



อนุสิทธิบัตร

อาศัยอำนาจตามความในพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522
ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญาออกอนุสิทธิบัตรฉบับนี้ให้แก่

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

สำหรับการประดิษฐ์ตามรายละเอียดการประดิษฐ์ ชื่อสิทธิ และรูปเขียน (ถ้ามี)
ดังปรากฏในอนุสิทธิบัตรนี้

เลขที่คำขอ 0303000372
วันขอรับอนุสิทธิบัตร 30 เมษายน 2546
ผู้ประดิษฐ์ นายศรศักดิ์ สัมฤทธิ์ขจร

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ อุปกรณ์ควบคุมลักษณะของกำลังของลำแสงแบบดิจิตอล

ให้ผู้ทรงสิทธิบัตรนี้มีสิทธิและหน้าที่ตามกฎหมายว่าด้วยสิทธิบัตรทุกประการ

ออกให้ 28 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2548
หมดอายุ 29 เดือน เมษายน พ.ศ. 2552



(ลงชื่อ)

Aling Kuy...
(นายคณิสสร นาวานเคราะห์)
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา
ผู้ออกอนุสิทธิบัตร

พนักงานเจ้าหน้าที่

- หมายเหตุ
1. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรต้องชำระค่าธรรมเนียมรายปีเริ่มตั้งแต่ปีที่ 5 ของอายุอนุสิทธิบัตร มิฉะนั้น อนุสิทธิบัตรจะสิ้นสุดอายุ
 2. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรจะขอชำระค่าธรรมเนียมรายปีล่วงหน้าโดยชำระทั้งหมดในคราวเดียวก็ได้
 3. ภายใน 90 วันก่อนวันสิ้นอายุอนุสิทธิบัตร ผู้ทรงสิทธิบัตรมีสิทธิขอต่ออายุอนุสิทธิบัตรได้ 2 ครั้ง
มีกำหนดคราวละ 2 ปี โดยยื่นคำขอต่ออายุต่อพนักงานเจ้าหน้าที่
 4. การอนุญาตให้ใช้สิทธิตามอนุสิทธิบัตรและการโอนอนุสิทธิบัตรต้องทำเป็นหนังสือและจดทะเบียนต่อพนักงานเจ้าหน้าที่

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

อุปกรณ์ควบคุมลักษณะของกำลังของลำแสงแบบดิจิทัล

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

- 5 เป็นการประดิษฐ์ที่เกี่ยวกับวิศวกรรมไฟฟ้าที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ควบคุมลักษณะของกำลังของลำแสง โดยประยุกต์ใช้อาร์เรย์ของกระจกที่เคลื่อนที่ได้ขนาดเล็กที่ทำงานแบบสองสถานะ และ สัญญาณควบคุมดิจิทัลชนิดที่ปรับคาบของสัญญาณ

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

- ตั้งแต่เริ่มมีการประดิษฐ์เลเซอร์ขึ้นมาได้มีการคิดค้นหาวิธีการเปลี่ยนหน้าคลื่น และ
10 ลักษณะของกำลังของลำแสงเลเซอร์ เพื่อให้จะได้หน้าคลื่น หรือลักษณะของกำลังของแสงที่
 เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านดาราศาสตร์ การผ่าตัดด้วยลำ
 แสงเลเซอร์ ระบบภาพเชิงแสง ระบบตรวจวัดเชิงแสง การควบคุมคุณสมบัติของวัสดุ ระบบการสื่อ
 สารด้วยแสง การใช้เลเซอร์มาควบคุมอะตอม และ การประมวลผลข้อมูลความเร็วสูงเชิงแสง วิธี
 การควบคุมลักษณะของหน้าคลื่น และ ลักษณะของกำลังของลำแสง สามารถแบ่งออกได้เป็นสอง
15 วิธีการ คือ แบบที่ควบคุมไม่ได้ และ แบบที่ควบคุมได้ การเปลี่ยนลักษณะของหน้าคลื่น หรือ รูป
 ร่างของกำลังของแสง แบบควบคุมไม่ได้สามารถทำได้โดย ใช้เกรตติงคู่ (E. B. Treacy, "Optical
 pulse compression with diffraction gratings," *IEEE Journal of Quantum Electronics*, Vol. QE-5,
 No. 9, pp. 454-458, Sept. 1969.) ใช้เลนส์ที่มีการดูดซับแสง (Absorption lens) (C. S. Ih,
 "Absorption lens for producing uniform laser beams," *Applied Optics*, Vol. 11, No. 3, pp. 694-
20 695, March 1972.) ใช้เลนส์แอสเฟอริก (Aspherical lens) (P. W. Rhodes and D. L. Shealy,
 "Refractive optical systems for irradiance redistribution of collimated radiation: their design and
 analysis," *Applied Optics*, Vol. 19, No. 20, pp. 3545-3553, October 1986.) ใช้เส้นใยแก้วนำแสงที่
 จัดปลายให้เหมาะสม (Modified optical fiber tip) (V. Russo, G. Righini, S. Sottini, and S. Trigari,
 "Optical fibers for medical applications: output beam shaping," *Proc. SPIE*, Vol. 52, pp. 166-173,
25 1985.) และ ใช้อุปกรณ์ที่ทำให้แสงเลี้ยวเบนที่ได้จากการคำนวณขั้นสูง (Computer-generated
 diffractive optical element) (T. Dresel, M. Geyerlein, and J. Schwider, "Design and fabrication of
 computer-generated beam-shaping holograms," *Applied Optics*, Vol. 35, No. 23, pp. 4615-4621,
 August 1996.) วิธีการควบคุมแบบปรับเปลี่ยนไม่ได้เหล่านี้ใช้ได้กับการประยุกต์เฉพาะอย่าง และ
 เหมาะกับกรณีที่หน้าคลื่น รวมไปถึงรูปร่างของกำลังของลำแสงที่มีความแปรปรวนน้อย

- 30 วิธีการควบคุมหน้าคลื่น และ ลักษณะของกำลังของลำแสงที่ปรับเปลี่ยนได้สามารถทำได้
 โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมแสงด้วยเสียง (Acousto-optic device) (Y. Ohtsuka and A. Tanone,

“Acousto-optic intensity modification of a Gaussian laser beam,” *Optics Communications*, Vol. 39, pp. 70-74, September 1981.) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ต้องการกำลังไฟฟ้าในการทำงานสูง อีกเทคนิคหนึ่งที่แก้ไขปัญหานี้ได้คือการใช้อุปกรณ์ลิควิดคริสตอลชนิดโมเลกุลเรียงตัวขนานกัน (Parallel-rub liquid crystal device) (N. A. Riza and S. Yuan, “Demonstration of a liquid-crystal adaptive alignment tweaker for high-speed infrared band fiber-fed free-space systems,” *Optical Engineering*, Vol. 37, pp. 1876-1880, June 1998.) อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการใช้อุปกรณ์ลิควิดคริสตอลต้องการกำลังไฟฟ้าในการทำงานต่ำกว่า แต่ค่าแสงที่ตกกระทบลงบนอุปกรณ์ชนิดนี้จะต้องมีลักษณะของโพลาริเซชันของแสงแบบเชิงเส้น เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด นอกจากนี้แล้วคุณสมบัติของสารลิควิดคริสตอลยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแวดล้อม และความยาวคลื่นแสงตกกระทบด้วย ดังนั้นจึงเหมาะกับการทำงานที่มีอุณหภูมิแวดล้อมคงที่ และ เหมาะสมกับลำแสงที่มีความยาวคลื่นแสงอยู่ในช่วงสั้นๆ

