

หน้า 1 ของจำนวน 36 หน้า

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

เลนส์ซูมและเครื่องรับภาพ

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

5 วิศวกรรมเครื่องกลและทัศนศาสตร์

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

เลนส์ซูม (zoom lens) บางชนิดรวมถึง หน่วยการเลื่อนซึ่งจะเคลื่อนที่ (เลื่อน) ในทิศทางตั้งฉากกับแกนเชิงแสง เพื่อการทำให้ภาพเสถียร และสิ่งที่คล้ายคลึงกัน หน่วยการเลื่อนได้รับการพิจารณาให้มีขนาด, น้ำหนัก, ปริมาณการเคลื่อนที่ที่ลดลง เพื่อลดโหลดบนตัวกระตุ้นซึ่งจับตัวกระตุ้น คำขอสิทธิบัตรแห่งประเทศไทยญี่ปุ่นแบบเลข-โอเพน หมายเลข 2021-196449 เปิดเผยเลนส์ซูม ซึ่งรวมถึง หน่วยการเลื่อน และดำเนินการซูมโดยการเคลื่อนที่หน่วยเลนส์จำนวนหนึ่ง

10

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

ลักษณะของการเปิดเผย จะเกี่ยวข้องกับรูปลักษณะหนึ่ง หรือมากกว่านั้น ของเลนส์ซูมสำหรับการถ่ายภาพ และเครื่องรับภาพที่มีสิ่งที่คล้ายคลึงกัน

15

เลนส์ซูม รวมถึงตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ หน่วยเลนส์ที่หนึ่งที่มีกำลังหักเหแสงเชิงลบ หน่วยเลนส์ที่สอง หน่วยเลนส์ระดับกลางหนึ่งหน่วย หรือมากกว่านั้น และหน่วยเลนส์ด้านหลัง อย่างน้อยที่สุดหน่วยเลนส์ที่สอง และหน่วยเลนส์ระดับกลางหนึ่งหน่วย หรือมากกว่านั้น จะเคลื่อนที่ในระหว่างการซูม ระยะทางแต่ละค่าระหว่างหน่วยเลนส์ที่อยู่ใกล้เคียงกันจะเปลี่ยนแปลง หน่วยเลนส์ระดับกลางหนึ่งหน่วย หรือมากกว่านั้น รวมถึง หน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N ซึ่งจัดวางอยู่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพ และหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N รวมถึง หน่วยการเลื่อนที่มีกำลังหักเหแสงเชิงบวก ซึ่งจัดวางอยู่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพ และเคลื่อนที่ได้ในทิศทางตั้งฉากกับแกนเชิงแสงของเลนส์ซูม

20

คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

รูปที่ 1 แสดงให้เห็นรูปภาคตัดของเลนส์ซูม ตามตัวอย่าง 1 ที่ปลายด้านมุมกว้าง ตำแหน่งการซูมระดับกลาง และปลายเทเลโฟโต้ (telephoto end)

25

หน้า 2 ของจำนวน 36 หน้า

รูปที่ 2A, 2B และ 2C แสดงให้เห็นแผนภาพความคิดปกติของเลนส์ซูม ตามตัวอย่าง 1 ที่ปลายด้านมุมกว้าง ตำแหน่งการซูมระดับกลาง และปลายเทเลโฟโต้ ตามลำดับ

รูปที่ 3 แสดงให้เห็นรูปภาพตัดของเลนส์ซูม ตามตัวอย่าง 2 ที่ปลายด้านมุมกว้าง ตำแหน่งการซูมระดับกลาง และปลายเทเลโฟโต้

5 รูปที่ 4A, 4B และ 4C แสดงให้เห็นแผนภาพความคิดปกติของเลนส์ซูม ตามตัวอย่าง 2 ที่ปลายด้านมุมกว้าง ตำแหน่งการซูมระดับกลาง และปลายเทเลโฟโต้ ตามลำดับ

รูปที่ 5 แสดงให้เห็นรูปภาพตัดของเลนส์ซูม ตามตัวอย่าง 3 ที่ปลายด้านมุมกว้าง ตำแหน่งการซูมระดับกลาง และปลายเทเลโฟโต้

10 รูปที่ 6A, 6B และ 6C แสดงให้เห็นแผนภาพความคิดปกติของเลนส์ซูม ตามตัวอย่าง 3 ที่ปลายด้านมุมกว้าง ตำแหน่งการซูมระดับกลาง และปลายเทเลโฟโต้ ตามลำดับ

รูปที่ 7 เป็นรูปภาพตัดของเลนส์ซูม ตามตัวอย่าง 4 ที่ปลายด้านมุมกว้าง ตำแหน่งการซูมระดับกลาง และปลายเทเลโฟโต้

รูปที่ 8A, 8B และ 8C เป็นแผนภาพความคิดปกติของเลนส์ซูม ตามตัวอย่าง 4 ที่ปลายด้านมุมกว้าง ตำแหน่งการซูมระดับกลาง และปลายเทเลโฟโต้ ตามลำดับ

15 รูปที่ 9 เป็นรูปภาพตัดของเลนส์ซูม ตามตัวอย่าง 5 ที่ปลายด้านมุมกว้าง ตำแหน่งการซูมระดับกลาง และปลายเทเลโฟโต้

รูปที่ 10A, 10B และ 10C เป็นแผนภาพความคิดปกติของเลนส์ซูม ตามตัวอย่าง 5 ที่ปลายด้านมุมกว้าง ตำแหน่งการซูมระดับกลาง และปลายเทเลโฟโต้ ตามลำดับ

20 รูปที่ 11 เป็นรูปภาพตัดของเลนส์ซูม ตามตัวอย่าง 6 ที่ปลายด้านมุมกว้าง ตำแหน่งการซูมระดับกลาง และปลายเทเลโฟโต้

รูปที่ 12A, 12B และ 12C เป็นแผนภาพความคิดปกติของเลนส์ซูม ตามตัวอย่าง 6 ที่ปลายด้านมุมกว้าง ตำแหน่งการซูมระดับกลาง และปลายเทเลโฟโต้ ตามลำดับ

รูปที่ 13 เป็นแผนภาพเชิงแผนผังของเครื่องรับภาพ ที่มีเลนส์ซูมตามตัวอย่างใด ๆ ของตัวอย่าง 1 ถึง 6

25 การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

เลนส์ซูมตามลักษณะหนึ่งของการเปิดเผย รวมถึงตามลำดับ จากด้านวัตถุถึงด้านภาพ หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงลบ หน่วยเลนส์ที่สอง หน่วยเลนส์ระดับกลางหนึ่งหน่วย

หน้า 3 ของจำนวน 36 หน้า

หรือมากกว่านั้น และหน่วยเลนส์ด้านหลัง อย่างน้อยที่สุดหน่วยเลนส์ที่สอง และหน่วยเลนส์ระดับกลางหนึ่งหน่วย หรือมากกว่านั้น จะเคลื่อนที่ในระหว่างการซูม และระยะทางแต่ละค่าระหว่างหน่วยเลนส์ที่อยู่ใกล้เคียงกันจะเปลี่ยนแปลง หน่วยเลนส์ระดับกลางหนึ่งหน่วย หรือมากกว่านั้น รวมถึง หน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N ซึ่งจัดวางอยู่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพ และหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N รวมถึง หน่วยการเลื่อนที่มีกำลังหักเหแสงเชิงบวก ซึ่งจัดวางอยู่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพ และเคลื่อนที่ได้ในทิศทางตั้งฉากกับแกนเชิงแสงของเลนส์ซูม อสมการที่ตามมานี้อาจได้รับการทำให้สอดคล้อง

$$1.8 \leq f_{is}/(-f_1) \leq 4.8$$

$$0.05 \leq B_{Fw}/f_w \leq 1.29$$

10 ซึ่ง f_1 คือความยาวโฟกัสของหน่วยเลนส์ที่หนึ่ง f_{is} คือความยาวโฟกัสของหน่วยการเลื่อน f_w คือความยาวโฟกัสของเลนส์ซูมที่ปลายด้านมุมกว้าง และ B_{Fw} คือระยะทางเทียบเท่าในอากาศบนแกนเชิงแสงจากพื้นผิวเลนส์ที่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพของเลนส์ซูม ที่ปลายด้านมุมกว้างถึงระนาบภาพ อย่างที่พอจะเลือกใช้ได้ หน่วยการเลื่อนอาจ รวมถึง เลนส์สองชิ้น หรือมากกว่านั้น หรือหน่วยเลนส์ที่สอง อาจรวมถึง ชิ้นส่วนเลนส์สองชิ้น หรือมากกว่านั้น และอสมการที่ตามมานี้อาจได้รับการทำให้สอดคล้อง

$$1.8 \leq f_{is}/(-f_1) \leq 4.8$$

$$0.05 \leq B_{Fw}/f_w \leq 1.85$$

20 เครื่องรับภาพตามอีกลักษณะหนึ่งของการเปิดเผย รวมถึง เลนส์ซูมตามข้างต้น ลักษณะพิเศษที่นอกเหนือจากนั้น ของรูปลักษณะต่างๆ ของการเปิดเผยจะปรากฏจากการบรรยายที่ตามมาของรูปลักษณะด้วยการอ้างอิงกับรูปเขียนที่ผนวกมาด้วย การบรรยายที่ตามมาของรูปลักษณะ จะได้รับการจัดให้มีขึ้นมาโดยวิธีการของตัวอย่าง

การบรรยายจะได้รับการกำหนดจากตัวอย่างตามการเปิดเผย ด้วยการอ้างอิงกับรูปเขียนประการที่หนึ่ง ก่อนที่ตัวอย่าง 1 ถึง 6 จะได้รับการบรรยาย เนื้อหาพร้อมกันสำหรับแต่ละตัวอย่าง จะได้รับการบรรยาย

25 รูปที่ 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 แสดงให้เห็นภาคตัดขวางของเลนส์ซูม L0 ตามตัวอย่าง 1 ถึง 6 ในสถานะ โฟกัสบนวัตถุที่ระยะอนันต์ (ต่อไปนี้จะเรียกว่า “ในสถานะโฟกัสที่ระยะอนันต์”) ที่ปลายด้านมุมกว้าง ตำแหน่งการซูมระดับกลาง (ตรงกลาง) และปลายเทเลโฟโต้ ตามลำดับ เลนส์ซูมตามแต่ละตัวอย่าง ได้รับการใช้เป็นระบบเชิงแสงสำหรับการถ่ายภาพในเครื่องรับภาพ

หน้า 4 ของจำนวน 36 หน้า

หลายชนิด ดังเช่น กล้อง, วิดีโอคิฟิล, กล้องถ่ายภาพนิ่งคิฟิล, กล้องสำหรับการออกอากาศ, กล้องถ่ายรูปที่ใช้ฟิล์มบันทึกภาพ, กล้องสำหรับการเฟิร์มแวร์, และกล้องแบบอนบอร์ด (กล้องในยานพาหนะ)

ในแต่ละรูป ด้านซ้าย คือด้านวัตถุ และด้านขวา คือด้านภาพ SP แสดงแทนค่า รูรับแสง 5 (ไดอะแฟรม) ซึ่งพิจารณากำหนดค่าแสงที่ค่า F เปิด (F_{no}) (รูรับแสงกว้างสุด) IP แสดงแทนระนาบภาพของเลนส์ซูม L0 พื้นผิวสำหรับการถ่ายภาพ (พื้นผิวที่รับแสง) ของตัวตรวจรู้ภาพ ดังเช่น ตัวตรวจรู้ชนิด CCD หรือตัวตรวจรู้ชนิด CMOS หรือตัวตรวจรู้ชนิดฟิล์ม (พื้นผิวที่ไวต่อแสง) ของฟิล์มโลหะเงิน จะได้รับการจัดวางอยู่บนระนาบภาพ IP

เลนส์ซูม L0 ตามแต่ละตัวอย่าง ได้รับการออกแบบ เพื่อยอมให้มีความบิดเบี้ยว และความ 10 บิดเบี้ยวของภาพเบี่ยงที่เกิดขึ้น เนื่องด้วยความบิดเบี้ยว จะได้รับการปรับแก้ไขโดยการประมวลผลภาพที่ดำเนินการโดยเครื่องรับภาพ โดยการใช้สารสนเทศของปริมาณความบิดเบี้ยว

เลนส์ซูม L0 ตามแต่ละตัวอย่าง ยังอาจได้รับการใช้เป็นระบบเชิงแสง สำหรับการฉายภาพ 15 ในเครื่องสำหรับการฉายภาพ ดังเช่น เครื่องฉายภาพ ในกรณีนี้ ด้านซ้ายของรูป คือด้านจอภาพ (ด้านการขยาย) และด้านขวา คือด้านส่วนแสดงผล (ด้านการลด)

