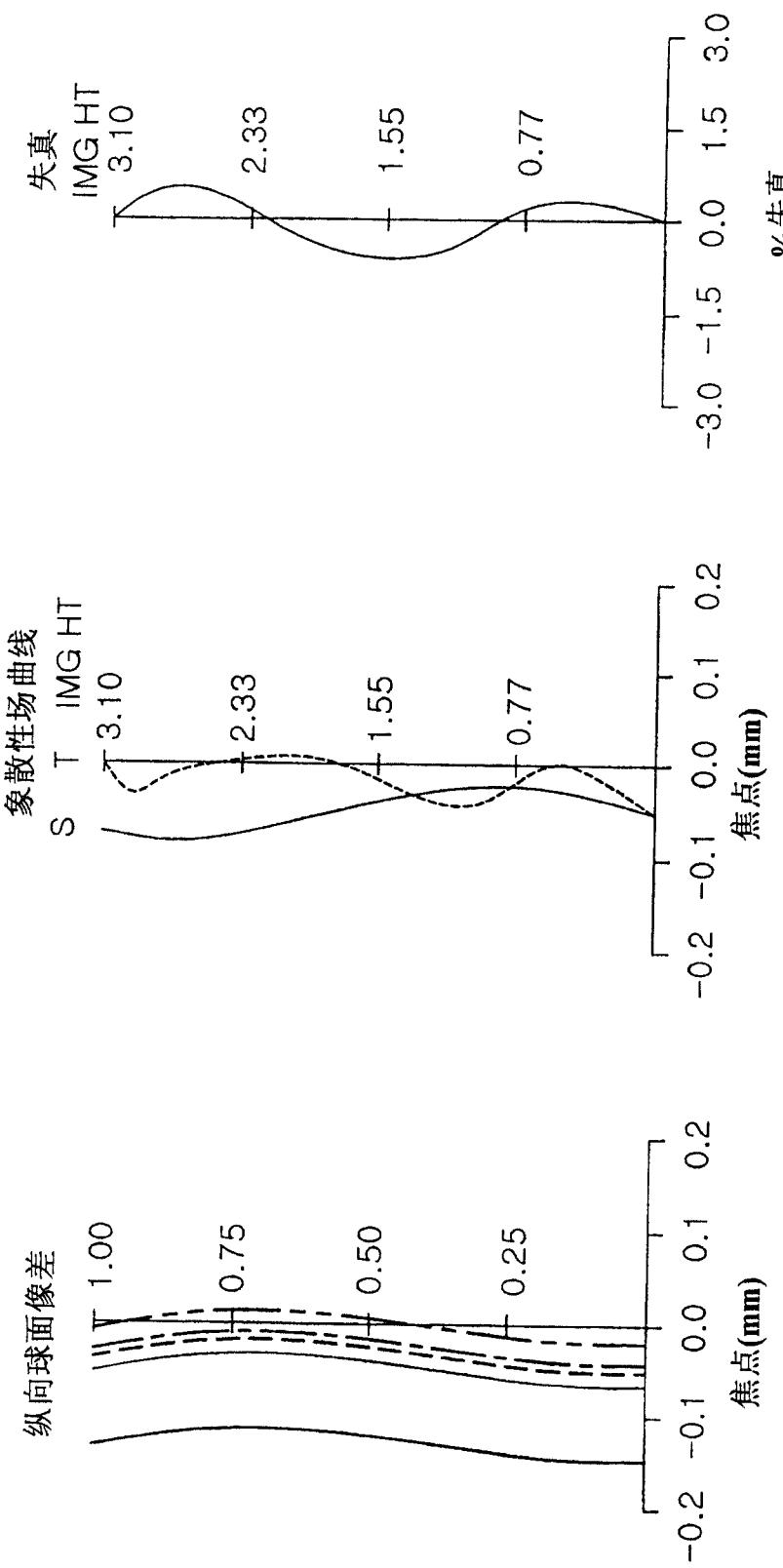


图5

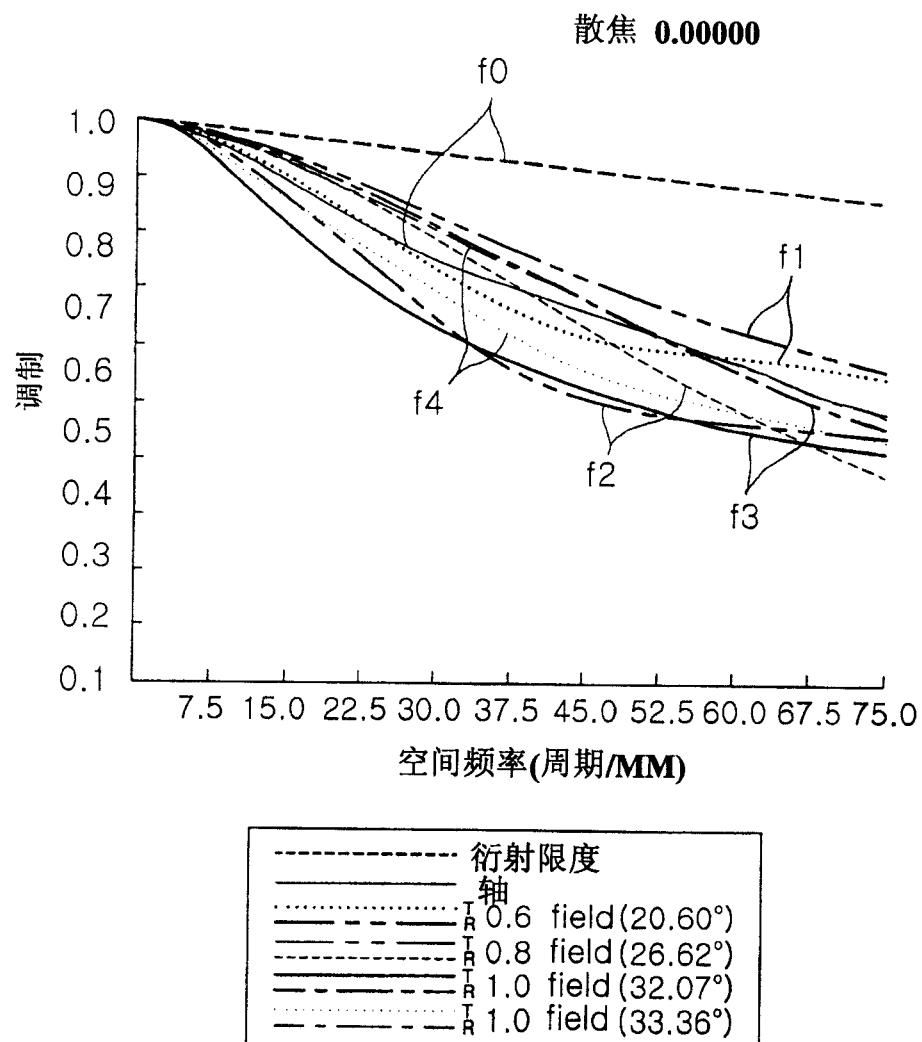