เป็นที่รู้กันอยู่แล้วว่ากระจก ซึ่งเป็นอุปกรณ์พื้นฐานชนิดหนึ่งในระบบแสง สามารถนำมาใช้สร้างเป็นระบบควบคุมลำแสงได้ นอกจากนี้แล้วคุณสมบัติเด่นของกระจกก็คือ กระจกสามารถใช้งานได้กับลักษณะโพลาริเซชันของแสงแบบใดก็ได้ และ มีค่ากำลังของการสะท้อนของแสงสูงในช่วงของความยาวคลื่นแสงที่กว้าง ซึ่งในอดีตได้มีการนำกระจกมาใช้ในการควบคุมหน้าคลื่นและ ลักษณะของกำลังของลำแสง โดยสร้างเป็นตัวสะท้อนที่มีลักษณะเฉพาะที่เหมาะสม (Reflecting facet) (N. Bokor and N. Davidson, “Beam shaping with diffuse light by use of a single reflection,” *Applied Optics*, Vol. 40, No. 13, pp. 2132-2137, May 2001.; F. J. Villareal, H. J. Baker, R. H. Abram, D. R. Jones, and D. R. Hall, “Beam reformatting of one- and two-dimensional arrays of CO₂ waveguide lasers,” *Journal of Quantum Electronics*, Vol. 35, No. 3, pp. 267-272, March 1999.) และ สร้างเป็นอุปกรณ์ปิด-เปิดให้ลำแสงเคลื่อนที่ผ่านแบบหมุนได้ (Rotating optical shutter) (Y. C. Bonetti and J. Gobrecht, “Rotating shutters: a mechanical way of flattening Gaussian beam profiles in time average,” *Applied Optics*, Vol. 39, No. 31, pp. 5806-5810, November 2000.) อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวนี้เป็นวิธีการแบบควบคุมไม่ได้ และการสร้างอุปกรณ์ดังกล่าวก็มีค่าใช้จ่ายสูงเนื่องจากต้องสร้างขึ้นทีละชิ้น วิธีการที่จะสร้างอุปกรณ์ทางแสงได้จำนวนมากๆ ในหนึ่งครั้งของกระบวนการผลิตคือ การใช้เทคโนโลยีระบบเครื่องกลไฟฟ้าจุลภาค (Microelectromechanical system technology) ซึ่งมีกระบวนการคล้ายคลึงการผลิตแผงวงจรรวมไอซี ในปัจจุบันได้มีการนำอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยกระจกขนาดเล็กระดับไมโครเมตรจำนวนหลายๆชิ้น ซึ่งแต่ละชิ้นสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวที่ตั้งฉากกับระนาบของกระจก (Piston-type motion micromirror) มาควบคุมลักษณะของหน้าคลื่นของลำแสง (G.- Y. Yoon, T. Jitsuno, M. Nakatsuka, and Y. Kato, “Focused beam shaping by fully continuous wave-front control using a deformable

mirror,” *CLEO '97*, pp. 505-506, 1997.) อย่างไรก็ตามการเคลื่อนที่ของกระจกในแนวขึ้นลงนี้เป็นแบบอนาลอก ทำให้ต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถปรับเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าได้ละเอียดมากๆ ส่งผลให้ชุดควบคุมมีราคาสูง วิธีการที่จะลดต้นทุนของชุดควบคุมสามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์แบบดิจิทัล และ ใช้กระจกที่มีการเคลื่อนที่เพียง

5 สองตำแหน่งเท่านั้น ซึ่งจะช่วยให้การควบคุมทำได้ง่ายขึ้นด้วย หลักการควบคุมแบบดิจิทัลที่ใช้กระจกที่มีการเคลื่อนที่แบบดิจิทัลได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างอุปกรณ์เพิ่ม-ลดจำนวนสัญญาณแสงในระบบ (Optical add/drop filter) (N. A. Riza and S. Sumriddetchkajorn, “Fault tolerant dense multiwavelength add-drop filter with a two dimensional digital micromirror device,” *Applied Optics*, Vol. 37, No. 27, pp. 6355-6361, September, 1998.) อุปกรณ์สวิตซ์เชิง

10 แสงชนิด 2x2 (N. A. Riza and S. Sumriddetchkajorn, “Small tilt micromirror-based multiwavelength three-dimensional 2×2 fiber-optic switch structures,” *Optical Engineering*, Vol. 39, No. 2, pp. 379-386, February 2000.; N. A. Riza and S. Sumriddetchkajorn, “Versatile multi-wavelength fiber-optic switch and attenuator structures using mirror manipulations,” *Optics Communications*, Vol. 169, pp. 233-244, Oct. 1999.) อุปกรณ์ควบคุมความเข้มแสง (N. A. Riza and S. Sumriddetchkajorn, “Digitally controlled fault-tolerant multiwavelength programmable

15 fiber-optic attenuator using a two dimensional digital micromirror device,” *Optics Letters*, Vol. 24, No. 5, pp. 282-284, March 1, 1999.; S. Sumriddetchkajorn and N. A. Riza, “Fault-tolerant three-port fiber-optic attenuator using a small tilt micromirror device,” *Optics Communications*, Vol. 205, pp. 77-86, April 2002. ; C. A. Mentzer, M. C. Cates, and H. B. Morris, “Digitally controlled fiber optic light modulation system,” *US Patent*, 5930027, July 27, 1999.) อุปกรณ์ควบคุมเวลาหน่วงสัมพัทธ์เชิงแสง (N. A. Riza and S. Sumriddetchkajorn, “Fault tolerant polarization-insensitive photonic delay line architectures using two dimensional digital micromirror devices,”

20 *Optics Communications*, Vol. 160, pp. 311-320, 15 Feb. 1999.) อุปกรณ์วัดขนาดของลำแสง (S. Sumriddetchkajorn and N. A. Riza, “Micro-electro-mechanical system-based digitally controlled optical beam profiler,” *Applied Optics*, Vol. 41, No. 18, pp. 3506-3510, June 2002.) และ ระบบควบคุมลำแสงจากเส้นใยแก้วนำแสง (N. A. Riza, “Fault-tolerant fiber-optical beam control modules,” *US Patent*, 6222954, Apr. 24, 2001; S. Sumriddetchkajorn, “Fiber-optic beam control systems using microelectromechanical systems,” *Ph.D. Dissertation*, (University of Central Florida, Orlando, Florida, 2000) in *University Microfilms*, Ann Arbor, MI.) ซึ่งในระบบดังกล่าว

30 ข้างต้นนี้มีการใช้กระจกขนาดเล็กระดับไมโครเมตรที่สามารถปรับมุมเอียงของกระจก (ดูรูปที่ 5 ประกอบ) กระจกขนาดเล็กที่สามารถเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับระนาบของกระจก และกระจก

คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

รูปที่ 1 ระบบควบคุมลักษณะของกำลังของลำแสงที่ใช้กระจกขนาดเล็กที่ปรับมุมเอียงได้สองสถานะตามการประดิษฐ์นี้

รูปที่ 2 ตัวอย่างของกำลังของลำแสงที่ได้จากการควบคุมด้วยสัญญาณดิจิทัล 8 บิต

5 รูปที่ 3(ก) ตัวอย่างของลักษณะของกำลังของลำแสงเมื่อไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง

รูปที่ 3(ข) ตัวอย่างของลักษณะของกำลังของลำแสงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง

รูปที่ 4 ระบบควบคุมลักษณะของกำลังของลำแสงสำหรับ N ลำแสง ที่ใช้กระจกขนาดเล็กที่ปรับมุมเอียงได้สองสถานะตามการประดิษฐ์นี้

10 รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างของกระจกขนาดเล็กกระจกขนาดเล็กระดับไมโครเมตรที่สามารถปรับมุมเอียงของกระจกได้สองสถานะ

รูปที่ 6 แสดงลักษณะการสะท้อนลำแสงของกระจกขนาดเล็กที่สามารถปรับมุมเอียงได้ที่ตำแหน่ง “ON” และ “OFF”

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

15 การบรรยายถึงการประดิษฐ์ นี้จะทำการยกตัวอย่างการประดิษฐ์ และอ้างอิงถึงโดยใช้รูปเขียนเพื่อเป็นตัวอย่างและช่วยให้บรรยายได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และขึ้นส่วนที่เหมือนกันในรูปเขียนเหล่านี้จะแทนด้วยหมายเลขอ้างอิงเดียวกัน ทั้งนี้ โดยมีได้เป็นการจำกัดแต่อย่างใด และขอบเขตของการประดิษฐ์จะเป็นไปตามข้อถือสิทธิที่แนบท้าย

เพื่อให้ได้อุปกรณ์ควบคุมลักษณะของกำลังของลำแสงแบบดิจิทัล การประดิษฐ์นี้จะผสมผสานการทำงานของกระจกขนาดเล็ก ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้สองตำแหน่ง โดยขึ้นอยู่กับสัญญาณดิจิทัลที่ใช้ในการควบคุม เข้ากับสัญญาณการควบคุมแบบคลื่นสี่เหลี่ยมที่ปรับเปลี่ยนคาบของสัญญาณได้ (Pulse width modulated signal) ซึ่งในปัจจุบันได้ใช้อย่างแพร่หลายในระบบเครื่องฉายภาพในห้องประชุม (Digital image projector) (P. F. Van Kessel, L. J. Hornbeck, R. E. Meier, and M. R. Douglass, “A MEMS-based projection display,” *Proceedings of the IEEE*, Vol. 86, No. 8, pp. 1687-1704, August 1998.; D. Doherty and G. Hewlett, “Pulse width modulation control in DLP™ projectors,” *TI Technical Journal*, pp. 115-121, July-September 1998.)

รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างของกระจกขนาดเล็กกระจกขนาดเล็กระดับไมโครเมตรที่สามารถปรับมุมเอียงของกระจกได้สองสถานะ (Micro-mirror) ซึ่งใช้ในการประดิษฐ์นี้

ตามรูปที่ 5 กระจกขนาดเล็ก 50 มีขนาดอยู่ในระดับไมโครเมตรอยู่บนชั้นสเตรต 62 กระจกสามารถหมุนเปลี่ยนตำแหน่งได้โดยหมุนบนแกนหมุน 56 กระจก 50 จะถูกแขวนอยู่เหนือช่องว่าง 52 ของโครงสร้าง 54 เมื่อใส่สัญญาณไฟฟ้า “0” หรือ “1” ผ่านขั้วอิเล็กโทรดแอดเดรส 58 (Address Electrode) จะทำให้กระจก 50 หมุนเปลี่ยนตำแหน่งโดยจะเอียงทำมุม $- \theta$ หรือ $+ \theta$ ตามสัญญาณ

ไฟฟ้า “0” หรือ “1” ซึ่งจะทำให้แสงสะท้อนทำมุม -2θ และ $+2\theta$ ตามลำดับ (ดูรูปที่ 6 ประกอบ) โดยในปัจจุบันบริษัท Texas Instruments ได้ผลิตอุปกรณ์ DMD หลายขนาดที่ประกอบด้วยแถวของกระจกสี่เหลี่ยมขนาดเล็กจำนวนมากอาจมากถึง 2.3 ล้านชิ้นอยู่บนชิปไอซีที่มีขนาด 32 มม. x 22 มม. เช่น 2048 x 1152 เป็นต้น และมีอัตราส่วนความคมชัด (Contrast Ratio) มากกว่า 100:1 โดย

5 กระจกแต่ละชิ้นจะมีขนาด 16 ไมโครเมตร x 16 ไมโครเมตร และมีระยะห่างระหว่างแผ่นกระจกเท่ากับ 1 ไมโครเมตร ดังนั้นกระจกจะมีระยะระหว่างจุดกึ่งกลางของกระจกแผ่นหนึ่งถึงจุดกึ่งกลางของกระจกอีกแผ่นหนึ่งเท่ากับ 17 ไมโครเมตร กระจกแต่ละชิ้นสามารถหมุนได้อย่างอิสระต่อกัน

รูปที่ 1 แสดงระบบควบคุมลักษณะของกำลังของลำแสงที่ใช้อุปกรณ์ที่ประกอบด้วยแถวของกระจกขนาดเล็ก (Micromirror array) 2 ที่ปรับมุมเอียงได้สองสถานะ แถวของกระจกขนาดเล็ก 2

10 ประกอบด้วยกระจกสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก 3, 4 จำนวนมากซึ่งจะถูกควบคุมให้สลับไปมาได้ให้อยู่ในตำแหน่งที่หนึ่งหรือสองด้วยสัญญาณไฟฟ้าแบบดิจิทัล “1” และ “0” ซึ่งจะทำให้กระจกเอียงทำมุม $+\theta$ และ $-\theta$ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับแนวระนาบของกระจก 2 ตามรูปที่ 1 ได้แสดงกระจกสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก 3 อยู่ในตำแหน่งที่หนึ่งซึ่งกระจกจะเอียงทำมุม $+\theta$ และกระจกสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก 4 อยู่ในตำแหน่งที่สองซึ่งกระจกจะเอียงทำมุม $-\theta$ วิธีทางควบคุม 12 จะทำหน้าที่ควบคุม

15 ตำแหน่งของกระจกขนาดเล็กแต่ละชิ้นของแถวของกระจกดังกล่าว โดยวิธีทางควบคุม 12 จะส่งสัญญาณควบคุมดิจิทัลเพื่อไปควบคุมแถวกระจกขนาดเล็กแต่ละชิ้นดังกล่าวให้อยู่ตำแหน่งที่หนึ่งหรือ สอง อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยกระจกขนาดเล็กแต่ละชิ้นจะเป็นอิสระต่อกัน

ในระบบนี้ลำแสงตกกระทบบน 1 เคลื่อนที่เข้าสู่ระบบทางพอร์ตขาเข้า 8 โดยมีลักษณะของกำลังของลำแสงลักษณะหนึ่ง ลำแสง 1 นี้จะตกกระทบบนอุปกรณ์ที่มีกระจกขนาดเล็ก 2 ที่ปรับ