15 ในเลนส์ซูม หน่วยเลนส์ คือกลุ่มของเลนส์หนึ่งชิ้น หรือมากกว่านั้น ซึ่งอาจ หรืออาจไม่ เคลื่อนที่เป็นชุด ในระหว่างการแปรผันของกำลังขยาย (การซูม) ระหว่างปลายด้านมุมกว้าง และปลาย เทเลโฟโต้ กล่าวอีกนัยหนึ่ง ระยะทางแต่ละค่าระหว่างหน่วยเลนส์ที่อยู่ใกล้เคียงกัน จะเปลี่ยนแปลง ในระหว่างการซูม ในแต่ละรูป ลูกศรที่บดบังได้หน่วยเลนส์ ซึ่งเคลื่อนที่ในระหว่างการซูมจะระบุ 20 ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแต่ละหน่วยเลนส์ ในระหว่างการซูมจากปลายด้านมุมกว้าง ถึงปลายเทเล โฟโต้ ปลายด้านมุมกว้าง และปลายเทเลโฟโต้ ตามลำดับ จะระบุสถานะซูมของมุมรับภาพมากที่สุด (ความยาวโฟกัสสั้นที่สุด) และมุมรับภาพน้อยที่สุด (ความยาวโฟกัสยาวที่สุด) เมื่อหน่วยเลนส์ซึ่ง เคลื่อนที่ในระหว่างการซูมได้รับการจัดตำแหน่งที่ปลายทั้งสองด้านของช่วงที่เคลื่อนที่ได้อย่างเชิงกล หรืออย่างควบคุมได้บนแกนเชิงแสง กลุ่มของเลนส์หนึ่งชิ้น หรือมากกว่านั้น ซึ่งเคลื่อนที่ในระหว่าง 25 การโฟกัส คือหน่วยเลนส์สำหรับการโฟกัส และลูกศรแบบจุดเหนือหน่วยเลนส์สำหรับการโฟกัส ในแต่ละรูป จะระบุทิศทางเคลื่อนที่ของหน่วยเลนส์สำหรับการโฟกัสในระหว่างการโฟกัสจาก อนันต์ถึงระยะทางใกล้ หน่วยเลนส์ ยังอาจรวมถึง ตัวปัดรูรับแสง SP ในตัวอย่างนี้ พจน์ “ชิ้นส่วน เลนส์” อ้างอิงถึง เลนส์ชิ้นเดียว หรือเลนส์ที่ยึดด้วยซีเมนต์ ซึ่งก่อรูปขึ้นมาโดยการยึดด้วยซีเมนต์ เข้าด้วยกันของเลนส์จำนวนหนึ่ง

หน้า 5 ของจำนวน 36 หน้า

เลนส์ซุม L0 ตามแต่ละตัวอย่างรวมถึงตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงลบ หน่วยเลนส์ที่สอง L2 กลุ่มระดับกลาง LM ที่รวมถึง หน่วยเลนส์ระดับกลางหนึ่งหน่วย หรือมากกว่านั้น และหน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr (ที่ตามหลังมา) กลุ่มระดับกลาง LM รวมถึง หน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N ซึ่งจัดวางอยู่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพในท่ามกลางกลุ่มระดับกลาง LM หน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงบวก ได้รับการจัดวางอยู่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพ ในท่ามกลางหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N หน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS คือหน่วยการเลื่อน ซึ่งเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับแกนเชิงแสงของเลนส์ซุม L0 เพื่อชดเชยสำหรับความไม่ชัดเจนของภาพที่เกิดขึ้น เนื่อง โดยการเขย่าของกล้อง ดังเช่น การเขย่าของมือ การเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับแกนเชิงแสง รวมถึง การเคลื่อนที่ภายในระนาบที่ตั้งฉากกับแกนเชิงแสง ตามที่แสดงให้เห็น โดยลูกศรชี้ขึ้นและลง ในแต่ละรูป และการเคลื่อนที่ในทิศทาง ซึ่งรวมถึง ส่วนประกอบที่ตั้งฉากกับแกนเชิงแสง (ตัวอย่างเช่น การหมุนรอบจุดบนแกนเชิงแสง) หน่วยการเลื่อน ยังอาจเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับแกนเชิงแสง เพื่อความมุ่งหมายอื่น ที่ไม่ใช่การทำให้ภาพเสถียร ดังเช่น การติดตามวัตถุเคลื่อนที่

ในเลนส์ซุม L0 ตามแต่ละตัวอย่าง หน่วยเลนส์ที่สอง L2 และกลุ่มระดับกลาง LM (หน่วยเลนส์ระดับกลาง) อาจเคลื่อนที่เข้าหาวัตถุ ในระหว่างการซูมจากปลายด้านมุมกว้างถึงปลายเทเลโฟโต้ หน่วยเลนส์ที่สอง L2 อาจมีกำลังหักเหแสงเชิงบวก และกลุ่มระดับกลาง LM อาจมีกำลังหักเหแสงเชิงบวกโดยรวม ฟังก์ชันซูมสามารถได้รับการทำให้บรรลุผล โดยการเคลื่อนที่หน่วยเลนส์ที่สอง L2 และกลุ่มระดับกลาง LM ซึ่งทั้งสอง มีกำลังหักเหแสงเชิงบวก เข้าใกล้กับหน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงลบ

หน่วยเลนส์ที่สอง L2 อาจรวมถึง ชิ้นส่วนเลนส์สองชิ้น หรือมากกว่านั้น ด้วยเหตุนี้ ความผิดปกติแบบทรงกลม, โคมา และความผิดปกติอื่นๆ สามารถได้รับการปรับแก้ไขอย่างน่าพอใจ

หน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N อาจมีกำลังหักเหแสงเชิงบวก และเคลื่อนที่เข้าหาวัตถุในขณะที่มีการเพิ่มระยะทาง ถึงหน่วยเลนส์ที่สอง L2 ในระหว่างการซูมจากปลายด้านมุมกว้าง ถึงปลายเทเลโฟโต้ ด้วยเหตุนี้ ความโค้งของสนาม สามารถได้รับการปรับแก้ไข ปริมาณการเคลื่อนที่ของหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N สามารถทำให้ลดลง และขนาด และน้ำหนักของหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N สามารถทำให้ลดลง ผลก็คือ โพลดบนตัวกระตุ้น ซึ่งขับหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N ในระหว่างการซูม สามารถทำให้ลดลง และการซูมที่รวดเร็ว และเงียบ สามารถได้รับการทำให้บรรลุผล

หน้า 6 ของจำนวน 36 หน้า

เพราะว่า หน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N ที่กะทัดรัด และมีน้ำหนักเบา รวมถึง หน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS ขนาด และน้ำหนักของกลไกการทำให้ภาพเสถียร ที่รวมถึงตัวกระตุ้นซึ่งขับเคลื่อนหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS ก็ยังสามารถได้รับการทำให้ลดลง โดยเฉพาะหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร ได้รับการจัดวางอยู่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพในท่ามกลางหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N สามารถลดขนาด และน้ำหนักของหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS ลงได้อีก ด้วยเหตุนี้ โหลดการขับในระหว่างการซูม สามารถทำให้ลดลง และสภาพเชิงหน้าที่การทำให้ภาพเสถียรที่ดีเลิศสามารถได้รับการทำให้ได้มา

หน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS อาจรวมถึง เลนส์สองชิ้น หรือมากกว่านั้น ดังเช่น เลนส์กำลังบวกหนึ่งชิ้น และเลนส์กำลังลบหนึ่งชิ้น หรือเลนส์ที่ยึดด้วยซีเมนต์ (นับเป็นสองเลนส์) ซึ่งในนั้น เลนส์กำลังบวกหนึ่งชิ้น และเลนส์กำลังลบหนึ่งชิ้น ได้รับการยึดด้วยซีเมนต์เข้าด้วยกันเพื่อก่อรูปชิ้นส่วนเลนส์ชิ้นเดียว ด้วยเหตุนี้ ความผันผวนในความคลาดสี ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการทำให้ภาพเสถียรสามารถได้รับการยับยั้ง เพื่อลดขนาดเลนส์ซูม L0 ทั้งหมด หน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N อาจมีหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS หน่วยเดียว

เลนส์ซูม L0 ตามแต่ละตัวอย่าง อาจสอดคล้องตามอสมการ (1) และ (2) ที่ตามมา

$$1.8 \leq f_{is}/(-f_1) \leq 4.8 \quad (1)$$

$$0.05 \leq B_{Fw}/f_w \leq 1.85 \quad (2)$$

ในอสมการ (1) และ (2) f_1 คือความยาวโฟกัสของหน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 และ f_{is} คือความยาวโฟกัสของหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS f_w คือความยาวโฟกัสของเลนส์ซูม L0 ที่ปลายด้านมุมกว้าง B_{Fw} คือระยะทางเทียบเท่าในอากาศ (โฟกัสด้านหลัง) บนแกนเชิงแสงจากพื้นผิวเลนส์ที่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพ IP ของเลนส์ซูม L0 ถึงระนาบภาพ IP ที่ปลายด้านมุมกว้าง

อสมการ (1) กำหนดขอบเขตความสัมพันธ์ที่ถูกต้อง ระหว่างความยาวโฟกัสของหน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 และความยาวโฟกัสของหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS ในกรณีที่ $f_{is}/(-f_1)$ กลายเป็นสูงกว่าค่าจำกัดบนของอสมการ (1) กำลังของหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS จะได้รับการทำให้ลดลง และดังนั้น ปริมาณการเคลื่อนที่เพื่อการทำให้ภาพเสถียร และขนาดของกลไกการทำให้ภาพเสถียรจะเพิ่มขึ้น นอกเหนือจากนั้น ในกรณีที่กำลังของหน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 เพิ่มขึ้นนั้นกลายเป็นยาก ที่จะปรับแก้ไขอย่างมีประสิทธิภาพ ของความผิดปกติทางทัศนศาสตร์นอกแกน ดังเช่น ความโค้งของสนาม ในกรณีที่ $f_{is}/(-f_1)$ กลายเป็นต่ำกว่าค่าจำกัดล่างของอสมการ (1) กำลังของหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS เพิ่มขึ้น และดังนั้น นั้นกลายเป็นยาก ที่จะปรับแก้ไข

หน้า 7 ของจำนวน 36 หน้า

ความคิดปกติ ดังเช่น โคมาระบบการหลุดจากศูนย์กลาง ในระหว่างการทำให้ภาพเสถียร และ
สมรรถนะการทำให้ภาพเสถียรที่เพียงพอ ไม่สามารถได้รับการทำให้ได้มา ในกรณีที่ กำลังของหน่วย
เลนส์ที่หนึ่ง L1 ได้รับการทำให้ลดลง ปริมาณการเคลื่อนที่ของหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS
(หน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N) ในระหว่างการซูมจะเพิ่มขึ้น และขนาดของเลนส์ซูม L0 จะเพิ่มขึ้น

- 5 อสมการ (2) กำหนดขอบเขตความสัมพันธ์ที่ถูกต้อง ระหว่างโฟกัสด้านหลังของเลนส์ซูม L0
ที่ปลายด้านมุมกว้าง และความยาวโฟกัสของเลนส์ซูม L0 ที่ปลายด้านมุมกว้าง ในกรณีที่ BFW/fw
กลายเป็นสูงกว่าค่าจำกัดบนของอสมการ (2) ความยาวเชิงแสงโดยรวมของเลนส์ซูม L0 (ระยะทาง
จากพื้นผิวเลนส์ที่ใกล้ที่สุดกับวัตถุถึงระนาบภาพ IP) จะเพิ่มขึ้น ในกรณีที่ BFW/fw กลายเป็นต่ำกว่า
ค่าจำกัดล่างของอสมการ (2) ระยะท่ายเลนส์ในเครื่องรับภาพ ไม่สามารถได้รับการทำให้แน่ใจได้
10 อย่างเพียงพอ และนั่นกลายเป็นยาก ที่จะปิดชัตเตอร์ ฯลฯ

การทำให้สอดคล้องตามการจัด โครงแบบ และอสมการข้างต้น สามารถทำให้ได้มาซึ่ง
เลนส์ซูม L0 ที่มีขนาดที่ลดลง สมรรถนะเชิงแสงสูง และสมรรถนะการทำให้ภาพเสถียรสูง
ในขณะเดียวกัน ก็ลดขนาด และน้ำหนัก และปริมาณการเคลื่อนที่ของหน่วยสำหรับการทำให้
ภาพเสถียร IS

- 15 ค่าจำกัดล่างของอสมการ (1) อาจได้รับการตั้งค่าให้เท่ากับ 1.93, 2.17 หรือ 2.35 และค่าจำกัด
บนของอสมการ (1) อาจได้รับการตั้งค่าให้เท่ากับ 3.58, 3.28 หรือ 3.05 ค่าจำกัดล่างของอสมการ (2)
อาจได้รับการตั้งค่าให้เท่ากับ 0.20, 0.30 หรือ 0.55 และค่าจำกัดบนของอสมการ (2) อาจได้รับการ
ตั้งค่าให้เท่ากับ 1.55, 1.29 หรือ 1.15 อสมการ (2) ได้รับการแทนที่ด้วยอสมการ (2a) ที่ตามมา

$$0.05 \leq \text{BFW}/\text{fw} \leq 1.29 \quad (2a)$$

- 20 เลนส์ซูม L0 ตามแต่ละตัวอย่าง นอกจากนั้น อาจมีการจัด โครงแบบที่ตามมานี้ นั่นคือ
ในเลนส์ซูม L0 ตามแต่ละตัวอย่าง หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 ได้รับการยึดตายตัวโดยสัมพันธ์กับระนาบ
ภาพ IP ในระหว่างการซูม น้ำหนักของหน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 มีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเส้น
ผ่านศูนย์กลางด้านนอกที่ใหญ่ของเลนส์ในหน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 ดังนั้น หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 ซึ่ง
ยึดตายตัวในระหว่างการซูม สามารถทำให้ได้มาซึ่งการซูมที่รวดเร็ว และเงียบ นอกเหนือจากนั้น
25 หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 ซึ่งยึดตายตัว ในระหว่างการซูม สามารถยับยั้งการเอียงของหน่วยเลนส์ที่หนึ่ง
L1 ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการซูม และจะปรับปรุงสมรรถนะเชิงแสงให้ดีขึ้น

