

เลขที่สิทธิบัตร 19186



สป/200 - ข

สิทธิบัตรการประดิษฐ์

อาศัยอำนาจตามความในพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522 อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญาออกสิทธิบัตรฉบับนี้ให้แก่

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

สำหรับการประดิษฐ์ตามรายละเอียดการประดิษฐ์ ข้อถือสิทธิ และรูปเขียน (ถ้ามี)
ปรากฏในสิทธิบัตรนี้

เลขที่คำขอ 088720
วันขอรับสิทธิบัตร 13 กุมภาพันธ์ 2547
ผู้ประดิษฐ์ นายศรัณย์ สัมฤทธิ์เดชขจร และคณะ

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ อุปกรณ์ควบคุมความเข้มแสงสำหรับใช้ในระบบมัลติเพล็กซ์
ทางความยาวคลื่นแสง

ให้ผู้ทรงสิทธิบัตรและหน้าที่ตามกฎหมายว่าด้วยสิทธิบัตรทุกประการ

ออกให้ ณ วันที่ 9 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2548

หมดอายุ ณ วันที่ 12 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567

(ลงชื่อ)



นายคณิตสร นาวานเคราะห์
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา
ผู้ออกสิทธิบัตร

พนักงานเจ้าหน้าที่

หมายเหตุ ผู้ประดิษฐ์ต้องชำระค่าธรรมเนียมรายปีเริ่มตั้งแต่ปีที่ 5 ของอายุสิทธิบัตร มิฉะนั้น

- สิทธิบัตรจะสิ้นอายุ
- ผู้ทรงสิทธิบัตรจะขอชำระค่าธรรมเนียมรายปีล่วงหน้าโดยชำระทั้งหมดในคราวเดียวกันได้
- การอนุญาตให้ใช้สิทธิตามสิทธิบัตรและการโอนสิทธิบัตรต้องทำเป็นหนังสือและจดทะเบียนต่อพนักงานเจ้าหน้าที่

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

อุปกรณ์ควบคุมความเข้มแสงสำหรับใช้ในระบบมัลติเพล็กซ์ทางความยาวคลื่นแสง
สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