20 มุมเอียงได้สองสถานะ โดยที่เมื่อกระจกสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก 3 เอียงทำมุม $+\theta$ ด้วยสัญญาณดิจิทัล “1” จะทำให้ลำแสงในส่วนนั้นสะท้อนทำมุม $+2\theta$ เคลื่อนที่ผ่านไปยังเลนส์ 5 ตัวกรองแสงเชิงตำแหน่ง 7 และ เลนส์ 6 จากนั้นลำแสงส่วนนี้จะเคลื่อนที่ไปยังพอร์ตขาออก 9 ในทางตรงกันข้ามเมื่อกระจกขนาดเล็ก 4 เอียงทำมุม $-\theta$ ด้วยสัญญาณดิจิทัล “0” จะทำให้ลำแสงในส่วนนั้นสะท้อนทำมุม -2θ เคลื่อนที่ไปยังตัวดูดซับแสง 10 ณ ตำแหน่งของตัวดูดซับแสง 10 นี้เรายัง

25 สามารถแทนที่ด้วยตัวตรวจวัดแสง (photo sensor) เพื่อใช้ในระบบการควบคุมแบบปิด ซึ่งจะช่วยให้ได้ลักษณะของรูปร่างของกำลังของลำแสงตามที่ต้องการได้ง่าย และ แม่นยำมากขึ้น นอกจากนี้แล้วเรายังสามารถเพิ่มชุดส่งภาพ ซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังเช่นเลนส์ 5, 6 และ ตัวกรองแสงเชิงตำแหน่ง 7 ในแนวของลำแสงที่เคลื่อนที่ไปยังตัวดูดซับแสง 10 ได้เช่นกัน ตัวกรองแสงเชิงตำแหน่ง 7 จะทำหน้าที่ในการกำจัดสัญญาณแสงรบกวนไม่ให้เคลื่อนที่ไปที่พอร์ตขาออก 9 ส่วน

30 เลนส์ 5 และ เลนส์ 6 จะทำหน้าที่เป็นระบบการส่งภาพ (Imaging optical system) จากระนาบของ

อุปกรณ์ที่ประกอบด้วยกระจกขนาดเล็กที่สามารถปรับมุมเอียงได้ 2 ไปยังระนาบของพอร์ตขาออก 9 และ ช่วยปรับขนาดของลำแสงที่พอร์ตขาออก 9 ให้เหมาะสมด้วย

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการทำงานของกระจกขนาดเล็กแบบดิจิทัลนี้ทำให้เราสามารถบังคับให้ ลำแสงบริเวณที่ต้องการหายไปได้อย่างไรก็ตามเพื่อให้เราสามารถควบคุมกำลังของลำแสงแบบ 5 อนุภาคด้วยสัญญาณดิจิทัลได้นั้น เราจะประยุกต์ใช้สัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมที่คาบของสัญญาณขึ้น อยู่กับตำแหน่งของบิตของสัญญาณดิจิทัลในการควบคุมการเคลื่อนไหวของกระจก โดยที่คาบของ สัญญาณจะบ่งบอกว่ากระจกชิ้นนั้นจะอยู่ที่ตำแหน่งที่สอดคล้องกับสัญญาณนั้นได้นานเท่าไร ส่งผลให้กำลังของลำแสงที่บริเวณนั้นสามารถควบคุมได้ด้วยสัญญาณดิจิทัล ยกตัวอย่างเช่น ถ้า 10 สัญญาณควบคุมดิจิทัลแบบ 8 บิต มีลักษณะของสัญญาณเป็น “00000001” จะทำให้กระจกใช้เวลา อยู่ที่ตำแหน่ง $+ \theta$ น้อยกว่ากระจกที่ควบคุมด้วยสัญญาณ “10000000” การควบคุมการเคลื่อนไหว ของกระจกด้วยสัญญาณดังกล่าวนี้จะทำให้เราสามารถปรับเปลี่ยนค่ากำลังของลำแสงในบริเวณที่ ต้องการแบบอนุภาคได้ง่าย

รูปที่ 2 แสดงค่าของกำลังของลำแสงที่วัดได้สำหรับสัญญาณควบคุมดิจิทัล 8 บิต หรือ 256 ค่า (2^8) ที่ใช้กระจกขนาดเล็กระดับไมโครเมตร (Digital Micromirror Device) ของบริษัท 15 Texas Instruments จำกัด ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่าสัญญาณควบคุมดิจิทัลสามารถนำมาประยุกต์ใช้ ควบคุมระดับของกำลังของลำแสงที่ตำแหน่งต่างๆ ได้ ความละเอียดในการควบคุมลักษณะของ กำลังของลำแสงขึ้นอยู่กับขนาดของกระจกที่ใช้ ระยะห่างของกระจก ขนาดของลำแสงตกกระทบ และจำนวนบิตของสัญญาณควบคุมดิจิทัล ยกตัวอย่างเช่น ถ้าขนาดของกระจก และ ระยะห่างของ กระจกลดลง 2 เท่าจะส่งผลให้ความละเอียดในการควบคุมลักษณะของกำลังของลำแสงสูงขึ้นเป็น 20 4 เท่า

รูปที่ 3(ก) แสดงตัวอย่างภาพของลำแสงที่ได้เมื่อรูปร่างของกำลังของลำแสงไม่มีการ เปลี่ยนแปลง ในกรณีนี้สัญญาณควบคุมดิจิทัลจะเป็น “11111111” ทำให้กระจกขนาดเล็กทั้งหมด 25 เอียงทำมุม $+ \theta$ อยู่ตลอดเวลา เมื่อกระจกขนาดเล็กในบริเวณตรงกลางของลำแสงเอียงทำมุม $- \theta$ ด้วยสัญญาณควบคุมดิจิทัล “00000000” จะทำให้ลำแสงในบริเวณตรงกลางสะท้อนไปยังตัวดูด ชับแสง และจะส่งผลให้รูปร่างของกำลังของลำแสงบริเวณตรงกลางที่พอร์ตขาออกมีลักษณะเป็น วงแหวนดังรูป 3(ข)

รูปที่ 4 แสดงการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมลักษณะของกำลังของลำแสงที่ได้จากรูปที่ 1 มา ใช้ควบคุมรูปร่างของกำลังของลำแสง N ลำแสงที่มีความยาวคลื่นแสงต่างกัน หรือสำหรับลำแสงที่ 30 มีลักษณะเป็นพัลส์ (Optical Pulse) ในที่นี้ลำแสงจะเคลื่อนที่อยู่ในเส้นใยแก้วนำแสง 11 ผ่านไปยัง ตัวแยกลำแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกันออกจากกัน (Wavelength division multiplexer) 12 จากนั้น

ลำแสงแต่ละลำจะเคลื่อนที่ผ่านไปยังไฟเบอร์คอลลิเมเตอร์ (Fiber-optic collimator) 13 ซึ่งช่วยให้ลำแสงที่เคลื่อนที่ออกมา มีลักษณะเป็นลำแสงขนาน หลังจากนั้นลำแสงแต่ละลำจะตกกระทบลงบนอุปกรณ์ที่มีกระจกขนาดเล็ก 2 เมื่อกระจกขนาดเล็กเอียงทำมุม $+ \theta$ จะทำให้ลำแสงในบริเวณนั้นเคลื่อนที่ไปยังพอร์ตขาออก 9 โดยผ่านระบบการส่งภาพ 5, 6 และ ตัวกรองแสงเชิงตำแหน่ง 7 และ

5 เมื่อกระจกขนาดเล็กเอียงทำมุม $- \theta$ จะทำให้ลำแสงในบริเวณนั้นเคลื่อนที่ไปยังตัวดูดซับแสง 10