หน้า 8 ของจำนวน 36 หน้า

5 ในเลนส์ซุม L0 ตามแต่ละตัวอย่าง หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 อาจรวมถึงตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ เลนส์นูนเว้าสองชิ้น (เลนส์นูนเว้าที่หนึ่งและเลนส์นูนเว้าที่สอง) ซึ่งมีกำลังหักเหแสงเชิงลบ และมีลักษณะนูนเข้าหาด้านวัตถุ ด้วยเหตุนี้ เลนส์ซุม L0 สามารถมีกำลังขยายของการซุมสูงบนด้านมุมกว้าง และจะปรับแก้ไขความผิดปกติทางทัศนศาสตร์นอกแกน ดังเช่น ความโค้งของสนามได้อย่างน่าพอใจ

10 ในเลนส์ซุม L0 ตามแต่ละตัวอย่าง หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 อาจรวมถึง เลนส์สองชิ้นหรือมากกว่านั้น ที่รวมถึง เลนส์กำลังลบหนึ่งชิ้น และเลนส์กำลังบวกหนึ่งชิ้น ด้วยเหตุนี้ ความผิดปกติสามารถได้รับการปรับแก้ไขอย่างน่าพอใจ การปรับแก้ไขอย่างน่าพอใจของความผิดปกติทางทัศนศาสตร์นอกแกน ดังเช่น ความคลาดสี และความโค้งของสนาม ซึ่งเกิดขึ้นในหน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 ซึ่งจะไม่เคลื่อนที่ในระหว่างการซุม สามารถลดจำนวนของเลนส์ที่ต้องการสำหรับการปรับแก้ไขความผิดปกติในหน่วยเลนส์ที่สอง L2 กลุ่มระดับกลาง LM และหน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr ซึ่งเคลื่อนที่ในระหว่างการซุม ผลก็คือ ขนาด และน้ำหนักของหน่วยเลนส์ ซึ่งเคลื่อนที่ในระหว่างการซุมสามารถทำให้ลดลง เลนส์กำลังบวก อาจได้รับการจัดวางอยู่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพในหน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 โดยเฉพาะ ในเรื่องของการปรับแก้ไขความคลาดสี

15 ในเลนส์ซุม L0 ตามแต่ละตัวอย่าง หน่วยเลนส์ที่สอง L2 อาจรวมถึง คำรับแสงมากที่สุด SP เพราะว่าเป็นไปได้ ที่จะลดขนาด และน้ำหนักของหน่วยเลนส์ที่เคลื่อนที่ ดังเช่น เลนส์ในหน่วยเลนส์ที่สอง L2 ซึ่งจัดวางอยู่ใกล้กับคำรับแสงมากที่สุด SP และกลุ่มระดับกลาง LM ที่รวมถึง หน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N ผลก็คือ การจัด โครงแบบนี้สามารถจัดให้มีเลนส์หลายชิ้นตามความต้องการ เพื่อการปรับแก้ไขความผิดปกติ ในขณะเดียวกัน ก็ลดโหลดบนตัวกระตุ้น ซึ่งขับหน่วยเลนส์ที่เคลื่อนที่ในระหว่างซุม ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้ได้มาซึ่งสมรรถนะด้านความผิดปกติที่ดีในขณะเดียวกัน ก็เพิ่มกำลังขยายของการซุม

25 ในเลนส์ซุม L0 ตามแต่ละตัวอย่าง หน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N อาจรวมถึงถึง เลนส์สามชิ้นหรือน้อยกว่านั้น การจัด โครงแบบนี้ สามารถยับยั้งน้ำหนักที่มากของหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N ซึ่งรวมถึง กลไกการทำให้อาพเสถียร และด้วยเหตุนี้ จึงลดโหลดบนตัวกระตุ้น ซึ่งขับหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N ในระหว่างการซุม

ในเลนส์ซุม L0 ตามแต่ละตัวอย่าง หน่วยเลนส์ที่สอง L2 ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงบวกอาจรวมถึง เลนส์แอสเฟอริก (aspherical lens) หนึ่งชิ้น ที่มีรูปร่างพื้นผิวเลนส์ ซึ่งกำลังหักเหแสงจะอ่อนลงจากแกนเชิงแสงไปทางขอบรอบนอก ด้วยเหตุนี้ ความยาว โดยรวมของเลนส์ซุม L0 สามารถ

หน้า 9 ของจำนวน 36 หน้า

ทำให้ลดลง และความผิดปกติแบบทรงกลม โคม่า และความผิดปกติอื่น ๆ ซึ่งเกิดขึ้น โดยเฉพาะที่ปลายเทเลโพโต้ สามารถได้รับการปรับแก้ไขอย่างน่าพอใจ

5 ในเลนส์ซุ่ม L0 ตามแต่ละตัวอย่าง หน่วยเลนส์ที่สอง L2 กลุ่มระดับกลาง LM และหน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr ทั้งหมด อาจเคลื่อนที่เข้าหาวัตถุในระหว่างการซูมจากปลายด้านมุมกว้างถึงปลายเทเลโพโต้ การจัดโครงแบบนี้ จะยอมให้มีกำลังขยายของการซูมสูง ในขณะเดียวกัน ก็ยังอย่างมีประสิทธิภาพความผันผวนของความผิดปกติในระหว่างการซูม จำนวนของหน่วยเลนส์ที่เคลื่อนที่ซึ่งเคลื่อนที่ในระหว่างการซูม อาจเท่ากับสี่ หรือน้อยกว่านั้น ด้วยเหตุนี้ ขนาดโดยรวมของเลนส์ซุ่มสามารถ ได้รับการจำกัดไม่ให้เพิ่มขึ้น เมื่อหน่วยเลนส์ที่เคลื่อนที่แต่ละหน่วย ได้รับการขับโดยตัวกระตุ้นทางไฟฟ้า

10 ในเลนส์ซุ่ม L0 ตามแต่ละตัวอย่าง หน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr อาจมีกำลังหักเหแสงเชิงลบ และได้รับการจัดวางบนด้านภาพ และอยู่ใกล้กับหน่วยเลนส์ที่สอง L2 และกลุ่มระดับกลาง LM ซึ่งแต่ละชั้นมีกำลังหักเหแสงเชิงบวก การจัดการกำลังชนิดเทเลโพโต้ดังกล่าว สามารถลดความยาวโดยรวมของเลนส์ซุ่ม L0

15 ในเลนส์ซุ่ม L0 ตามแต่ละตัวอย่าง พื้นผิวเลนส์ด้านวัตถุของชิ้นส่วนเลนส์ ซึ่งจัดวางอยู่ใกล้ที่สุดกับวัตถุในหน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr อาจมีรูปร่างนูนเข้าหาวัตถุ การจัดโครงแบบนี้สามารถยับยั้งความผันผวนของความผิดปกติแบบทรงกลม ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการซูม ชิ้นส่วนเลนส์ซึ่งจัดวางอยู่ใกล้ที่สุดกับวัตถุในหน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr อาจมีรูปร่างนูนเว้า ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงลบ และรูปร่างนูนเข้าหาวัตถุ หน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr อาจได้รับการใช้เป็นหน่วยเลนส์สำหรับการโฟกัสซึ่งเคลื่อนที่เข้าหาระนาบภาพในระหว่างการโฟกัส จากอนันต์ถึงระยะทางใกล้ การจัดโครงแบบนี้สามารถทำให้ได้มาซึ่งการโฟกัส ที่มีความผันผวนที่ได้รับการยับยั้งของความผิดปกติ ดังเช่นความผิดปกติแบบทรงกลม และความโค้งของสนาม

25 หน่วยเลนส์สุดท้าย Lk ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงบวก ซึ่งจะ ไม่เคลื่อนที่ในระหว่างการซูม อาจได้รับการจัดวางอยู่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพในเลนส์ซุ่ม L0 ตามแต่ละตัวอย่าง ในกรณีที่เลนส์ซุ่ม L0 ได้รับการใช้เป็นเลนส์ซูมทางไฟฟ้าสำหรับกล้องชนิดเปลี่ยนเลนส์ได้ ความทนทานของเลนส์ซุ่ม L0 สามารถได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยการวางหน่วยเลนส์ที่ได้รับการยึดตายตัวให้ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพ เพื่อป้องกันการเข้าถึงโดยตรงของหน่วยเลนส์ที่เคลื่อนที่จากด้านนอก หน่วยเลนส์ ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงบวก ซึ่งจัดวางอยู่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพ สามารถลดมุม

หน้า 10 ของจำนวน 36 หน้า

ตกกระทบของรังสีนอกแกน โดยสัมพันธ์กับตัวตรวจรู้ภาพ ซึ่งจัดวางอยู่บนระนาบภาพ IP ผลก็คือ การบังแสง ซึ่งเกิดขึ้นในพื้นที่รอบนอกของภาพสามารถได้รับการยับยั้ง

เลนส์ซุ่ม L0 ตามแต่ละตัวอย่างอาจสอดคล้องกับอย่างน้อยที่สุดหนึ่งอสมการ (3) ถึง (8) ที่ตามมา

$$5 \quad 0.9 \leq fN/(-f1) \leq 4.5 \quad (3)$$

$$0.40 \leq (1-\beta_{ist}) \times \beta_{isrt} \leq 1.45 \quad (4)$$

$$0.4 \leq |MN/M2| \leq 1.2 \quad (5)$$

$$3.5 \leq TTLw/fw \leq 8.9 \quad (6)$$

$$1.0 \leq fis/f2 \leq 4.5 \quad (7)$$

$$10 \quad 0.54 \leq f2/(-f1) \leq 2.35 \quad (8)$$

ในอสมการ (3) ถึง (8) $f2$ คือความยาวโฟกัสของหน่วยเลนส์ที่สอง L2 fN คือความยาวโฟกัสของหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N และ β_{ist} คือกำลังขยายตามขวางของหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร (หน่วยการเลื่อน) IS ที่ปลายเทเลโฟโต้ β_{isrt} คือกำลังขยายตามขวางของระบบเชิงแสงที่รวมถึง เลนส์ทั้งหมดซึ่งจัดวางใกล้กับระนาบภาพ มากกว่าหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS ที่ปลายเทเลโฟโต้ $M2$ คือปริมาณการเคลื่อนที่ของหน่วยเลนส์ที่สอง L2 ในระหว่างการซูมจากปลายด้านมุมกว้างถึงปลายเทเลโฟโต้ และ MN คือปริมาณการเคลื่อนที่ของหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N ในระหว่างการซูมจากปลายด้านมุมกว้างถึงปลายเทเลโฟโต้ ปริมาณการเคลื่อนที่ของหน่วยเลนส์คือความแตกต่างระหว่างตำแหน่งของสิ่งนั้น ที่ปลายด้านมุมกว้าง และตำแหน่งของสิ่งนั้นที่ปลายเทเลโฟโต้ และจะไม่รวมถึง ปริมาณการเคลื่อนที่แบบไป-กลับ ปริมาณนั้นเป็นบวก เมื่อหน่วยเลนส์ได้รับการจัดวางใกล้กับระนาบภาพที่ปลายเทเลโฟโต้มากกว่าที่ปลายด้านมุมกว้าง และเป็นลบ เมื่อได้รับการจัดวางใกล้กับวัตถุที่ปลายเทเลโฟโต้มากกว่าที่ปลายด้านมุมกว้าง $TTLw$ คือความยาวเชิงแสงโดยรวม ซึ่งคำนวณโดยการบวกระยะทางเทียบเท่าในอากาศ (BFw) บนแกนเชิงแสงจากพื้นผิวเลนส์ของเลนส์ซุ่ม L0 ที่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพ ถึงระนาบภาพที่ปลายด้านมุมกว้างกับระยะทางบนแกนเชิงแสงจากพื้นผิวเลนส์ของเลนส์ซุ่ม L0 ที่ใกล้ที่สุด กับวัตถุถึงพื้นผิวเลนส์ที่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพของเลนส์ซุ่ม L0 ที่ปลายด้านมุมกว้าง

อสมการ (3) กำหนดขอบเขตความสัมพันธ์ที่ถูกต้อง ระหว่างความยาวโฟกัสของหน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 และความยาวโฟกัสของหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N ในกรณีนี้ $fN/(-f1)$ กลายเป็นสูงกว่าค่าจำกัดบนของอสมการ (3) กำลังของหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N จะได้รับการทำให้ลดลง

หน้า 11 ของจำนวน 36 หน้า

และปริมาณการเคลื่อนที่ของหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N ในระหว่างการซูมจะเพิ่มขึ้น นอกเหนือจากนั้น ในกรณีที่กำลังของหน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 เพิ่มขึ้น นั้นกลายเป็นยากที่จะปรับแก้ไขอย่างถูกต้อง ความผิดปกติแบบนอกแกน ดังเช่น ความโค้งของสนาม ในกรณีที่ $fN/(-f1)$ กลายเป็นต่ำกว่าค่าจำกัดล่างของอสมการ (3) กำลังของหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N จะเพิ่มขึ้น และนั่นกลายเป็นยากที่จะปรับแก้ไขอย่างถูกต้องความผิดปกติ นอกเหนือจากนั้น ในกรณีที่กำลังของหน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 ได้รับการทำให้ลดลง ปริมาณการเคลื่อนที่ของหน่วยเลนส์ ที่เคลื่อนที่ในระหว่างการซูม และขนาดของเลนส์ซูม L0 จะเพิ่มขึ้น