图6a

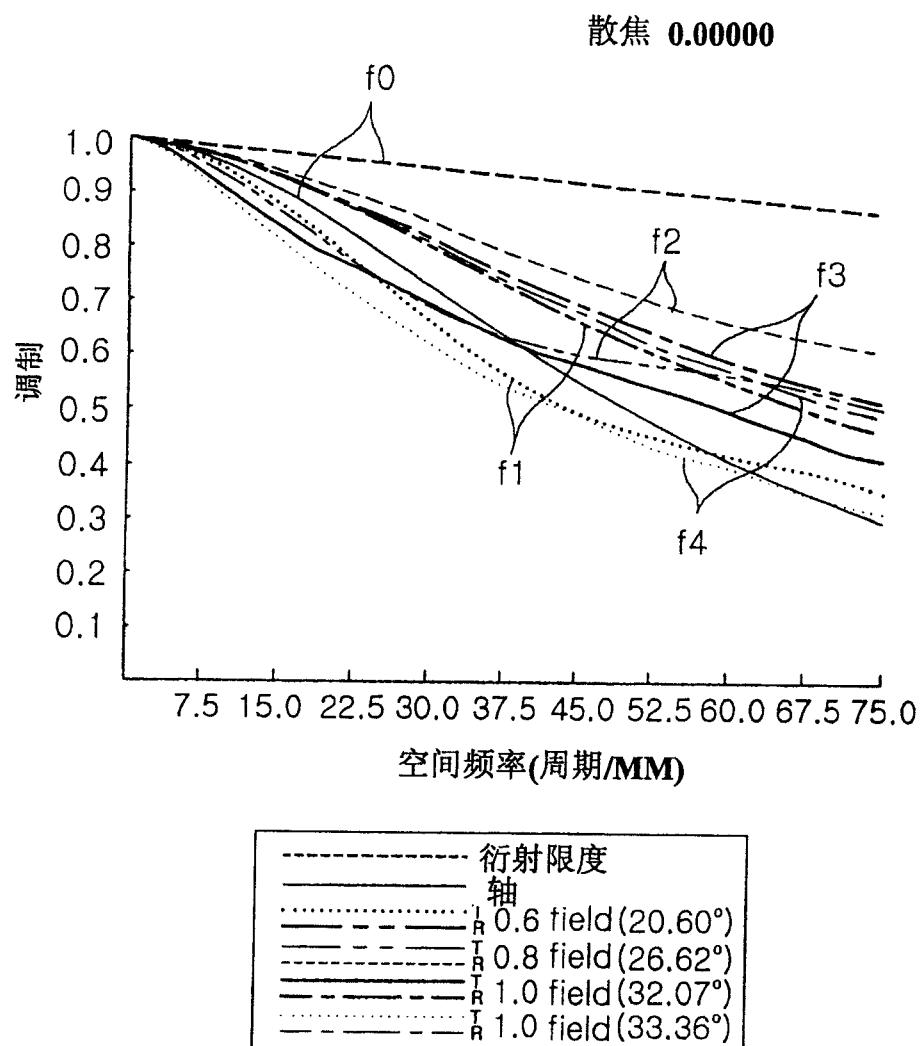


图6b