ในกรณีที่แสงที่เข้าสู่ระบบไม่ได้เดินทางอยู่ในเส้นใยแก้วนำแสง แต่เดินทางอยู่ในอากาศแทน เราสามารถใช้เกรตติงในการทำหน้าที่แยกลำแสงที่มีความยาวคลื่นแสงต่างกันออกจากกันแทนตัวแยกลำแสง 12 ได้ นอกจากนี้ลักษณะการเคลื่อนไหวของกระจกขนาดเล็กไม่ได้จำกัดอยู่เพียงแต่การเอียงทำมุม $+ \theta$ หรือ $- \theta$ เท่านั้น การเคลื่อนไหวของกระจกในแนวซ้าย-ขวา และ ใน

10 แนวเลื่อนขึ้น-ลง ก็สามารถนำมาใช้ในการควบคุมรูปร่างของกำลังของลำแสงได้เช่นเดียวกัน โดยปรับให้อุปกรณ์ที่มีกระจกขนาดเล็ก 2 ดังกล่าวข้างต้นนี้เอียงทำมุมที่เหมาะสม เพื่อให้ลำแสงที่ตกกระทบสะท้อนไปยังพอร์ตขาออก 9 ได้

ถึงแม้ว่าการประดิษฐ์นี้จะได้รับการบรรยายโดยสมบูรณ์โดยใช้ประกอบกับรูปเขียนที่แนบมาด้วยก็ตาม ย่อมเป็นที่เข้าใจได้ว่าการดัดแปลง หรือแก้ไขต่างๆ โดยผู้ที่มีความชำนาญในระดับ

15 สามัญในศิลปะวิทยาการแขนงนี้ โดยที่อยู่ภายในขอบเขตและวัตถุประสงค์ของการประดิษฐ์ อาจจะทำ

วิธีการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

บทสรุปการประดิษฐ์

อุปกรณ์ควบคุมลักษณะของกำลังของลำแสงแบบดิจิทัล โดยใช้การผสมผสานระหว่าง
การทำงานของกระจกขนาดเล็ก (Micro-mirror) ที่เคลื่อนที่ได้สองตำแหน่ง และ สัญญาณควบคุม
ดิจิทัลชนิดที่ปรับคาบของสัญญาณได้ สัญญาณควบคุมดิจิทัลจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนตำแหน่ง
5 ของกระจกขนาดเล็กจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง โดยที่ระยะเวลาที่กระจกขนาดเล็กอยู่
ณ ตำแหน่งที่ต้องการ ขึ้นอยู่กับคาบของสัญญาณควบคุมดิจิทัลในบิตหนึ่งๆ ยกตัวอย่างเช่น คาบ
ของสัญญาณดิจิทัลแบบ 8 บิต “10000000” จะทำให้กระจกขนาดเล็กอยู่ที่ตำแหน่งหนึ่งได้นาน
กว่าการใช้สัญญาณดิจิทัลแบบ 8 บิต “00000001” นอกจากนี้ยังมีการใช้ระบบการส่งภาพ
(Imaging optical system) ในการปรับขนาดของลำแสงที่พอร์ตขาออกให้เหมาะสม ใช้ตัวกรองแสง
10 เริงตำแหน่งในการลดสัญญาณรบกวนเชิงแสงที่พอร์ตขาออก และ ใช้ตัวตรวจวัดแสงสำหรับการ
ควบคุมแบบปิด ทำให้ได้ลักษณะของกำลังของลำแสงที่แม่นยำมากขึ้น

ข้อถ้อยคดี

1. อุปกรณ์ควบคุมลักษณะของกำลังของลำแสงแบบดิจิทัล อุปกรณ์ควบคุมดังกล่าวประกอบด้วย
 - พอร์ตขาเข้าหนึ่งพอร์ต สำหรับรับลำแสงเข้า
 - 5 - พอร์ตขาออกหนึ่งพอร์ตสำหรับส่งลำแสงออกที่ได้รับการควบคุมลักษณะของกำลังของลำแสง
 - พอร์ตตรวจสอบหนึ่งพอร์ตซึ่งประกอบด้วยตัวตรวจวัดแสงที่เข้ามาที่พอร์ตตรวจสอบสำหรับใช้ในการควบคุมกำลังของลำแสงแบบปิด
 - แถวของกระจกขนาดเล็ก (Micromirror array) ที่ประกอบด้วยกระจกขนาดเล็กจำนวน
10 หนึ่งที่ซึ่งกระจกแต่ละชิ้นของแถวของกระจกดังกล่าวจะถูกควบคุมอย่างเป็นอิสระต่อกันให้อยู่ในตำแหน่งที่หนึ่งหรือตำแหน่งที่สองอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยที่แถวของกระจกดังกล่าวจะอยู่ระหว่างพอร์ตขาเข้า พอร์ตขาออกและพอร์ตตรวจสอบดังกล่าว โดยที่เมื่อกระจกขนาดเล็กดังกล่าวอยู่ในตำแหน่งที่หนึ่งดังกล่าวจะทำให้ลำแสงที่มาจากพอร์ตขาเข้าดังกล่าวมีทิศทางไปที่พอร์ตขาออก และโดยที่เมื่อกระจกขนาดเล็กดังกล่าวอยู่ในตำแหน่งที่สองดังกล่าวจะทำให้ลำแสงที่มาจากพอร์ตขาเข้าดังกล่าวมีทิศทาง
15 ไปที่พอร์ตตรวจสอบดังกล่าว
 - วิธีทางควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมตำแหน่งของกระจกขนาดเล็กแต่ละชิ้นของแถวของกระจกดังกล่าวอย่างเป็นอิสระต่อกัน โดยวิธีทางควบคุมจะส่งสัญญาณควบคุมดิจิทัลไปยังแถวกระจกขนาดเล็กดังกล่าวเพื่อไปควบคุมกระจกขนาดเล็กดังกล่าวของแถว
20 กระจกขนาดเล็กดังกล่าวให้อยู่ตำแหน่งที่หนึ่งหรือ สองอย่างใดอย่างหนึ่งในช่วงเวลาหนึ่งๆ เพื่อที่ว่าทำให้กำลังของลำแสงที่พอร์ตขาออกดังกล่าวมีกำลังตามที่ต้องการ โดยตอบสนองต่อกำลังของแสงที่ตกกระทบที่พอร์ตตรวจสอบดังกล่าว
 - ชุดส่งภาพ (Imaging optical system) ที่ประกอบด้วยเลนส์และตัวกรองแสงเชิงตำแหน่ง ซึ่งวางอยู่ ณ ตำแหน่งพอร์ตขาออกดังกล่าว สำหรับควบคุมขนาดของลำแสง
25 ที่พอร์ตขาออก และลดสัญญาณรบกวนเชิงแสงที่พอร์ตขาออก และ
 - ตัวดูดซับแสง ซึ่งวางอยู่ ณ ตำแหน่งของพอร์ตตรวจสอบ สำหรับป้องกันมิให้ลำแสงในส่วนที่ไม่ต้องการไปรบกวนการทำงานของอุปกรณ์ดังกล่าว
 - โดยที่อุปกรณ์ดังกล่าวมีลักษณะเฉพาะคือ สัญญาณควบคุมดิจิทัลดังกล่าวทำหน้าที่ในการเปลี่ยนตำแหน่งของกระจกขนาดเล็กดังกล่าวจากตำแหน่งที่หนึ่งไปยังตำแหน่งที่สอง โดยที่คาบเวลาที่กระจกขนาดเล็กค้างอยู่ ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง จะขึ้นอยู่กับ
30 คาบของสัญญาณควบคุมดิจิทัลในบิตหนึ่ง ๆ ซึ่งจะควบคุมโดยกำลังของลำแสงที่ตก