ค่าจำกัดล่างของอสมการ (3) อาจได้รับการตั้งค่าให้เท่ากับ 1.32, 1.61 หรือ 1.80 และค่าจำกัดบนของอสมการ (3) อาจได้รับการตั้งค่าให้เท่ากับ 3.58, 3.28 หรือ 3.05

10 อสมการ (4) กำหนดขอบเขตช่วงที่ถูกต้อง สำหรับความไวของการเลื่อนภาพ TS ของหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS ที่ปลายเทเลโฟโต้ ความไวของการเลื่อนภาพ TS คืออัตราส่วน ($TS = \Delta I / \Delta L$) ของปริมาณการเคลื่อนที่ ΔL ของหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS ในทิศทางตั้งฉากกับแกนเชิงแสงต่อปริมาณการเคลื่อนที่ ΔI ของภาพเชิงแสง (ตำแหน่งการถ่ายภาพ) บนระนาบภาพ IP ในทิศทางตั้งฉากกับแกนเชิงแสง ในกรณีที่ $(1 - \beta_{isr}) \times \beta_{isrt}$ กลายเป็นสูงกว่าค่าจำกัดบนของอสมการ (4) กำลังของหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS เพิ่มขึ้น และนั่นกลายเป็นยากที่จะปรับแก้ไขความผิดปกติ ดังเช่น โคมาระบบการหลุดจากศูนย์กลาง ในระหว่างการทำให้ภาพเสถียรและสมรรถนะการทำให้ภาพเสถียรกลายเป็นไม่เพียงพอ ในกรณีที่ $(1 - \beta_{isr}) \times \beta_{isrt}$ กลายเป็นต่ำกว่าค่าจำกัดล่างของอสมการ (4) ความไวของการเลื่อนภาพ TS ของหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS จะได้รับการทำให้ลดลง และปริมาณการเคลื่อนที่ของหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS เพื่อ

15 การทำให้ภาพเสถียร และดังนั้น ขนาดของกลไกการทำให้ภาพเสถียรจะเพิ่มขึ้น

ค่าจำกัดล่างของอสมการ (4) อาจได้รับการตั้งค่าให้เท่ากับ 0.55, 0.60 หรือ 0.67 และค่าจำกัดบนของอสมการ (4) อาจได้รับการตั้งค่าให้เท่ากับ 1.21, 1.10 หรือ 0.97

25 อสมการ (5) กำหนดขอบเขตความสัมพันธ์ที่ถูกต้อง ระหว่างปริมาณการเคลื่อนที่ของหน่วยเลนส์ที่สอง L2 และปริมาณการเคลื่อนที่ของหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N ในระหว่างการซูมจากปลายด้านมุมกว้างถึงปลายเทเลโฟโต้ ในกรณีที่ $|MN/M2|$ กลายเป็นสูงกว่าค่าจำกัดบนของอสมการ (5) ปริมาณการเคลื่อนที่ของหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N ในระหว่างการซูมจะเพิ่มขึ้น และการยับยั้งความผันผวนของความผิดปกติ ดังเช่น ความโค้งของสนาม กลายเป็นไม่เพียงพอ ในกรณีที่ $|MN/M2|$ กลายเป็นต่ำกว่า ค่าจำกัดล่างของอสมการ (5) ปริมาณการเคลื่อนที่ของหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N

หน้า 12 ของจำนวน 36 หน้า

สำหรับกำลังขยายของการซูมสูงในระหว่างการซูม ไม่สามารถได้รับการทำให้แน่ใจได้อย่างเพียงพอ หรือปริมาณการเคลื่อนที่ของหน่วยเลนส์ที่สอง L2 ในระหว่างการซูมจะเพิ่มขึ้น

ค่าจำกัดล่างของอสมการ (5) อาจได้รับการตั้งค่าให้เท่ากับ 0.54, 0.61 หรือ 0.65 และค่าจำกัดบนของอสมการ (5) อาจได้รับการตั้งค่าให้เท่ากับ 0.95, 0.87 หรือ 0.82

5 อสมการ (6) กำหนดขอบเขตความสัมพันธ์ที่ถูกต้อง ระหว่างความยาวเชิงแสงโดยรวมของเลนส์ซูม L0 ที่ปลายด้านมุมกว้าง และความยาวโฟกัสของระบบเลนส์ซูม L0 ทั้งหมดที่ปลายด้านมุมกว้าง ในกรณีที่ TTLw/fw กลายเป็นสูงกว่าค่าจำกัดบนของอสมการ (6) ขนาดของเลนส์ซูม L0 จะเพิ่มขึ้น ในกรณีที่ TTLw/fw กลายเป็นต่ำกว่าค่าจำกัดล่างของอสมการ (6) นั้นกลายเป็นยากที่จะจัดให้มีพื้นที่ว่างที่เพียงพอ เพื่อจัดการเลนส์สำหรับการปรับแก้ไขความผิดปกติที่เพียงพอ

10 ค่าจำกัดล่างของอสมการ (6) อาจได้รับการตั้งค่าให้เท่ากับ 3.87, 4.36 หรือ 4.75 และค่าจำกัดบนของอสมการ (6) อาจได้รับการตั้งค่าให้เท่ากับ 8.23, 7.88 หรือ 7.30

อสมการ (7) กำหนดขอบเขตความสัมพันธ์ที่ถูกต้อง ระหว่างความยาวโฟกัสของหน่วยเลนส์ที่สอง L2 และความยาวโฟกัสของหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS ในกรณีที่ f_s/f_2 กลายเป็นสูงกว่าค่าจำกัดบนของอสมการ (7) กำลังของหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS จะได้รับการทำให้ลดลง และปริมาณการเคลื่อนที่ของหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS เพื่อการทำให้ภาพเสถียร และดังนั้น ขนาดของกลไกการทำให้ภาพเสถียรจะเพิ่มขึ้น นอกเหนือจากนั้น ในกรณีที่กำลังของหน่วยเลนส์ที่สอง L2 เพิ่มขึ้น นั้นกลายเป็นยากที่จะปรับแก้ไขอย่างน่าพอใจสำหรับความผิดปกติแบบบนแกน ดังเช่น ความผิดปกติแบบทรงกลม ในกรณีที่ f_s/f_2 กลายเป็นต่ำกว่าค่าจำกัดล่างของอสมการ (7) กำลังของหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS จะเพิ่มขึ้น นั้นกลายเป็นยากที่จะปรับแก้ไขความผิดปกติ ดังเช่น โคมาแบบการหลุดจากศูนย์กลางในระหว่างการทำให้ภาพเสถียร และสมรรถนะการทำให้ภาพเสถียรที่เพียงพอไม่สามารถได้รับการทำให้ได้มา นอกเหนือจากนั้น ในกรณีที่กำลังของหน่วยเลนส์ที่สอง L2 ได้รับการทำให้ลดลง ปริมาณการเคลื่อนที่ของหน่วยเลนส์ที่สอง L2 ในระหว่างการซูม และดังนั้น ขนาดของเลนส์ซูม L0 จะเพิ่มขึ้น

25 ค่าจำกัดล่างของอสมการ (7) อาจได้รับการตั้งค่าให้เท่ากับ 1.50 หรือ 2.00 และค่าจำกัดบนของอสมการ (7) อาจได้รับการตั้งค่าให้เท่ากับ 3.50, 2.96 หรือ 2.75

อสมการ (8) กำหนดขอบเขตความสัมพันธ์ที่ถูกต้อง ระหว่างความยาวโฟกัสของหน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 และหน่วยเลนส์ที่สอง L2 ในกรณีที่ $f_2/(-f_1)$ กลายเป็นสูงกว่าค่าจำกัดบนของอสมการ (8) กำลังของหน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 จะเพิ่มขึ้น และนั่นกลายเป็นยากที่จะปรับแก้ไขความผิดปกติทาง

หน้า 13 ของจำนวน 36 หน้า

ทัศนศาสตร์นอกแกน ดังเช่น ความโค้งของสนามซึ่งเกิดขึ้นในหน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 ในแผนภาพ มุมกว้าง นอกเหนือจากนั้น ในกรณีที่กำลังของหน่วยเลนส์ที่สอง L2 ได้รับการทำให้ลดลง นั้นกลายเป็นยากที่จะได้มา ซึ่งอัตราส่วนการซูมที่ถูกต้อง ในกรณีที่ $f2/(-f1)$ กลายเป็นต่ำกว่าค่า จำกัดล่างของอสมการ (8) กำลังของหน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 จะได้รับการทำให้ลดลง และเส้นผ่าน

5 ศูนย์กลางด้านนอกของหน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 จะเพิ่มขึ้นในแผนภาพมุมกว้าง นอกเหนือจากนั้น ในกรณีที่กำลังของหน่วยเลนส์ที่สอง L2 เพิ่มขึ้น นั้นกลายเป็นยาก ที่จะปรับแก้ไขความผิดปกติ แบบบนแกน ดังเช่น ความผิดปกติแบบทรงกลม

ค่าจำกัดล่างของอสมการ (8) อาจได้รับการตั้งค่าให้เท่ากับ 0.75, 0.85 หรือ 0.90 และค่าจำกัด บนของอสมการ (8) อาจได้รับการตั้งค่าให้เท่ากับ 1.90 หรือ 1.50

10 ลำดับต่อไป การจัดโครงสร้างโดยละเอียดของเลนส์ซูม L0 ตามตัวอย่าง 1 ถึง 6 จะได้รับการบรรยาย หลังจากตัวอย่าง 6 ตัวอย่างเชิงตัวเลข 1 ถึง 6 ที่สอดคล้องกับตัวอย่าง 1 ถึง 6 ตามลำดับ จะได้รับการแสดงให้เห็น

ตัวอย่าง 1

เลนส์ซูม L0 ตามตัวอย่าง 1 (ตัวอย่างเชิงตัวเลข 1) ที่แสดงให้เห็นในรูปที่ 1 รวมถึง

15 ตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงลบ หน่วยเลนส์ ที่สอง L2 ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงบวกที่รวมถึง ตัวปริศน์รับแสง SP หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงบวก หน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงลบ และหน่วยเลนส์ สุดท้าย Lk ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงบวก กลุ่มระดับกลาง LM รวมถึง หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 และหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N คือหน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1

20 ในระหว่างการซูม หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 และหน่วยเลนส์สุดท้าย Lk ได้รับการยึดตายตัว โดยสัมพันธ์กับระนาบภาพ IP ในระหว่างการซูมจากปลายด้านมุมกว้างถึงปลายเทเลโฟโต้ หน่วย เลนส์ที่สอง L2 หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 และหน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr ทั้งหมดจะเคลื่อนที่ อย่างสม่ำเสมอ และต่อเนื่องเข้าหาด้านวัตถุ ในระหว่างการโฟกัสจากอนันต์ ถึงระยะทางใกล้ หน่วย เลนส์ด้านหลัง Lr จะเคลื่อนที่เข้าหาด้านภาพ หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 ที่รวมถึง ชิ้นส่วน

25 เลนส์ซึ่งจัดวางอยู่ใกล้ที่สุด กับระนาบภาพจะทำหน้าที่โดยรวม เป็นหน่วยสำหรับการทำให้ภาพ เสถียร IS และเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับแกนเชิงแสง

หน้า 14 ของจำนวน 36 หน้า

หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 รวมถึงชิ้นส่วนเลนส์สี่ชิ้น ซึ่งรวมถึงตามลำดับจากด้านวัตถุถึง
 ด้านภาพ เลนส์นูนเว้าเชิงลบที่หนึ่ง ซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ เลนส์นูนเว้าเชิงลบที่สองซึ่ง นูนเข้าหา
 ด้านวัตถุ เลนส์กำลังลบเว้าสองด้าน และเลนส์นูนเว้าเชิงบวกซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ หน่วยเลนส์ที่สอง
 5 L2 รวมถึง ตัวปริศร์รับแสง SP และชิ้นส่วนเลนส์สามชิ้น อย่างจำเพาะเจาะจงมากกว่านั้น หน่วยเลนส์
 ที่สอง L2 รวมถึงตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ เลนส์กำลังบวกเว้าสองด้าน ที่มีพื้นผิวแอสเฟอ
 ริกบนทั้งสองด้าน ตัวปริศร์รับแสง SP เลนส์กำลังลบเว้าสองด้าน และเลนส์กำลังบวกเว้าสองด้าน

หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 รวมถึงตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ ชิ้นส่วน
 เลนส์ชิ้นเดียว ซึ่งเป็นเลนส์กำลังบวกที่ยึดด้วยซีเมนต์ที่ก่อรูป โดยการยึดด้วยซีเมนต์เข้าด้วยกันของ
 เลนส์นูนเว้าเชิงลบ ซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ และเลนส์นูนเว้าเชิงบวก ซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ หน่วยเลนส์
 10 ด้านหลัง Lr รวมถึง ชิ้นส่วนเลนส์สองชิ้น ซึ่งรวมถึง ตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ เลนส์นูนเว้า
 เชิงลบ ซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ และเลนส์นูนเว้าเชิงลบ ที่มีพื้นผิวแอสเฟอริกบนทั้งสองด้าน และนูนเข้า
 หาด้านภาพ หน่วยเลนส์สุดท้าย Lk รวมถึงชิ้นส่วนเลนส์ชิ้นเดียวซึ่งเป็นเลนส์นูนเว้าเชิงบวก ซึ่งนูน
 เข้าหาด้านภาพ