- 5 เป็นการประดิษฐ์ที่เกี่ยวกับฟิสิกส์ทางแสง และ วิศวกรรมไฟฟ้าที่เกี่ยวกับการนำเทคนิคการกันแสงด้วยอุปกรณ์สะท้อนแสงที่เคลื่อนที่ได้ และ อุปกรณ์กรองความยาวคลื่นแสงที่อยู่กับที่ มาใช้ในการสร้างอุปกรณ์ควบคุมความเข้มแสง สำหรับใช้ในระบบมัลติเพล็กซ์ทางความยาวคลื่นแสง ส่งผลให้ระบบโดยรวมมีจำนวนอุปกรณ์ที่ต้องใช้ลดลง และ ต้นทุนการผลิตต่ำลง
- 10 ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง
ระบบการสื่อสารด้วยแสง และ การประมวลผลข้อมูลด้วยแสง ได้มีการพัฒนา และ ปรับปรุงเพื่อให้สามารถจัดการกับข้อมูลในปริมาณที่มากขึ้น และ ด้วยความเร็วที่สูงขึ้น โดยจากเดิมที่ใช้แสงเพียงความยาวคลื่นเดียวในการส่งข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ก็ได้มีการเพิ่มจำนวนแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกันเข้าไปในระบบ ซึ่งเรียกว่า ระบบมัลติเพล็กซ์ทาง
- 15 ความยาวคลื่นแสง (Wavelength division multiplexed systems) อุปกรณ์ที่สำคัญตัวหนึ่งที่ใช้ในระบบดังกล่าวนี้ คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดความเข้มของลำแสงของแต่ละความยาวคลื่นแสงไม่ให้มากเกินไป ซึ่งจะทำให้ตัวรับแสงทำงานผิดพลาด หรือ ทำให้ตัวกลางที่แสงเคลื่อนที่ผ่านมีพฤติกรรมเป็นแบบไม่เชิงเส้น วิธีการโดยทั่วไปที่คนส่วนใหญ่นิยมใช้ในการควบคุมระดับความ
- 20 ด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกัน ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$) จำนวนทั้งสิ้น N ลำแสงเคลื่อนที่อยู่ภายในท่อนำคลื่นแสง **28** เมื่อแสงเหล่านี้เดินทางมาถึงอุปกรณ์แยกลำแสง **36** ซึ่งจะทำหน้าที่แยกแสงที่มีความยาวคลื่นแสงต่างกันออกจากกัน โดยแต่ละลำแสงจะเคลื่อนที่อยู่ภายในท่อนำคลื่นแสงของตัวเอง จากนั้นแสงแต่ละความยาวคลื่นจะเคลื่อนที่ผ่านไปยังอุปกรณ์ควบคุมความเข้มแสงที่มีพอร์ตทั้งหมดสามพอร์ต **37** คือ พอร์ตขาเข้า พอร์ตขาออก และ พอร์ตสำหรับใช้ในระบบควบคุมแบบปิด โดยที่การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมความเข้มแสง **37** นี้จะกระทำผ่านระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ **18** เมื่อแสงความยาวคลื่นต่างๆ มีความเข้มแสงอยู่ในระดับที่ต้องการแล้ว แสงทั้งหมดจะเคลื่อนที่ไปยังอุปกรณ์รวมแสงที่มีความยาวคลื่นแสงต่างกันเข้าด้วยกัน **36** ซึ่งโดยปกติแล้วจะทำงานในโหมดของการแยกความยาวคลื่นแสงที่ต่างกันออกจากกันได้ด้วย หลังจากนั้นแสง N ลำที่มีความยาวคลื่นแสงต่างกันจะเคลื่อนไปในท่อนำคลื่นแสงเดี่ยว
- 30 กัน ในบางกรณีจะมีการใช้อุปกรณ์แยกและรวมลำแสง **36** เพียงข้างเดียว **29** เพื่อลดจำนวนของอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ลง แต่จะมีการใช้ออปติคอลเซอร์คิวเลเตอร์ (Optical circulator) เข้ามาช่วย
- อุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสง **37** สำหรับระบบดังกล่าวข้างต้นสามารถสร้างขึ้นจากการควบคุมตำแหน่งของตัวลดทอนระดับความเข้มแสงหลายระดับ (Neutral density filter)

[C. M. Garrett, C. Fan, D. Cugalj, and D. Gransden, "Voltage controlled attenuator," *US Patent*, 5745634, Apr. 28, 1998.] การเคลื่อนที่ของกระจกในแนวนอน [V. A. Aksyuk, D. J. Bishop, and P. I. Gammel, "Micro machined optical switch," *US Patent*, 5923798, Jul. 13, 1999.] การหมุนของกระจกสองชั้นไปด้วยกัน [H. Mao, Y.- X. Chen, and K. W. Chang, "Wavelength independent variable optical attenuator," *US Patent*, 6149278, Nov. 21, 2000.] การเคลื่อนที่ของกระจก หรือ อุปกรณ์ดูดซับแสง [J. E. Ford and K. W. Goossen, "Level-setting optical attenuator," *US Patent*, 5900983, May 4, 1999.] การใช้ชุดของกระจกที่ปรับมุมเอียงได้แบบดิจิทัล [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.; N. A. Riza and S. Sumriddetchkajorn, "Digitally controlled fault-tolerant multiwavelength programmable fiber-optic attenuator using a two dimensional digital micromirror device," *Optics Letters*, Vol. 24, No. 5, pp. 282-284, March 1, 1999.] การใช้กระจกที่สามารถพับขึ้นลงได้ และ แบบที่เคลื่อนที่เหมือนลูกสูบ [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.] และ การใช้กระจกที่สามารถเคลื่อนที่ได้ตามแนวแกนในสามมิติ [N. A. Riza and S. Sumriddetchkajorn, "Fault-tolerant variable fiber-optic attenuator using three-dimensional beam spoiling," *Optics Communications*, Vol. 185, pp. 103-108, Nov. 2000.] ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้ช่วยให้อุปกรณ์สามารถทำงานในช่วงความยาวคลื่นที่กว้าง หรือ ในอีกความหมายหนึ่งก็คือ อุปกรณ์ดังกล่าวนี้สามารถใช้ควบคุมสัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นใดก็ได้ นอกจากนี้การทำงานของอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ยังไม่ขึ้นอยู่กับลักษณะโพลาไรเซชันของแสงตกกระทบด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงโครงสร้างโดยรวมในรูปที่ 1 จะพบว่าถึงแม้ว่าจำนวนของอุปกรณ์แยกและรวมลำแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกัน **36** นั้นมีปริมาณเท่าเดิม แต่ต้นทุนโดยรวมของระบบจะสูงขึ้นมากเมื่อจำนวนช่องสัญญาณเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรวมการทำงานของอุปกรณ์แยกและรวมลำแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกัน **36** เข้ากับอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสง **37** โดยที่อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นใหม่นั้นจะต้องทำงานได้กับลักษณะโพลาไรเซชันของแสงใดๆ ด้วย

อุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่มีราคาถูก และสามารถทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิต่ำที่กว้าง คือ ตัวกรองความยาวคลื่นแสง หรือ เกรตติ้งกรองความยาวคลื่นแสงชนิดฟิล์มบาง อุปกรณ์ดังกล่าวนี้
 30 ได้มีการนำมาใช้ทำอุปกรณ์แยกแสงความยาวคลื่นต่างกันออกจากกัน [A. Hamel, D. Laville, and E. Devevaque, "High isolation, optical add-drop multiplexer," *US Patent*, 5712717, Jan. 27, 1998.; K. Nosu, H. Ishio, and T. Miki, "Optical multiplexer and demultiplexer," *US Patent*, 4244045, Jan. 6, 1981.; T. Honda, A. C. Liu, J. Valera, J. Colvin, K. Sawyer, and R. R. McLeod, "Diffraction-compensated free-space WDM add-drop module with

- thin-film filters,” *IEEE Photonics Technology Letters*, Vol. 15, No. 1, pp. 69-71, Jan. 2003.; Y. Cheng, “Graded index lens system and method for coupling light.” *US Patent*, 5680237, Oct. 21, 1997.; G. S. Duck and Y. Cheng, “GRIN lensed optical device,” *US Patent*, 5790314, Aug. 4, 1998.] และ อุปกรณ์บังคับทิศทางการเคลื่อนที่ของลำแสงที่มีความยาวคลื่นที่ต้องการ [A. G. Solheim, “Filter topologies for optical add-drop multiplexers,” *US Patent*, 6188816, Feb. 13, 2001.; C. S. Hsieh, C. Y. Wang, C. F. Song, and W. H. Cheng, “The coupling-loss characterization of an add/drop filter module in DWDM applications,” *Proceedings of the 2001 CLEO/Pacific Rim*, Vol. 2, pp. 236-237, July 15-19, 2001.; J. H. Kuang, M. T. Sheen, J. M. Chen, C. S. Hsieh, and W. H. Cheng, “Reduction of fiber alignment shift in add/drop filter module packaging,” *Proceedings of the 2001 Electronic Components and Technology*, 2001.] อย่างไรก็ตามเทคนิคที่ใช้ในสิ่งประดิษฐ์ข้างต้นไม่สามารถปรับเปลี่ยนสถานะการทำงานระหว่างใช้งานได้ ทำให้ถ้าต้องการปรับเปลี่ยนจำนวนช่องสัญญาณในระบบจำเป็นต้องออกแบบสิ่งประดิษฐ์ดังกล่าวข้างต้นใหม่หมด
- 15 การที่จะให้อุปกรณ์ดังกล่าวข้างต้นสามารถปรับเปลี่ยนการทำงานได้สามารถทำได้โดยการเลื่อนตัวกรองความยาวคลื่นแสงหนึ่งขึ้นหรือมากกว่าเข้าออกในแนวเส้นตรง หรือ การหมุนตัวกรองความยาวคลื่นแสง [J.- J. Pan, J.- Y. Xu, and J.- J. Yang, “Efficient electromechanical optical switches,” *US Patent*, 5838847, Nov. 17, 1998.; E. E. Bergmann and D. J. Bishop, “Micro-mechanical variable optical attenuator,” *US Patent*, 20 6163643, Dec. 19, 2000.; H. Taga, T. Miyakawa, and S. Akiba, “Optical add-drop multiplexer,” *US Patent*, 5822095, Oct. 13, 1998.; H.- S. Lee, “Motorized tunable filter and motorized variable attenuator,” *US Patent*, 5781341, Jul. 14, 1998.; G. Bendelli and R. Lano, “Optical add-drop multiplexer for optical communication networks,” *US Patent*, 5812291, Sep. 22, 1998.; T. Shinoda and Y. Nakamura, “Optical switch system and apparatus,” *US Patent*, 25 5031985, Jul. 16, 1991.; G. L. Mitchell and E. W. Saaski, “Spectrum shifting optical switch,” *US Patent*, 4991925, Feb. 12, 1991.; N. Nishida and T. Hatano, “Optical switch device,” *US Patent Application*, US 2003/0147582, Aug. 7, 2003.] หรือ การนำตัวกรองความยาวคลื่นแสงไปติดอยู่กับกระจกสะท้อน และ อุปกรณ์ทั้งสองสามารถเคลื่อนที่ไปพร้อม ๆ กันได้ [M. A. Scobey, R. W. Hallock, M. Cumbo, and G. Yamamoto, “Wavelength selective optical switch,” *US Patent*, 30 6320996, Nov. 20, 2001.] อย่างไรก็ตามเนื่องจากตัวกรองความยาวคลื่นแสงต้องการการจัดวางที่ถูกต้อง และ เทียงตรงมาก ดังนั้นการเลื่อน หรือ การหมุนตัวกรองความยาวคลื่นแสงเข้าออกบ่อยครั้งจะทำให้ตำแหน่งการจัดวาง รวมทั้งมุมของตัวกรองความยาวคลื่นแสงเปลี่ยนไป ส่งผลให้การทำงานของอุปกรณ์ทำงานผิดพลาดได้ นอกจากนี้การนำตัวกรองความยาวคลื่นแสงจำนวนหนึ่งมาติดอยู่ด้วยกัน

หรือ ติดอยู่กับกระจก จะจำกัดความเร็วในการตอบสนองของอุปกรณ์ และ ส่งผลให้การจัดวางทำได้ยาก และมีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น

- วิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นสามารถทำได้โดยให้ตัวกรองความยาวคลื่นแสงอยู่กับที่ ส่วนกระจกสะท้อนสามารถควบคุมให้เคลื่อนที่อยู่ในเส้นทางเดินของแสงไม่ว่าจะเป็นในลักษณะของการเลื่อนเข้าออก หรือ ปรับเป็นมุมเอียง [V. A. Aksyuk, D. J. Bishop, J. E. Ford, and R. E. Slusher, "Article comprising a wavelength selective add-drop multiplexer," *US Patent*, 5974207, Oct. 26, 1999.; J. L. Wagener and T. A. Strasser, "Reconfigurable optical switch," *US Patent*, 6631222, Oct. 7, 2003.; R. W. Huggins, "Wavelength division multiplexing system optical switch," *US Patent*, 4930117, May 29, 1990.] ถึงแม้ว่าเทคนิคดังกล่าวในสิ่งประดิษฐ์ทั้งสามจะสามารถควบคุมระดับความเข้มแสงได้ แต่การจัดวางอุปกรณ์เสริมต่างๆ เช่น ระบบภาพ (Imaging optical system) กระจกที่มีค่าการสะท้อนไม่คงที่ตลอดพื้นผิวซึ่งผลิตได้ยากกว่ากระจกสะท้อนธรรมดา และ กระจกสะท้อนที่อยู่กับที่จำนวนสองชิ้นจะทำให้ขนาดของอุปกรณ์ควบคุมใหญ่ขึ้น ต้นทุนสูงขึ้น รวมทั้งโครงสร้างนี้มีเพียงสองพอร์ตทำให้ต้องมีการใช้อุปกรณ์เสริมอื่น เช่น ตัวแบ่งลำแสง เพื่อสร้างพอร์ตเพิ่มเติมสำหรับใช้ในระบบการควบคุมแบบปิด อีกเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจคือ การให้ตัวกรองความยาวคลื่นแสง และ กระจกเคลื่อนที่เข้าออกจากเส้นทางเดินของแสงได้ โดยชิ้นส่วนทั้งสองจะถูกควบคุมแบบดิจิทัลอย่าง เป็นอิสระต่อกัน ในโครงสร้างที่มีการใช้ไฟเบอร์ออปติกคอลลิเมเตอร์ชนิดคู่ เพื่อสร้างเป็นอุปกรณ์สวิตซ์เชิงแสงชนิด 2x2 [S. Sumriddetchkajorn and K. Chaitavon, "A reconfigurable thin-film filter-based 2x2 add-drop fiber-optic switch structure," *IEEE Photonics Technology Letters*, Vol. 15, No. 7, pp. 930-932, July 2003.; ศรัณย์ สัมฤทธิ์เดชขจร, "อุปกรณ์สวิตซ์เชิงแสงที่ควบคุมได้ชนิด 2x2," *ยื่นขอจดสิทธิบัตรไทย*, 079421, 15 มกราคม พ.ศ. 2546.] การให้ตัวกรองความยาวคลื่นแสง และ กระจก เคลื่อนที่เข้าออกเส้นทางเดินของแสงได้ โดยถูกควบคุมแบบอนาล็อกอย่างเป็นอิสระต่อกัน ระหว่างไฟเบอร์ออปติกคอลลิเมเตอร์ชนิดคู่ และ ตัวรับแสงที่จะใช้สำหรับการควบคุมแบบปิด เพื่อสร้างเป็นอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นตรงกับความต้องการ [S. Sumriddetchkajorn and K. Chaitavon, "WDM three-port variable fiber-optic attenuator using thin film filter technology," *Proceedings of the 5th CLEO/Pacific Rim*, Postdeadline PD-(8)-6, pp. 15-17, Taiwan, 2003.] อย่างไรก็ตามในโครงสร้างดังกล่าวนี้นอกจากปัญหาที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของตัวกรองความยาวคลื่นแสงแล้วที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น การใช้อุปกรณ์ควบคุมตำแหน่งสองชุดสำหรับควบคุมตำแหน่งของกระจก และ ตัวกรองความยาวคลื่นแสง ยังส่งผลให้ต้นทุนของอุปกรณ์สูงขึ้น และ การจัดวางอุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกัน ก็ทำได้ลำบากขึ้น

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

การประดิษฐ์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อจัดให้มีอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสงสำหรับใช้ในระบบมัลติเพล็กซ์ทางความยาวคลื่นแสงที่มีพอร์ตใช้งานสามพอร์ต โดยพอร์ตหนึ่งจะเป็นพอร์ตที่

แสงเคลื่อนที่เข้าสู่อุปกรณ์ พอร์ตที่สองจะเป็นพอร์ตที่แสงเดินทางออกจากอุปกรณ์ และ พอร์ตที่สามจะเป็นพอร์ตที่ใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณของความเข้มแสงในการควบคุมแบบปิด อุปกรณ์ดังกล่าวประกอบด้วยมีการทำงานที่ขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นแสงที่ตกกระทบ โดยอาศัยตัวกรองความยาวคลื่นแสงที่ทำขึ้นจากเทคโนโลยีเคลือบฟิล์มบาง ทำให้มีราคาถูก สามารถใช้งานในช่วง