หน้าที่ 2 ของจำนวน 3 หน้า

กระทบพอร์ตตรวจสอบดังกล่าว โดยวิธีนี้จึงทำให้สามารถควบคุมกำลังของลำแสงที่
พอร์ตขาออกได้ตามที่ต้องการ

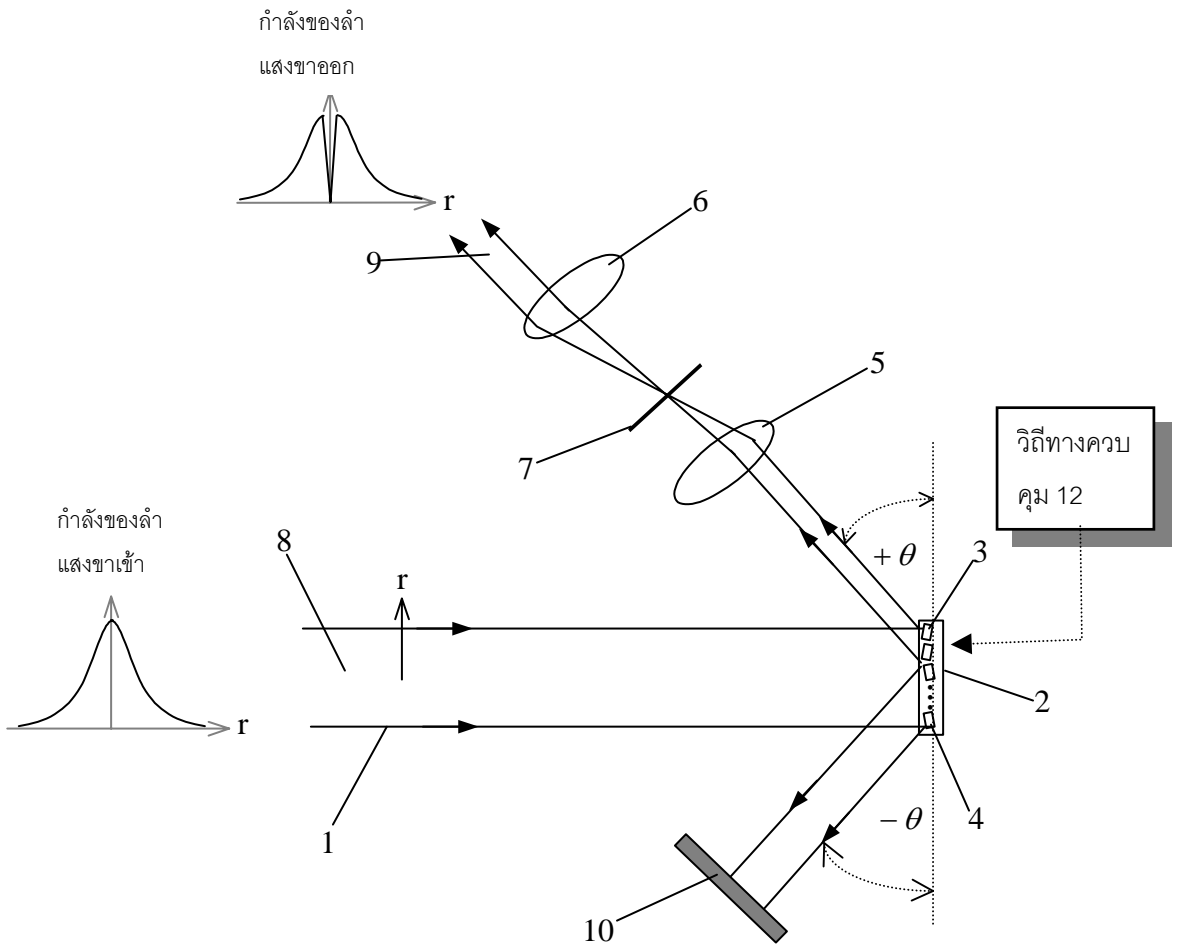
2. อุปกรณ์ควบคุมตามข้อถือสิทธิ 1 โดยที่อุปกรณ์ควบคุมดังกล่าวประกอบด้วยตัวตรวจวัด
แสง วางอยู่ ณ ตำแหน่งของพอร์ตตรวจสอบเพื่อใช้ในการควบคุมแบบปิด
- 5 3. อุปกรณ์ควบคุมตามข้อถือสิทธิ 1 หรือ 2 โดยที่ตัวตรวจวัดดังกล่าวเป็นตัวตรวจวัดแสง
แบบอาร์เรย์
4. อุปกรณ์ควบคุมลักษณะของกำลังของลำแสงแบบดิจิทัลสำหรับ N ลำแสงที่มีความ
ความยาวคลื่นแสงต่างกัน อุปกรณ์ควบคุมดังกล่าวประกอบด้วย
 - พอร์ตขาเข้าหนึ่งพอร์ต สำหรับรับลำแสงเข้า
 - 10 - พอร์ตขาออกหนึ่งพอร์ตสำหรับส่งลำแสงออกที่ได้รับการควบคุมลักษณะของกำลัง
ของลำแสง
 - พอร์ตตรวจสอบหนึ่งพอร์ตซึ่งประกอบด้วยตัวตรวจวัดแสงที่เข้ามาที่พอร์ตตรวจสอบ
สำหรับใช้ในการควบคุมกำลังของลำแสงแบบปิด
 - ตัวแยกลำแสงเชิงความยาวคลื่น (Wavelength division multiplexer) สำหรับแยกลำ
15 แสง N ความยาวคลื่นที่ต่างกันออกจากกันที่มาจากพอร์ตขาเข้า โดยลำแสงที่แยกได้
แต่ละลำแสงจะเคลื่อนที่อยู่ในเส้นใยแก้วนำแสงที่สอดคล้องกับลำแสงนั้น
 - ไฟเบอร์คอลลิมิเตอร์ ซึ่งจะช่วยให้ลำแสงที่ออกมาจากเส้นใยแก้วนำแสงแต่ละเส้นดัง
กล่าวมีลักษณะเป็นลำแสงขนาน
 - แถวของกระจกขนาดเล็ก (Micromirror array) ที่ประกอบด้วยกระจกขนาดเล็กจำนวน
20 หนึ่งที่ซึ่งกระจกแต่ละชิ้นของแถวของกระจกดังกล่าวจะถูกควบคุมอย่างเป็นอิสระต่อกัน
ให้อยู่ในตำแหน่งที่หนึ่งหรือตำแหน่งที่สองอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยที่แถวของ
กระจกดังกล่าวจะอยู่ระหว่างพอร์ตขาเข้า พอร์ตขาออกและพอร์ตตรวจสอบดังกล่าว
โดยที่เมื่อกระจกขนาดเล็กดังกล่าวอยู่ในตำแหน่งที่หนึ่งดังกล่าวจะทำให้ลำแสงที่มา
จากพอร์ตขาเข้าดังกล่าวมีทิศทางไปที่พอร์ตขาออก และโดยที่เมื่อกระจกขนาดเล็กดัง
25 กล่าวอยู่ในตำแหน่งที่สองดังกล่าวจะทำให้ลำแสงที่มาจากพอร์ตขาเข้าดังกล่าวมีทิศ
ทางไปที่พอร์ตตรวจสอบดังกล่าว
 - วิธีทางควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมตำแหน่งของกระจกขนาดเล็กแต่ละชิ้นของแถวของ
กระจกดังกล่าวอย่างเป็นอิสระต่อกัน โดยวิธีทางควบคุมจะส่งสัญญาณควบคุมดิจิทัล
ไปยังแถวกระจกขนาดเล็กดังกล่าวเพื่อไปควบคุมกระจกขนาดเล็กดังกล่าวของแถว
30 กระจกขนาดเล็กดังกล่าวให้อยู่ตำแหน่งที่หนึ่งหรือ สองอย่างใดอย่างหนึ่งในช่วงเวลา