รูปที่ 2A, 2B และ 2C แสดงให้เห็นความผิดปกติตามยาว (ความผิดปกติแบบทรงกลม ภาวะ
 15 จากสายตาเอียง ความบิดเบี้ยว และความคลาดสี) ของเลนส์ซูม L0 ตามตัวอย่างเชิงตัวเลข 1 ที่ปลาย
 ด้านมุมกว้างในสถานะโฟกัสที่ระยะอนันต์ ในแผนภาพความผิดปกติแบบทรงกลม F_{no} จะระบุเลข
 F (F-number) เส้นทึบ จะระบุปริมาณความผิดปกติแบบทรงกลมสำหรับเส้น d (ความยาวคลื่น 587.6
 นาโนเมตร) และเส้นประยาว และเส้นสองเส้นสลับกัน จะระบุปริมาณความผิดปกติแบบทรงกลม
 สำหรับเส้น g (ความยาวคลื่น 435.8 นาโนเมตร) ในแผนภาพภาวะจากสายตาเอียง เส้นทึบ S จะระบุ
 20 ปริมาณภาวะจากสายตาเอียงบนระนาบภาพแบ่งซ้ายขวา และเส้นประ M จะระบุปริมาณภาวะจาก
 สายตาเอียงบนระนาบภาพเมอริเดียน แผนภาพความบิดเบี้ยวแสดงให้เห็นปริมาณความบิดเบี้ยว
 สำหรับเส้น d แผนภาพความคลาดสีแสดงให้เห็นปริมาณความคลาดสีตามขวางสำหรับเส้น g
 ω คือมุมครึ่งรับภาพ ($^{\circ}$) การบรรยายข้างต้นของแผนภาพความผิดปกติ สามารถประยุกต์ใช้ได้กับ
 25 แผนภาพความผิดปกติตัวอย่างเชิงตัวเลขอื่น ๆ

ตัวอย่าง 2

เลนส์ซูม L0 ตามตัวอย่าง 2 (ตัวอย่างเชิงตัวเลข 2) ที่แสดงให้เห็นในรูปที่ 3 รวมถึงตามลำดับ
 จากด้านวัตถุถึงด้านภาพ หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงลบ หน่วยเลนส์ที่สอง L2 ที่มี
 กำลังหักเหแสงเชิงบวกที่รวมถึง ตัวปริศร์รับแสง SP หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 ที่มีกำลัง

หน้า 15 ของจำนวน 36 หน้า

หักเหแสงเชิงบวก หน่วยเลนส์ด้านหลังที่หนึ่ง Lr1 ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงลบ หน่วยเลนส์ด้านหลังที่สอง Lr2 ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงลบ และหน่วยเลนส์สุดท้าย Lk ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงบวก กลุ่มระดับกลาง LM รวมถึง หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 และหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N คือหน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1

5 ในระหว่างการซูม หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 และหน่วยเลนส์สุดท้าย Lk ได้รับการยึดตายตัว โดยสัมพันธ์กับระนาบภาพ IP ในระหว่างการซูมจากปลายด้านมุมกว้างถึงปลายเทเลโฟโต้ หน่วยเลนส์ที่สอง L2 หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 หน่วยเลนส์ด้านหลังที่หนึ่ง Lr1 และหน่วยเลนส์ด้านหลังที่สอง Lr2 ทั้งหมดจะเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอ และต่อเนื่องเข้าหาด้านวัตถุ ในตัวอย่างนี้ หน่วยเลนส์ด้านหลัง ได้รับการแบ่งออกเป็นสองหน่วย นั่นคือ หน่วยเลนส์ด้านหลังที่หนึ่ง Lr1 และหน่วยเลนส์ด้านหลังที่สอง Lr2 และในระหว่างการโฟกัสจากอนันต์ถึงระยะทางใกล้ หน่วยเลนส์ด้านหลังที่หนึ่ง Lr1 และหน่วยเลนส์ด้านหลังที่สอง Lr2 จะเคลื่อนที่เข้าหาด้านภาพบนตำแหน่งแตกต่างกัน หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 ที่รวมถึง ชิ้นส่วนเลนส์ซึ่งจัดวางอยู่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพ จะทำหน้าที่โดยรวมเป็นหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS และเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับแกนเชิงแสง

15 หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 รวมถึง ชิ้นส่วนเลนส์สี่ชิ้น ซึ่งรวมถึงตามลำดับจาก ด้านวัตถุถึงด้านภาพ เลนส์นูนเว้าเชิงลบที่หนึ่งที่มีพื้นผิวแอสเฟอริกบนด้านภาพ และนูนเข้าหาด้านวัตถุ เลนส์นูนเว้าเชิงลบที่สองที่มีรูปร่างนูนเข้าหาด้านวัตถุ เลนส์กำลังลบเว้าสองด้าน และ เลนส์นูนเว้าเชิงบวกที่มีรูปร่างนูนเข้าหาด้านวัตถุ หน่วยเลนส์ที่สอง L2 รวมถึงตัวปริศารับแสง SP และชิ้นส่วนเลนส์สี่ชิ้น อย่างจำเพาะเจาะจงมากกว่านั้น หน่วยเลนส์ที่สอง L2 รวมถึงตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ เลนส์กำลังลบเว้าสองด้าน ที่มีพื้นผิวแอสเฟอริกบนทั้งสองด้าน เลนส์กำลังลบเว้าสองด้าน เลนส์กำลังลบเว้าสองด้าน ตัวปริศารับแสง SP และเลนส์นูนระนาบเชิงบวกที่มีพื้นผิวแอสเฟอริกบนด้านภาพ และนูนเข้าหาด้านภาพ

25 หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 รวมถึง ชิ้นส่วนเลนส์ชิ้นเดียวซึ่งเป็นเลนส์กำลังบวกที่ยึดด้วยซีเมนต์ที่ก่อรูป โดยการยึดด้วยซีเมนต์เข้ากับเลนส์นูนเว้าเชิงลบ ที่มีรูปร่างนูนเข้าหาด้านวัตถุ และเลนส์นูนเว้าเชิงบวกที่มีรูปร่างนูนเข้าหาด้านวัตถุ ซึ่งจัดการตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ หน่วยเลนส์ด้านหลังที่หนึ่ง Lr1 รวมถึง ชิ้นส่วนเลนส์ชิ้นเดียว ซึ่งเป็นเลนส์กำลังลบที่ยึดด้วยซีเมนต์ที่ก่อรูป โดยการยึดด้วยซีเมนต์เข้ากับเลนส์กำลังลบเว้าสองด้าน และเลนส์กำลังลบเว้าสองด้าน ซึ่งจัดการตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ หน่วยเลนส์ด้านหลังที่สอง Lr2 รวมถึง ชิ้นส่วนเลนส์

หน้า 16 ของจำนวน 36 หน้า

ขึ้นเดียว ซึ่งเป็นเลนส์นูนเว้าเชิงลบซึ่งนูนเข้าหาด้านภาพ หน่วยเลนส์สุดท้าย Lk รวมถึง ชั้นส่วนเลนส์
ขึ้นเดียวซึ่งเป็นเลนส์นูนเว้าเชิงบวก ซึ่งนูนเข้าหาด้านภาพ

รูปที่ 4A, 4B และ 4C แสดงให้เห็นความผิดปกติตามยาวของเลนส์ซูม L0 ตามตัวอย่าง
เชิงตัวเลข 2 ที่ปลายด้านมุมกว้าง ในสถานะโฟกัสที่ระยะอนันต์

5 ตัวอย่าง 3

เลนส์ซูม L0 ตามตัวอย่าง 3 (ตัวอย่างเชิงตัวเลข 3) ที่แสดงให้เห็นในรูปที่ 5 รวมถึงตามลำดับ
จากด้านวัตถุถึงด้านภาพ หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงลบ หน่วยเลนส์ที่สอง L2 ที่มี
กำลังหักเหแสงเชิงบวก ที่รวมถึง ตัวปัดรูรับแสง SP หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 ที่มีกำลังหัก
10 เหนแสงเชิงบวก หน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงลบ และหน่วยเลนส์สุดท้าย Lk ที่มี
กำลังหักเหแสงเชิงบวก กลุ่มระดับกลาง LM รวมถึง หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 และหน่วย
เลนส์ระดับกลางที่ N คือหน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1

ในระหว่างการซูม หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 และหน่วยเลนส์สุดท้าย Lk ได้รับการยึดตายตัวโดย
สัมพันธ์กับระนาบภาพ IP ในระหว่างการซูม จากปลายด้านมุมกว้างถึงปลายเทเลโฟโต้ หน่วยเลนส์
ที่สอง L2 หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 และหน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr ทั้งหมดจะเคลื่อนที่อย่าง
15 สม่าเสมอ และต่อเนื่องเข้าหาด้านวัตถุ ในระหว่างการโฟกัสจากอนันต์ถึงระยะทางใกล้ หน่วยเลนส์
ด้านหลัง Lr จะเคลื่อนที่เข้าหาด้านภาพ เลนส์ที่ยึดด้วยซีเมนต์ ซึ่งจัดวางอยู่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพ
ในหน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 จะเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับแกนเชิงแสง โดยเป็นหน่วย
สำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS

หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 รวมถึง ชั้นส่วนเลนส์สี่ชั้น ซึ่งรวมถึงตามลำดับจากด้านวัตถุถึง
20 ด้านภาพ เลนส์นูนเว้าเชิงลบที่หนึ่งซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ เลนส์นูนเว้าเชิงลบที่สองซึ่งนูนเข้าหา
ด้านวัตถุ เลนส์กำลังลบเว้าสองด้าน และเลนส์นูนเว้าเชิงบวกซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ หน่วยเลนส์ที่สอง
L2 รวมถึง ตัวปัดรูรับแสง SP และชั้นส่วนเลนส์สี่ชั้น อย่างจำเพาะเจาะจงมากกว่านั้น หน่วยเลนส์
ที่สอง L2 รวมถึง ตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ เลนส์กำลังบวกเว้าสองด้าน ที่มีพื้นผิว
แอสเฟอริกบนทั้งสองด้าน เลนส์นูนเว้าเชิงลบซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ ตัวปัดรูรับแสง SP เลนส์
25 กำลังลบเว้าสองด้าน และเลนส์กำลังบวกเว้าสองด้าน

หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 รวมถึง ชั้นส่วนเลนส์สองชั้นซึ่งรวมถึงรวมถึง
ตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ เลนส์กำลังบวกเว้าสองด้าน และเลนส์กำลังบวกที่ยึดด้วยซีเมนต์
ซึ่งประกอบด้วย เลนส์กำลังบวกเว้าสองด้าน และเลนส์กำลังลบเว้าสองด้าน ที่ยึดด้วยซีเมนต์

หน้า 17 ของจำนวน 36 หน้า

เข้าด้วยกัน หน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr รวมถึง ชั้นส่วนเลนส์สองชั้นซึ่งรวมถึงตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ เลนส์นูนเว้าเชิงลบซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ และเลนส์นูนเว้าเชิงลบซึ่งนูนเข้าหาด้านภาพที่มีพื้นผิวแอสเฟอริกบนทั้งสองด้าน หน่วยเลนส์สุดท้าย Lk รวมถึง ชั้นส่วนเลนส์หนึ่งชั้นซึ่งเป็นเลนส์กำลังบวกเว้าสองด้าน

- 5 รูปที่ 6A, 6B และ 6C แสดงให้เห็นความผิดปกติตามยาวของเลนส์ซูม L0 ตามตัวอย่างเชิงตัวเลข 3 ที่ปลายด้านมุมกว้างในสถานะโฟกัสที่ระยะอนันต์

ตัวอย่าง 4

- 10 เลนส์ซูม L0 ตามตัวอย่าง 4 (ตัวอย่างเชิงตัวเลข 4) ที่แสดงให้เห็นในรูปที่ 7 รวมถึงรวมถึงตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงลบ หน่วยเลนส์ที่สอง L2 ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงบวก ที่รวมถึง ตัวปริศรับแสง SP หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงบวก หน่วยเลนส์ระดับกลางที่สอง Lmp2 ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงบวก หน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงลบ และหน่วยเลนส์สุดท้าย Lk ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงบวก กลุ่มระดับกลาง LM รวมถึง หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 และหน่วยเลนส์ระดับกลางที่สอง Lmp2 และหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N คือหน่วยเลนส์ระดับกลางที่สอง Lmp2

- 15 ในระหว่างการซูม หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 และหน่วยเลนส์สุดท้าย Lk ได้รับการยึดตายตัวโดยสัมพันธ์กับระนาบภาพ IP ในระหว่างการซูมจากปลายด้านมุมกว้างถึงปลายเทเลโฟโต้ หน่วยเลนส์ที่สอง L2 หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 หน่วยเลนส์ระดับกลางที่สอง Lmp2 และหน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr ทั้งหมดจะเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอ และต่อเนื่องเข้าหาด้านวัตถุ ในระหว่างการโฟกัสจากอนันต์ถึงระยะทางใกล้ หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 จะเคลื่อนที่เข้าหาด้านวัตถุ หน่วยเลนส์ระดับกลางที่สอง Lmp2 ทั้งหมดที่รวมถึง ชั้นส่วนเลนส์ซึ่งจัดวางอยู่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพจะ
- 20 ทำหน้าที่โดยรวมเป็นหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS และเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับแกนเชิงแสง

- 25 หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 รวมถึง ชั้นส่วนเลนส์สี่ชั้น ซึ่งรวมถึงตามลำดับจาก ด้านวัตถุถึงด้านภาพ เลนส์นูนเว้าเชิงลบที่หนึ่งซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ เลนส์นูนเว้าเชิงลบที่สองซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ ที่มีพื้นผิวแอสเฟอริกบนด้านภาพ เลนส์กำลังลบเว้าสองด้าน และเลนส์นูนเว้าเชิงบวกซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ หน่วยเลนส์ที่สอง L2 รวมถึง ตัวปริศรับแสง SP และชั้นส่วนเลนส์สองชั้น อย่างจำเพาะเจาะจงมากกว่านั้น หน่วยเลนส์ที่สอง L2 รวมถึงตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ ชั้นส่วนเลนส์

หน้า 18 ของจำนวน 36 หน้า

เชิงบวกที่มุมสองด้าน ที่มีพื้นผิวแอสเฟอริกบนทั้งสองด้าน ชิ้นส่วนเลนส์นูนเว้าเชิงลบ ซึ่งนูนเข้าหา
ด้านวัตถุ และตัวปริศารับแสง SP

หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 รวมถึงชิ้นส่วนเลนส์ชิ้นเดียวซึ่งเป็นเลนส์กำลังบวกที่
ยึดด้วยซีเมนต์ที่ก่อรูปโดยการยึดด้วยซีเมนต์เข้ากับเลนส์นูนเว้าเชิงลบซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ และ
5 เลนส์กำลังบวกเว้าสองด้าน ซึ่งจัดการตามลำดับนี้จากด้านวัตถุถึงด้านภาพ หน่วยเลนส์ระดับกลาง
ที่สอง Lmp2 รวมถึงชิ้นส่วนเลนส์ชิ้นเดียวซึ่งเป็นเลนส์กำลังบวกที่ยึดด้วยซีเมนต์ที่ก่อรูปโดยการยึด
ด้วยซีเมนต์เข้ากับเลนส์นูนสองด้านเชิงบวกและเลนส์เว้าสองด้านเชิงลบ ซึ่งจัดการตามลำดับนี้จาก
ด้านวัตถุถึงด้านภาพ หน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr รวมถึงชิ้นส่วนเลนส์สองชิ้นซึ่งรวมถึงตามลำดับจาก
ด้านวัตถุถึงด้านภาพ เลนส์นูนเว้าเชิงลบซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุและเลนส์นูนเว้าเชิงลบซึ่งนูนเข้าหา
10 ด้านภาพที่มีพื้นผิวแอสเฟอริกบนทั้งสองด้าน หน่วยเลนส์สุดท้าย Lk รวมถึง ชิ้นส่วนเลนส์ชิ้นเดียว
ซึ่งเป็นเลนส์กำลังบวกเว้าสองด้าน

รูปที่ 8A, 8B และ 8C แสดงให้เห็นความผิดปกติตามยาวของเลนส์ซูม L0 ตามตัวอย่างเชิง
ตัวเลข 4 ที่ปลายด้านมุมกว้างในสถานะโฟกัสที่ระยะอนันต์

ตัวอย่าง 5

เลนส์ซูม L0 ตามตัวอย่าง 5 (ตัวอย่างเชิงตัวเลข 5) ที่แสดงให้เห็นในรูปที่ 9 รวมถึงตามลำดับ
จากด้านวัตถุถึงด้านภาพ หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงลบ หน่วยเลนส์ที่สอง L2 ที่มี
กำลังหักเหแสงเชิงบวกที่รวมถึงตัวปริศารับแสง SP หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 ที่มีกำลัง
หักเหแสงเชิงบวก หน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงลบ และหน่วยเลนส์สุดท้าย Lk ที่มี
กำลังหักเหแสงเชิงบวก กลุ่มระดับกลาง LM รวมถึงหน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 และหน่วย
20 เลนส์ระดับกลางที่ N คือหน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1

ในระหว่างการซูม หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 และหน่วยเลนส์สุดท้าย Lk ได้รับการยึดตายตัวโดย
สัมผัสกับระนาบภาพ IP ในระหว่างการซูมจากปลายด้านมุมกว้างถึงปลายเทเลโฟได้ หน่วยเลนส์
ที่สอง L2 หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 และหน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr ทั้งหมดจะเคลื่อนที่
อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องเข้าหาด้านวัตถุ ในระหว่างการโฟกัสจากอนันต์ถึงระยะทางใกล้ หน่วย
25 เลนส์ด้านหลัง Lr จะเคลื่อนที่เข้าหาด้านภาพ หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 ที่รวมถึงชิ้นส่วน
เลนส์ซึ่งจัดวางอยู่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพจะทำหน้าที่โดยรวมเป็นหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร
IS และเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับแกนเชิงแสง

หน้า 19 ของจำนวน 36 หน้า

หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 รวมถึงชิ้นส่วนเลนส์สี่ชิ้นซึ่งรวมถึง ตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ เลนส์นูนเว้าเชิงลบที่หนึ่งซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ เลนส์นูนเว้าเชิงลบที่สองซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ เลนส์กำลังลบเว้าสองด้าน และเลนส์นูนเว้าเชิงบวกซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ หน่วยเลนส์ที่สอง L2 รวมถึงตัว
 5 ปิคูรับแสง SP และชิ้นส่วนเลนส์สามชิ้น อย่างจำเพาะเจาะจงมากกว่านั้น หน่วยเลนส์ที่สอง L2 รวมถึงตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ เลนส์กำลังลบเว้าสองด้านที่มีพื้นผิวแอสเฟอริกบนทั้งสองด้าน เลนส์นูนเว้าเชิงลบซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ ตัวปิคูรับแสง SP และเลนส์กำลังลบเว้าสองด้านที่ยึดด้วยซีเมนต์ที่ก่อรูปโดยการยึดด้วยซีเมนต์เข้ากับเลนส์นูนเว้าเชิงลบซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุและเลนส์กำลัง
 10 บวกเว้าสองด้าน

หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 รวมถึงชิ้นส่วนเลนส์ชิ้นเดียวซึ่งเป็นเลนส์กำลังลบเว้าสองด้านที่ยึดด้วยซีเมนต์ที่ก่อรูปโดยการยึดด้วยซีเมนต์เข้ากับเลนส์กำลังลบเว้าสองด้านและเลนส์กำลังลบเว้าสอง
 10 ด้าน ซึ่งจัดการตามลำดับนี้จากด้านวัตถุถึงด้านภาพ หน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr รวมถึงชิ้นส่วนเลนส์สองชิ้นซึ่งรวมถึงตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ เลนส์นูนเว้าเชิงลบซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ และเลนส์นูนเว้าเชิงลบซึ่งนูนเข้าหาด้านภาพที่มีพื้นผิวแอสเฟอริกบนทั้งสองด้าน หน่วยเลนส์สุดท้าย Lk รวมถึงชิ้นส่วนเลนส์ชิ้นเดียวซึ่งเป็นเลนส์นูนเว้าเชิงบวกซึ่งนูนเข้าหาด้านภาพ

15 รูปที่ 10A, 10B และ 10C แสดงให้เห็นความผิดปกติตามยาวของเลนส์ซูม L0 ตามตัวอย่างเชิงตัวเลข 5 ที่ปลายด้านมุมกว้างในสถานะโฟกัสที่ระยะอนันต์

ตัวอย่าง 6

เลนส์ซูม L0 ตามตัวอย่าง 6 (ตัวอย่างเชิงตัวเลข 6) ที่แสดงให้เห็นในรูปที่ 11 รวมถึงตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงลบ หน่วยเลนส์ที่
 20 สอง L2 ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงบวกที่รวมถึงตัวปิคูรับแสง SP หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงบวก และหน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr ที่มีกำลังหักเหแสงเชิงลบ เลนส์ซูม L0 ตามตัวอย่างนี้ไม่มีหน่วยเลนส์สุดท้าย กลุ่มระดับกลาง LM รวมถึงหน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 และหน่วยเลนส์ระดับกลางที่ N คือหน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1

25 ในระหว่างการซูม หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 ได้รับการยึดตายตัวโดยสัมพันธ์กับระนาบภาพ IP ในระหว่างการซูมจากปลายด้านมุมกว้างถึงปลายเทเลโฟโต้ หน่วยเลนส์ที่สอง L2 หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 และหน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr ทั้งหมดจะเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอ และต่อเนื่องเข้าหาด้านวัตถุ ในระหว่างการโฟกัสจากอนันต์ถึงระยะทางใกล้ หน่วยเลนส์ด้านหลัง Lr จะเคลื่อนที่

หน้า 20 ของจำนวน 36 หน้า

เข้าหาด้านภาพ หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 ที่รวมถึงชิ้นส่วนเลนส์ซึ่งจัดวางอยู่ใกล้ที่สุดกับ
 5 ระบายภาพจะทำหน้าที่โดยรวม เป็นหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS และเคลื่อนที่ในทิศทาง
 ตั้งฉากกับแกนเชิงแสง

หน่วยเลนส์ที่หนึ่ง L1 รวมถึงชิ้นส่วนเลนส์สี่ชิ้นซึ่งรวมถึงตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ
 5 เลนส์นูนเว้าเชิงลบที่หนึ่ง ซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ เลนส์นูนเว้าเชิงลบที่สองซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ เลนส์
 กำลังลบเว้าสองด้าน และเลนส์นูนเว้าเชิงบวกซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ หน่วยเลนส์ที่สอง L2 รวมถึง
 ตัวปริศรับแสง SP และชิ้นส่วนเลนส์สามชิ้น หน่วยเลนส์ที่สอง L2 รวมถึงตามลำดับจากด้านวัตถุ
 ถึงด้านภาพ เลนส์กำลังบวกเว้าสองด้านที่มีพื้นผิวแอสเฟอริกบนทั้งสองด้าน ตัวปริศรับแสง SP
 10 เลนส์นูนเว้าเชิงลบซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ และเลนส์นูนเว้าเชิงบวกซึ่งนูนเข้าหาด้านภาพ

หน่วยเลนส์ระดับกลางที่หนึ่ง Lmp1 รวมถึงชิ้นส่วนเลนส์ชิ้นเดียวซึ่งเป็นเลนส์กำลังบวก
 ที่ยึดด้วยซีเมนต์ที่ก่อรูป โดยการยึดด้วยซีเมนต์เข้ากับเลนส์นูนเว้าเชิงลบซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุและ
 15 เลนส์นูนเว้าเชิงบวกซึ่งนูนเข้าหาด้านวัตถุ ซึ่งจัดการตามลำดับนี้จากด้านวัตถุถึงด้านภาพ หน่วยเลนส์
 ด้านหลัง Lr รวมถึงชิ้นส่วนเลนส์สองชิ้นซึ่งรวมถึงตามลำดับจากด้านวัตถุถึงด้านภาพ เลนส์นูนเว้า
 เชิงลบที่ยึดด้วยซีเมนต์ที่ก่อรูป โดยการยึดด้วยซีเมนต์เลนส์กำลังบวกเว้าสองด้านและเลนส์กำลังลบ
 15 เว้าสองด้าน และเลนส์นูนเว้าเชิงลบ ซึ่งเป็นเลนส์พลาสติกที่มีพื้นผิวแอสเฟอริกบนทั้งสองด้าน และ
 นูนเข้าหาด้านภาพ

รูปที่ 12A, 12B และ 12C แสดงให้เห็นความผิดปกติตามยาวของเลนส์ซูม L0 ตามตัวอย่าง
 20 เชิงตัวเลข 6 ที่ปลายด้านมุมกว้างในสถานะโฟกัสที่ระยะอนันต์

ตัวอย่างเชิงตัวเลข 1 ถึง 6 จะได้รับการแสดงให้เห็นตามมานี้ ในข้อมูลพื้นผิวสำหรับแต่ละ
 20 ตัวอย่างเชิงตัวเลข เลขพื้นผิว i จะระบุลำดับของพื้นผิวเชิงแสงที่นับจากด้านวัตถุ r แสดงแทนรัศมี
 ของความโค้งของพื้นผิวที่ i และ d (มม.) จะระบุระยะทางบนแกน (ระยะทางบนแกนเชิงแสง)
 ระหว่างพื้นผิวที่ i และที่ $(i+1)$ nd จะระบุดัชนีหักเหสำหรับเส้น d (587.6 นาโนเมตร) ของวัสดุ
 25 เชิงแสงระหว่างพื้นผิวที่ i และที่ $(i+1)$ และ v_d จะระบุเลขอาบเบ (Abbe number) ของวัสดุเชิงแสง
 บนพื้นฐานของเส้น d เลขอาบเบ V_d ที่มีพื้นฐานอยู่บนเส้น d ได้รับการแสดงดังที่ตามมานี้

$$25 \quad V_d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$$

ซึ่ง N_d , N_F และ N_C คือดัชนีหักเหสำหรับเส้น d เส้น F (486.1 นาโนเมตร) และเส้น C
 (656.3 นาโนเมตร) ตามลำดับ

หน้า 21 ของจำนวน 36 หน้า

ความยาวโฟกัส (มม.) เลข F และมุมครึ่งรับภาพ ($^{\circ}$) มีค่าในสถานะโฟกัสที่ระยะอนันต์ โฟกัสด้านหลัง BF คือระยะทางเทียบเท่าในอากาศบนแกนเชิงแสงจากพื้นผิวเลนส์ที่ใกล้ที่สุดกับระนาบภาพ (พื้นผิวสุดท้าย) ของเลนส์ซุ่มถึงระนาบภาพ ความยาวเชิงแสงโดยรวม คือระยะทางบนแกนเชิงแสงจากพื้นผิวเลนส์ที่ใกล้ที่สุด กับวัตถุถึงพื้นผิวสุดท้ายของเลนส์ซุ่มบวกกับโฟกัส

5 ด้านหลัง BF

ดอกจันทร์ * ถัดจากเลขพื้นผิวระบุว่า พื้นผิวเลนส์โค้งไม่เท่ากัน รูปร่างโค้งไม่เท่ากันได้รับการแสดงดังที่ตามมา

$$x=(h^2/R)/[1+\{1-(1+K)(h/R)^2\}^{1/2}]+A4 \times h^4+A6 \times h^6+A8 \times h^8+A10 \times h^{10}+A12 \times h^{12}$$

10 ซึ่ง x คือ ปริมาณการกระจัดจากจุดยอดของพื้นผิวในทิศทางตามแกนเชิงแสง h คือ ความสูงจากแกนเชิงแสงในทิศทางตั้งฉากกับแกนเชิงแสง R คือรัศมีใกล้แกน (paraxial radius) ของความโค้ง K คือ ค่าคงที่ภาคตัดกรวย และ A4, A6, A8, ... คือสัมประสิทธิ์แอสเฟอริกของแต่ละลำดับ "e±XX" ในค่าคงที่ภาคตัดกรวย และสัมประสิทธิ์แอสเฟอริกหมายถึง "×10^{±XX}"

ตัวอย่างเชิงตัวเลข 1

หน่วย : มม.

15 ข้อมูลพื้นผิว

หมายเลขพื้นผิว	r	d	nd	Vd
1	48.788	2.00	1.80400	46.5
2	21.860	5.64		
3	57.046	1.74	1.72916	54.7
20 4	23.770	7.35		
5	-54.146	1.36	1.49700	81.7
6	170.908	0.61		
7	44.960	3.16	1.90110	27.1
8	171.520	(ตัวแปร)		
25 9*	23.768	6.51	1.58313	59.4
10*	-38.363	4.07		
11 (SP)	∞	2.16		
12	-64.016	0.90	1.73800	32.3

หน้า 22 ของจำนวน 36 หน้า

	13	30.388	2.63		
	14	108.662	4.69	1.49700	81.7
	15	-20.020	(ตัวแปร)		
	16	26.181	1.05	1.72047	34.7
5	17	18.469	3.58	1.49700	81.7
	18	118.593	(ตัวแปร)		
	19	24.431	1.20	1.80400	46.5
	20	16.770	7.15		
	21*	-34.605	1.70	1.58313	59.4
10	22*	-990.655	(ตัวแปร)		
	23	-168.002	7.73	1.67300	38.1
	24	-33.001	13.50		

ระนาบภาพ ∞

ข้อมูลแอสเฟอริก

15 พื้นผิวที่ 9

$$K = 0.00000e+00 \quad A4 = -1.65323e-05 \quad A6 = -3.34095e-08 \quad A8 = 1.98795e-10$$

$$A10 = -3.25473e-12$$

พื้นผิวที่ 10

$$K = 0.00000e+00 \quad A4 = 1.36050e-05 \quad A6 = -3.75284e-08 \quad A8 = 2.12565e-10$$

20 A10 = -3.23024e-12

พื้นผิวที่ 21

$$K = 0.00000e+00 \quad A4 = -1.18164e-04 \quad A6 = 2.73264e-07 \quad A8 = -2.67312e-09$$

$$A10 = 8.38987e-12$$

พื้นผิวที่ 22

25 K = 0.00000e+00 A4 = -9.89605e-05 A6 = 3.76549e-07 A8 = -1.73256e-09

$$A10 = 4.12838e-12$$

หน้า 23 ของจำนวน 36 หน้า

ข้อมูลต่าง ๆ

	อัตราส่วนการรวม	2.35		
	กว้าง		กลาง	ไกล
	ความยาวโฟกัส	20.60	31.67	48.50
5	Fno	4.08	4.08	4.12
	มุมครึ่งรับภาพ (°)	41.81	32.43	23.57
	ความสูงของภาพ	18.43	20.12	21.16
	ความยาวโดยรวมเชิงแสง	114.20	114.20	114.20
	BF	13.50	13.50	13.50
10	d8	27.74	14.95	2.17
	d15	1.55	5.01	9.40
	d18	2.45	2.55	7.77
	d22	3.74	12.97	16.15

ข้อมูลหน่วยเลนส์

15	หน่วยเลนส์	พื้นผิวเริ่มต้น	ความยาวโฟกัส
	1	1	-28.76
	2	9	31.90
	3	16	85.78
	4	19	-31.75
20	5	23	59.65

ตัวอย่างเชิงตัวเลข 2

หน่วย : มม.

ข้อมูลพื้นผิว

	หมายเลขพื้นผิว	r	d	nd	Vd
25	1	51.999	1.50	1.76450	49.1
	2*	21.707	7.13		
	3	89.782	1.50	1.72916	54.7
	4	33.747	6.96		

หน้า 24 ของจำนวน 36 หน้า

	5	-46.940	1.00	1.43875	94.7
	6	481.579	0.15		
	7	48.882	3.08	1.90110	27.1
	8	172.633	(ตัวแปร)		
5	9*	25.608	6.60	1.58313	59.4
	10*	-45.641	1.90		
	11	743.905	3.43	1.59282	68.6
	12	-32.695	0.78		
	13	-33.591	0.90	1.67300	38.3
10	14	27.082	3.62		
	15 (SP)	∞	1.50		
	16	∞	4.76	1.49700	81.7
	17*	-22.237	(ตัวแปร)		
	18	39.639	0.90	1.85478	24.8
15	19	23.350	2.82	1.72916	54.7
	20	153.745	(ตัวแปร)		
	21	38.314	1.79	1.92286	20.9
	22	-299.310	0.90	1.87400	35.3
	23	18.641	(ตัวแปร)		
20	24	-19.345	1.00	1.85478	24.8
	25	-25.976	(ตัวแปร)		
	26	-339.660	8.22	1.59282	68.6
	27	-33.588	21.75		
	ระนาบภาพ	∞			

25 ข้อมูลแอสเฟอริก

พื้นผิวที่ 2

K = 0.00000e+00 A4 = 1.00150e-07 A6 = -7.95946e-10 A8 = -4.40810e-12

A10 = -4.57871e-15

พื้นผิวที่ 9

หน้า 25 ของจำนวน 36 หน้า

$K = 0.00000e+00$ $A4 = -8.41099e-06$ $A6 = -1.53412e-09$ $A8 = 1.04408e-10$

พื้นผิวที่ 10

$K = 0.00000e+00$ $A4 = 2.26558e-05$ $A6 = -1.07080e-08$ $A8 = 2.06328e-10$

$A10 = -1.62470e-13$

5 พื้นผิวที่ 17

$K = 0.00000e+00$ $A4 = -4.76412e-06$ $A6 = 2.31973e-09$ $A8 = -1.06887e-10$

ข้อมูลต่างๆ

อัตราส่วนการชุม

2.83

กว้าง

กลาง

ไกล

10	ความยาวโฟกัส	20.60		
	F_{no}	4.08	4.08	4.12
	มุมครึ่งรับภาพ (°)	41.80	30.66	19.84
	ความสูงของภาพ	18.42	20.16	21.00
	ความยาวโดยรวมเชิงแสง	130.00	130.00	130.00
15	BF	21.75	21.75	21.75
	d8	36.95	19.22	1.50
	d17	1.50	3.79	8.83
	d20	1.40	1.50	6.77
	d23	5.76	9.23	12.56
20	d25	2.19	14.05	18.14

ข้อมูลหน่วยเลนส์

หน่วยเลนส์

พื้นผิวเริ่มต้น

ความยาวโฟกัส

	1	1	-32.14
	2	9	33.97
25	3	18	85.67
	4	21	-47.52
	5	24	-95.28
	6	26	62.25

หน้า 26 ของจำนวน 36 หน้า

ตัวอย่างเชิงตัวเลข 3

หน่วย : มม.

ข้อมูลพื้นผิว

	หมายเลขพื้นผิว	r	d	nd	Vd
5	1	38.683	2.00	1.80400	46.5
	2	20.802	6.54		
	3	73.788	1.55	1.72916	54.7
	4	25.722	6.47		
	5	-62.919	1.32	1.49700	81.7
10	6	103.148	0.92		
	7	42.445	2.95	1.90110	27.1
	8	126.306	(ตัวแปร)		
	9*	22.231	6.18	1.58313	59.4
	10*	-45.825	1.29		
15	11	79.640	0.90	1.84666	23.8
	12	47.541	1.81		
	13 (SP)	∞	4.04		
	14	-28.316	0.90	1.61340	44.3
	15	28.571	0.57		
20	16	37.913	5.48	1.49700	81.7
	17	-19.922	(ตัวแปร)		
	18	90.838	1.34	1.59282	68.6
	19	-4278.940	1.00		
	20	35.624	3.49	1.49700	81.7
25	21	-35.409	0.90	1.51742	52.4
	22	292.259	(ตัวแปร)		
	23	24.507	0.90	1.51742	52.4
	24	15.568	7.77		
	25*	-29.839	1.85	1.58313	59.4

หน้า 27 ของจำนวน 36 หน้า

	26*	-999.757	(ตัวแปร)		
	27	365.125	8.79	1.59282	68.6
	28	-35.559	15.83		
	ระนาบภาพ	∞			
5	ข้อมูลแอสเฟอริก				
	พื้นผิวที่ 9				
	K = 0.00000e+00	A4 = -8.96326e-06	A6 = -8.23607e-09	A8 = 9.36610e-11	
	A10 = 9.97060e-13				
	พื้นผิวที่ 10				
10	K = 0.00000e+00	A4 = 1.59324e-05	A6 = -9.97104e-09	A8 = 1.64378e-10	
	A10 = 7.44975e-13				
	พื้นผิวที่ 25				
	K = 0.00000e+00	A4 = -8.00313e-05	A6 = 3.83989e-07	A8 = -1.68600e-09	
	A10 = -5.87468e-12	A12 = 4.26853e-15			
15	พื้นผิวที่ 26				
	K = 0.00000e+00	A4 = -6.80403e-05	A6 = 4.28544e-07	A8 = -2.28917e-09	
	A10 = 3.59189e-12				
	ข้อมูลต่าง ๆ				
	อัตราส่วนการซูม	2.35			
20		กว้าง	กลาง	ไกล	
	ความยาวโฟกัส	20.60	31.74	48.50	
	Fno	4.08	4.08	4.12	
	มุมครึ่งรับภาพ (°)	41.59	32.25	23.64	
	ความสูงของภาพ	18.28	20.03	21.23	
25	ความยาวโดยรวมเชิงแสง	119.00	119.00	119.00	
	BF	15.83	15.83	15.83	
	d8	28.85	14.93	1.00	
	d17	1.20	4.42	9.09	

หน้า 28 ของจำนวน 36 หน้า

d22	1.20	3.06	11.05
d26	2.96	11.81	13.07

ข้อมูลหน่วยเลนส์

	หน่วยเลนส์	พื้นผิวเริ่มต้น	ความยาวโฟกัส		
5	1	1	-28.94		
	2	9	36.66		
	3	18	54.76		
	4	23	-31.12		
	5	27	55.11		
10	ตัวอย่างเชิงตัวเลข 4				
	หน่วย : มม.				
	ข้อมูลพื้นผิว				
	หมายเลขพื้นผิว	r	d	nd	Vd
	1	57.022	1.80	1.69680	55.5
15	2	20.997	8.21		
	3	59.665	2.00	1.58313	59.4
	4*	20.341	8.28		
	5	-73.192	1.32	1.49700	81.7
	6	71.955	2.32		
20	7	63.529	3.14	1.85478	24.8
	8	1232.658	(ตัวแปร)		
	9*	17.150	5.55	1.58313	59.4
	10*	-114.655	1.84		
	11	30.561	0.90	1.95375	32.3
25	12	16.319	2.84		
	13 (SP)	∞	(ตัวแปร)		
	14	20.477	1.03	1.85025	30.1
	15	15.969	5.09	1.43875	94.7

หน้า 29 ของจำนวน 36 หน้า

	16	-39.822	(ตัวแปร)		
	17	33.337	2.50	1.80400	46.5
	18	-66.497	0.90	1.67300	38.3
	19	68.546	(ตัวแปร)		
5	20	42.517	0.80	1.77250	49.6
	21	17.124	5.72		
	22*	-63.079	1.50	1.76450	49.1
	23*	-790.654	(ตัวแปร)		
	24	9305.694	9.76	1.49700	81.5
10	25	-30.835	12.50		
	ระนาบภาพ	∞			

ข้อมูลแอสเฟอริก

พื้นผิวที่ 4

$$K = 0.00000e+00 \quad A4 = -1.29206e-05 \quad A6 = -3.33436e-08 \quad A8 = 4.08273e-11$$

$$15 \quad A10 = -2.59124e-13$$

พื้นผิวที่ 9

$$K = 0.00000e+00 \quad A4 = -1.87286e-05 \quad A6 = -7.74645e-08 \quad A8 = 3.20153e-10$$

$$A10 = -2.29951e-12$$

พื้นผิวที่ 10

$$20 \quad K = 0.00000e+00 \quad A4 = 9.75513e-06 \quad A6 = -6.27042e-08 \quad A8 = 5.60291e-10$$

$$A10 = -2.83944e-12$$

พื้นผิวที่ 22

$$K = 0.00000e+00 \quad A4 = -2.70692e-04 \quad A6 = 9.74607e-07 \quad A8 = -6.71740e-09$$

$$A10 = -9.42909e-12$$

25 พื้นผิวที่ 23

$$K = 0.00000e+00 \quad A4 = -2.31475e-04 \quad A6 = 1.38855e-06 \quad A8 = -8.90312e-09$$

$$A10 = 2.93218e-11$$

หน้า 30 ของจำนวน 36 หน้า

ข้อมูลต่าง ๆ				
อัตราส่วนการรวม				
	กว้าง	กลาง	ไกล	
	ความยาวโฟกัส	16.48	22.07	33.95
5	Fno	4.08	4.08	4.12
	มุมครึ่งรับภาพ (°)	48.69	41.99	32.09
	ความสูงของภาพ	18.75	19.87	21.28
	ความยาวโดยรวมเชิงแสง	118.00	118.00	118.00
	BF	12.50	12.50	12.50
10	d8	25.19	14.69	4.18
	d13	8.64	11.91	7.97
	d16	2.29	1.65	9.38
	d19	2.10	3.10	2.52
	d23	1.80	8.67	15.96
15	ข้อมูลหน่วยเลนส์			
	หน่วยเลนส์	พื้นผิวเริ่มต้น	ความยาวโฟกัส	
	1	1	-23.80	
	2	9	55.15	
20	3	14	37.77	
	4	17	59.99	
	5	20	-25.45	
	6	24	61.86	
	ตัวอย่างเชิงตัวเลข 5			
25	หน่วย : มม.			