หน้าที่ 3 ของจำนวน 3 หน้า

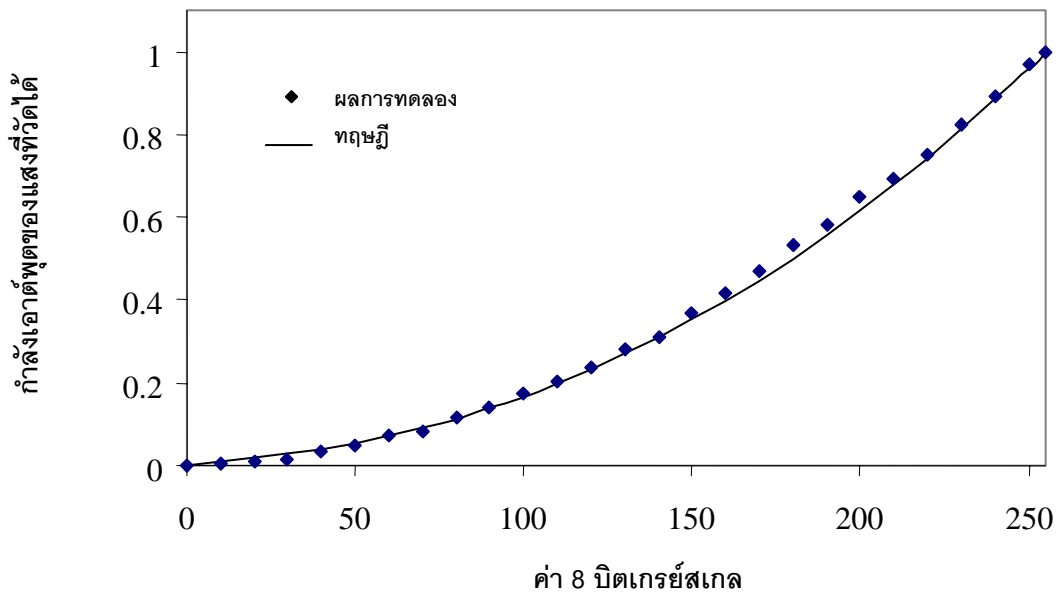
หนึ่งๆ เพื่อที่ว่าทำให้กำลังของลำแสงที่พอร์ตขาออกดังกล่าวมีกำลังตามที่ต้องการ โดยตอบสนองต่อกำลังของแสงที่ตกกระทบที่พอร์ตตรวจสอบดังกล่าว

- 5 - ชุดส่งภาพ (Imaging optical system) ที่ประกอบด้วยเลนส์และตัวกรองแสงเชิงตำแหน่ง ซึ่งวางอยู่ ณ ตำแหน่งพอร์ตขาออกดังกล่าว สำหรับควบคุมขนาดของลำแสงที่พอร์ตขาออก และลดสัญญาณรบกวนเชิงแสงที่พอร์ตขาออก และ
- ตัวดูดซับแสง ซึ่งวางอยู่ ณ ตำแหน่งของพอร์ตตรวจสอบ สำหรับป้องกันมิให้ลำแสงในส่วนที่ไม่ต้องการไปรบกวนการทำงานของอุปกรณ์ดังกล่าว
- 10 - โดยที่อุปกรณ์ดังกล่าวมีลักษณะเฉพาะคือ สัญญาณควบคุมดิจิทัลดังกล่าวทำหน้าที่ในการเปลี่ยนตำแหน่งของกระจกขนาดเล็กดังกล่าวจากตำแหน่งที่หนึ่งไปยังตำแหน่งที่สอง โดยที่คาบเวลาที่กระจกขนาดเล็กค้างอยู่ ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง จะขึ้นอยู่กับคาบของสัญญาณควบคุมดิจิทัลในบิตหนึ่ง ๆ ซึ่งจะควบคุมโดยกำลังของลำแสงที่ตกกระทบพอร์ตตรวจสอบดังกล่าว โดยวิธีนี้จึงทำให้สามารถควบคุมกำลังของลำแสงที่พอร์ตขาออกได้ตามที่ต้องการ
- 5. อุปกรณ์ควบคุมตามข้อถือสิทธิ 4 โดยที่อุปกรณ์ควบคุมดังกล่าวประกอบด้วยตัวตรวจวัดแสงเดี่ยวจำนวน N ชิ้น วางอยู่ ณ ตำแหน่งของพอร์ตตรวจสอบ
- 15 6. อุปกรณ์ควบคุมตามข้อถือสิทธิ 4 หรือ 5 โดยที่อุปกรณ์ควบคุมดังกล่าวประกอบด้วยตัวตรวจวัดแสงแบบอาร์เรย์

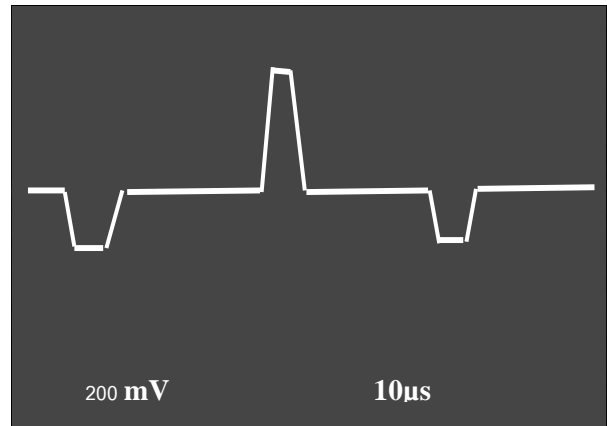
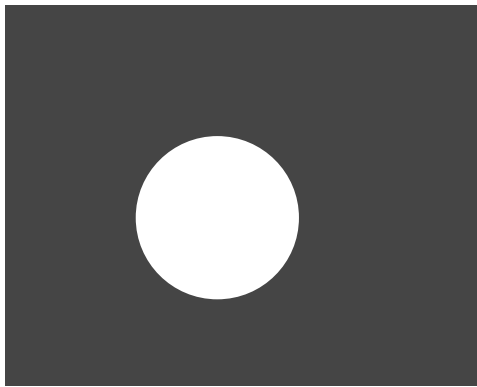
หน้าที่ 1 ของจำนวน 5 หน้า



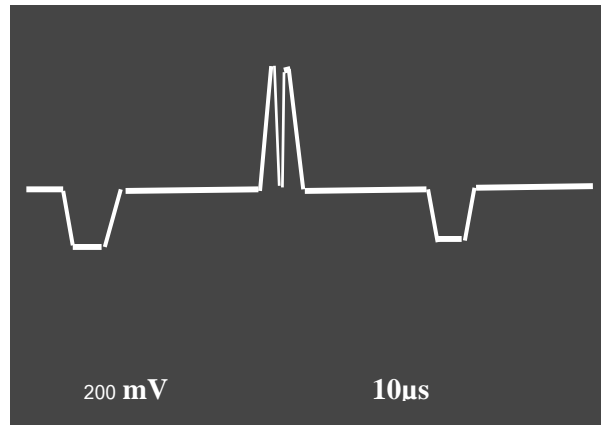
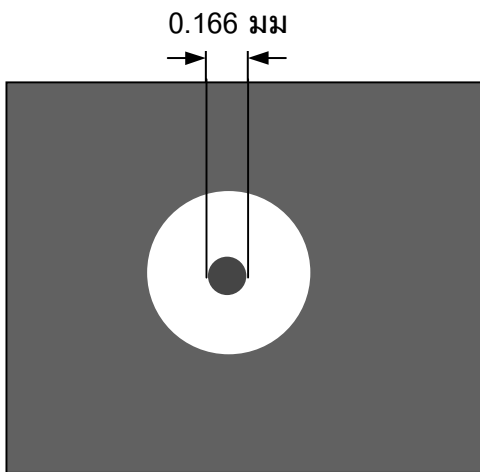
รูปที่ 1



รูปที่ 2

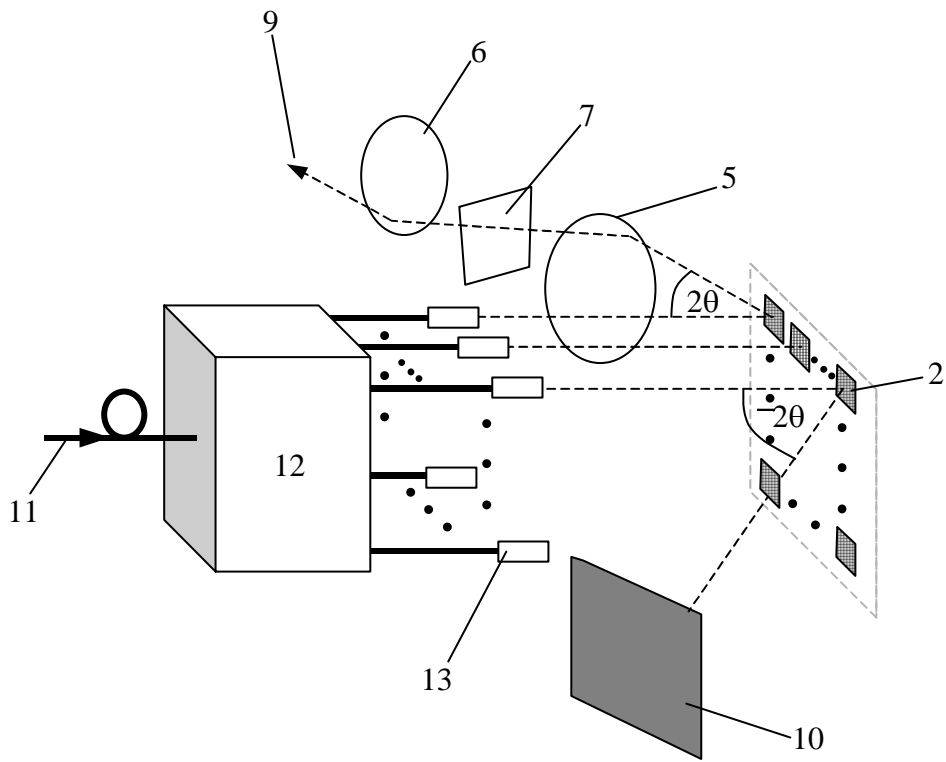


(ก)

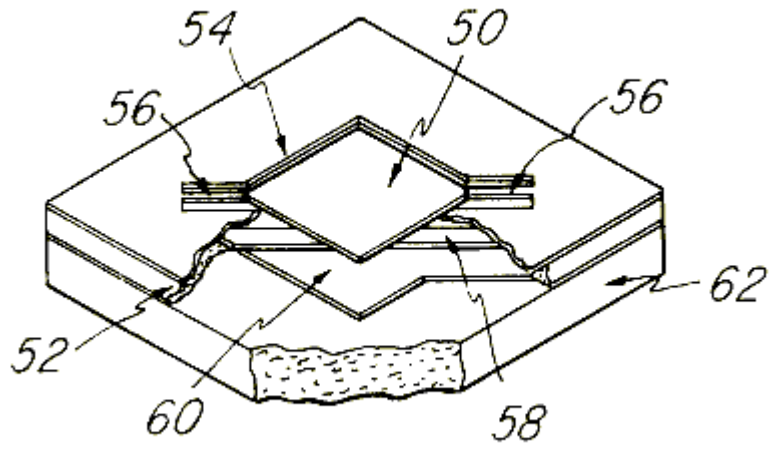


(ข)

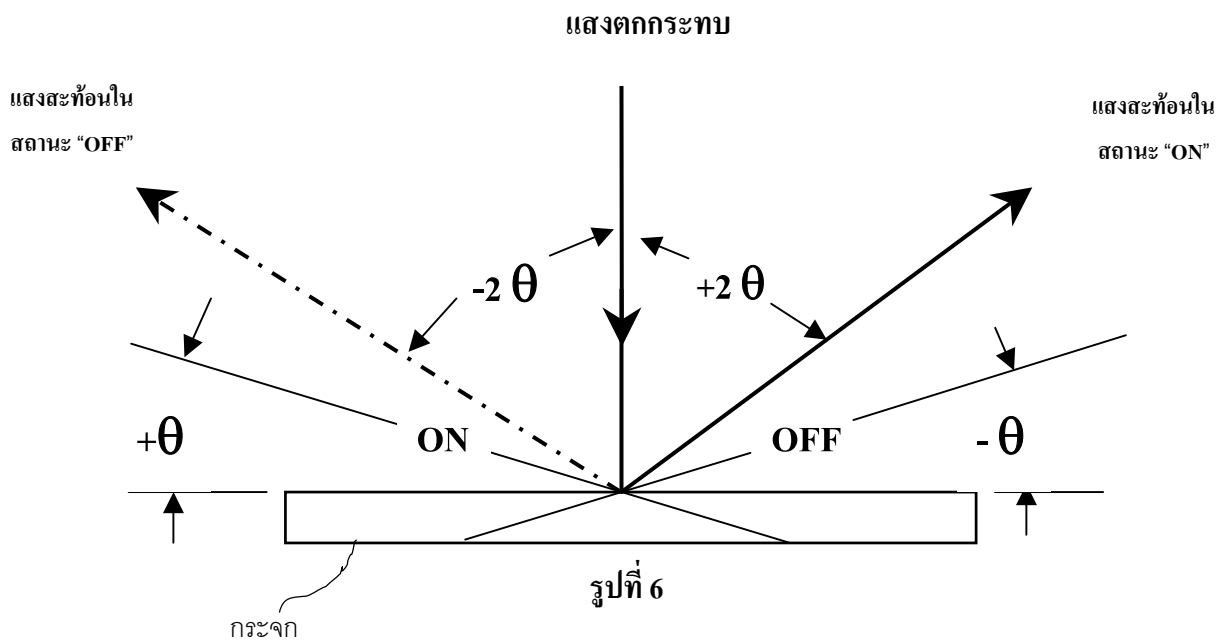
รูปที่ 3



รูปที่ 4



รูปที่ 5



รูปที่ 6