หน้า 31 ของจำนวน 36 หน้า

ข้อมูลพื้นผิว					
	หมายเลขพื้นผิว	r	d	nd	Vd
	1	46.953	2.00	1.80400	46.5
	2	21.356	5.35		
5	3	42.819	1.25	1.61800	63.4
	4	22.934	7.93		
	5	-58.865	1.19	1.49700	81.7
	6	65.541	0.31		
	7	38.855	3.27	1.90110	27.1
10	8	104.133	(ตัวแปร)		
	9*	29.845	4.56	1.58313	59.4
	10*	-44.171	3.70		
	11	446.638	0.90	1.76182	26.5
	12	53.635	3.75		
15	13 (SP)	∞	3.91		
	14	800.000	0.85	1.61340	44.3
	15	25.168	6.12	1.49700	81.7
	16	-24.238	(ตัวแปร)		
	17	32.742	4.13	1.49700	81.7
20	18	-32.972	1.05	1.51742	52.4
	19	191.981	(ตัวแปร)		
	20	23.012	0.90	1.51633	64.1
	21	14.870	7.20		
	22*	-26.367	2.00	1.58313	59.4
25	23*	-300.000	(ตัวแปร)		
	24	-322.629	7.53	1.65160	58.5
	25	-34.000	13.50		
	ระนาบภาพ	∞			

หน้า 32 ของจำนวน 36 หน้า

ข้อมูลแอสเฟอริก

พื้นผิวที่ 9

$$K = 0.00000e+00 \quad A4 = -1.22200e-05 \quad A6 = -1.30528e-08 \quad A8 = 1.66705e-10$$

$$A10 = 1.61469e-14$$

5 พื้นผิวที่ 10

$$K = 0.00000e+00 \quad A4 = 9.41880e-06 \quad A6 = -1.21827e-08 \quad A8 = 1.93208e-10$$

พื้นผิวที่ 22

$$K = 0.00000e+00 \quad A4 = -6.57431e-05 \quad A6 = 1.62758e-07 \quad A8 = 1.15618e-09$$

$$A10 = -8.17630e-11 \quad A12 = 4.61761e-13$$

10 พื้นผิวที่ 23

$$K = 0.00000e+00 \quad A4 = -5.36868e-05 \quad A6 = 3.36296e-07 \quad A8 = -3.43301e-09$$

$$A10 = 1.01095e-11$$

ข้อมูลต่างๆ

อัตราส่วนการชุม 2.35

15		กว้าง	กลาง	ไกล
	ความยาวโฟกัส	20.60	31.77	48.50
	Fno	4.08	4.08	4.12
	มุมครึ่งรับภาพ (°)	41.54	32.30	23.66
	ความสูงของภาพ	18.25	20.09	21.25
20	ความยาวโดยรวมเชิงแสง	116.79	116.79	116.79
	BF	13.50	13.50	13.50
	d8	27.43	14.43	1.43
	d16	1.95	5.56	10.42
	d19	2.69	3.09	8.72
25	d23	3.33	12.32	14.83

ข้อมูลหน่วยเลนส์

หน่วยเลนส์ พื้นผิวเริ่มต้น ความยาวโฟกัส

หน้า 33 ของจำนวน 36 หน้า

	1	1	-28.28
	2	9	32.51
	3	17	83.12
	4	20	-29.98
5	5	24	57.73

ตัวอย่างเชิงตัวเลข 6

หน่วย : มม.

ข้อมูลพื้นผิว

	หมายเลขพื้นผิว	r	d	nd	Vd
10	1	33.149	1.50	1.95375	32.3
	2	20.747	6.16		
	3	37.514	2.20	1.91082	35.2
	4	20.517	7.76		
	5	-86.146	1.00	1.49700	81.7
15	6	44.315	1.58		
	7	34.512	3.58	1.85478	24.8
	8	164.815	(ตัวแปร)		
	9*	17.447	6.60	1.58313	59.4
	10*	-35.367	2.08		
20	11 (SP)	∞	1.50		
	12	46.292	0.90	1.85451	25.2
	13	16.328	2.07		
	14	-16.613	1.47	1.49700	81.7
	15	-12.326	(ตัวแปร)		
25	16	21.750	1.20	1.73800	32.3
	17	15.280	2.28	1.49700	81.7
	18	89.083	(ตัวแปร)		
	19	75.588	3.00	1.84666	23.9
	20	-54.732	0.90	1.95375	32.3

หน้า 34 ของจำนวน 36 หน้า

	21	47.079	5.67		
	22*	-40.258	2.50	1.53504	55.7
	23*	-90.102	(ตัวแปร)		
	ระนาบภาพ	∞			
5	ข้อมูลแอสเฟอริก				
	พื้นผิวที่ 9				
	K = 0.00000e+00	A4 = -4.03996e-05	A6 = -1.61494e-07	A8 = -1.09460e-09	
	A10 = -1.16939e-11				
	พื้นผิวที่ 10				
10	K = 0.00000e+00	A4 = 2.15083e-05	A6 = -1.76542e-07	A8 = -1.96137e-09	
	A10 = 3.48352e-12				
	พื้นผิวที่ 22				
	K = 0.00000e+00	A4 = -8.94279e-05	A6 = -8.41145e-07	A8 = 4.86754e-09	
	พื้นผิวที่ 23				
15	K = 0.00000e+00	A4 = -8.02127e-05	A6 = -3.42404e-07	A8 = 2.28946e-09	
	A10 = -6.59050e-13				
	ข้อมูลต่าง ๆ				
	อัตราส่วนการซูม	2.35			
		กว้าง	กลาง	ไกล	
20	ความยาวโฟกัส	20.60	31.82	48.50	
	Fno	3.61	4.69	5.83	
	มุมครึ่งรับภาพ (°)	42.64	32.68	23.77	
	ความสูงของภาพ	18.97	20.41	21.36	
	ความยาวโดยรวมเชิงแสง	99.74	99.74	99.74	
25	BF	14.49	25.65	29.35	
	d8	25.32	13.41	1.50	
	d15	1.50	5.23	8.27	
	d18	4.48	1.50	6.68	
	d23	14.49	25.65	29.35	

หน้า 35 ของจำนวน 36 หน้า

ข้อมูลหน่วยเลนส์

หน่วยเลนส์	พื้นผิวเริ่มต้น	ความยาวโฟกัส
1	1	-31.31
2	9	31.46
5	3	75.54
4	19	-55.82

ตารางที่ 1 แจกแจงค่าของอสมการ (1) ถึง (8) ในตัวอย่างเชิงตัวเลข 1 ถึง 6 เลนส์ซูมตามแต่ละตัวอย่างเชิงตัวเลข จะสอดคล้องตามอสมการ (1) ถึง (8) ทั้งหมด

		ex.1	ex.2	ex.3	ex.4	ex.5	ex.6
10	fw	20.60	20.60	20.60	16.48	20.60	20.60
	TTLw	114.20	130.00	119.00	118.00	116.79	99.74
	Bfw	13.50	21.75	15.83	12.50	13.50	14.49
	f1	-28.76	-32.14	-28.94	-23.80	-28.28	-31.31
	f2	31.90	33.97	36.66	55.15	32.51	31.46
15	fN	85.78	85.67	54.76	59.99	83.12	75.54
	fis	85.78	85.67	85.51	59.99	83.12	75.54
	β_{ist}	0.59	0.58	0.55	0.61	0.57	0.51
	β_{isrt}	1.81	2.08	1.72	2.14	1.81	1.60
20	M2	-25.57	-35.45	-27.85	-21.01	-26.00	-23.82
	MN	-17.72	-28.12	-19.96	-14.59	-17.53	-17.05
	(1) fis/(-f1)	2.98	2.67	2.95	2.52	2.94	2.41
	(2) Bfw/fw	0.66	1.06	0.77	0.76	0.66	0.70
	(3) fN/(-f1)	2.98	2.67	1.89	2.52	2.94	2.41
	(4) $(1 - \beta_{ist}) \times \beta_{isrt}$	0.75	0.88	0.77	0.84	0.77	0.78
25	(5) MN/M2	0.69	0.79	0.72	0.69	0.67	0.72
	(6) TTLw/fw	5.54	6.31	5.78	7.16	5.67	4.84
	(7) fis/f2	2.69	2.52	2.33	1.09	2.56	2.40
	(8) f2/(-f1)	1.11	1.06	1.27	2.32	1.15	1.00

หน้า 36 ของจำนวน 36 หน้า

เครื่องรับภาพ

รูปที่ 13 แสดงให้เห็นกล้องถ่ายภาพนิ่งดิจิทัล (เครื่องรับภาพ) ที่ใช้เลนส์ซูม L0 ตามตัวอย่าง 1 ถึง 6 ตัวอย่างใดตัวอย่างหนึ่ง เป็นระบบเชิงแสงสำหรับการถ่ายภาพของเครื่อง

ตัวเลขอ้างอิง 10 แทนตัวกล้อง และตัวเลขอ้างอิง 11 แทนระบบเชิงแสงสำหรับการถ่ายภาพ
 5 11 ที่ใช้เลนส์ซูม L0 ตามตัวอย่าง 1 ถึง 6 ตัวอย่างหนึ่ง ตัวเลขอ้างอิง 12 แทนตัวตรวจรู้ภาพ (ชิ้นส่วน สำหรับการแปลงทางโฟโตรีเอเล็คทริก) ดังเช่น ตัวตรวจรู้ชนิด CCD หรือตัวตรวจรู้ชนิด CMOS ที่สร้างไว้ในตัวกล้อง 10 และจัดโครงสร้างเพื่อแปลงทางโฟโตรีเอเล็คทริกภาพเชิงแสงที่ก่อรูปโดยระบบเชิงแสงสำหรับการถ่ายภาพ 11 (หรือเพื่อจับภาพวัตถุผ่านเลนส์ซูม) ตัวกล้อง 10 อาจเป็นกล้องสะท้อนภาพแบบเลนส์เดียวที่มีกระจกแบบหมุนเร็วหรือกล้องแบบไร้กระจกที่ปราศจากกระจกแบบหมุนเร็ว
 10 เลนส์ซูม L0 ตามแต่ละตัวอย่างที่นำออกใช้กับเครื่องรับภาพ ดังเช่น กล้องถ่ายภาพนิ่งดิจิทัล สามารถจัดเตรียมเครื่องรับภาพที่มีขนาดที่ลดลง

ระบบการถ่ายภาพ (ซึ่งก็คือ ระบบกล้องสำหรับการเฟิร์มแวร์) อาจรวมถึง เลนส์ซูม L0 ตามแต่ละตัวอย่าง และหน่วยควบคุมที่จัดโครงสร้างเพื่อควบคุมเลนส์ซูม ในกรณีนี้ หน่วยควบคุมควบคุมหน่วยเลนส์นั้น หน่วยเลนส์สำหรับการโฟกัสและหน่วยสำหรับการทำให้ภาพเสถียร IS จะ
 15 เคลื่อนที่ได้ในระหว่างการซูม การโฟกัส และการทำให้ภาพเสถียร หน่วยควบคุมอาจไม่รวมเป็นชิ้นเดียวกับเลนส์ซูม L0 และอาจแยกต่างหากจากเลนส์ซูม L0 เพื่อควบคุมเลนส์ซูม L0 จากระยะไกล

ในขณะที่ การเปิดเผยได้รับการบรรยายรูปลักษณะที่เป็นตัวอย่าง สิ่งที่น่าสนใจก็คือว่า การเปิดเผยไม่ได้รับการจำกัดไว้กับรูปลักษณะที่เป็นตัวอย่าง ขอบเขตของข้อถ้อยคำที่ตามมา
 20 นี้ได้รับการยินยอมให้แปลความหมายกว้างที่สุด เพื่อให้ครอบคลุมการดัดแปลงดังกล่าวทั้งหมด และโครงสร้าง และหน้าที่ที่เทียบเท่ากัน

แต่ละตัวอย่างตามการเปิดเผย สามารถจัดให้มีเลนส์ซูม ซึ่งมีขนาดที่ลดลง และสามารถขับหน่วยการเลื่อนอย่างน่าพึงพอใจ

วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

เหมือนกับที่ได้บรรยายไว้ใน การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์