5 อุณหภูมิที่กว้างและมีการทำงานที่ไม่ขึ้นอยู่กับลักษณะโพลาไรเซชันของแสงตกกระทบ นอกจากนี้การนำอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสงตามการประดิษฐ์นี้ไปใช้งานจะช่วยให้ระบบสื่อสาร และระบบประมวลผลด้วยแสง มีจำนวนอุปกรณ์ที่ต้องใช้ลดลง ส่งผลให้ต้นทุนโดยรวมของระบบต่ำลง ในขณะที่ประสิทธิภาพของระบบเท่าเดิม หรือ สูงขึ้น

10 ในรูปลักษณะที่หนึ่งของการประดิษฐ์นี้ อุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณแสงจะประกอบไปด้วยท่อนำคลื่นแสงขาเข้า ท่อนำคลื่นแสงขาออก หลอดไส้ท่อนำคลื่นแสงชนิดคู่เลนส์ (รวมเรียกว่าไฟเบอร์ออปติกคอลลิเมเตอร์ชนิดคู่) ตัวกรองความยาวคลื่นแสงซึ่งอยู่กับที่ อุปกรณ์ควบคุมตำแหน่งของกระจก กระจกที่สามารถควบคุมตำแหน่งได้ และ ตัวรับแสงเพื่อใช้ในการวัดความเข้มของแสง โดยที่กระจกที่ใช้สะท้อนแสงสามารถจัดวางเพื่อให้แสงสะท้อนไปยังท่อนำคลื่นแสงขาออก

15 ในรูปลักษณะที่สองของการประดิษฐ์นี้ อุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณแสงจะประกอบไปด้วยท่อนำคลื่นแสงขาเข้า ท่อนำคลื่นแสงขาออก หลอดไส้ท่อนำคลื่นแสงชนิดคู่ตัวกรองความยาวคลื่นแสงซึ่งอยู่กับที่ อุปกรณ์ควบคุมตำแหน่งของกระจก และกระจกที่สามารถควบคุมตำแหน่งได้ ซึ่งจะส่งลำแสงผ่านเลนส์และหลอดไส้ท่อนำคลื่นแสงชนิดเดียวเพื่อส่งต่อไปยังตัวรับแสง

20 ในรูปลักษณะที่สามของการประดิษฐ์นี้ อุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณแสงจะประกอบไปด้วยพอร์ตสองพอร์ต โดยพอร์ตหนึ่งจะเป็นพอร์ตที่แสงเคลื่อนที่เข้าสู่อุปกรณ์และในเวลาเดียวกันก็เป็นที่ใช้ลำแสงที่ใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณของความเข้มแสงในการควบคุมแบบปิดจะเดินทางออกจากอุปกรณ์ด้วยเช่นกัน และพอร์ตที่สองจะเป็นพอร์ตที่แสงเดินทางออกจากอุปกรณ์ อุปกรณ์ดังกล่าวประกอบด้วยท่อนำคลื่นแสงขาเข้า ท่อนำคลื่นแสงขาออก หลอดไส้ท่อนำ

25 คลื่นแสงชนิดคู่ เลนส์ (รวมเรียกว่าไฟเบอร์ออปติกคอลลิเมเตอร์ชนิดคู่) ตัวกรองความยาวคลื่นแสงซึ่งอยู่กับที่ อุปกรณ์ควบคุมตำแหน่งของกระจกและกระจกที่สามารถควบคุมตำแหน่งได้ และกระจกอีกอันหนึ่งซึ่งอยู่กับที่ โดยกระจกที่สามารถควบคุมตำแหน่งได้นั้นจะถูกควบคุมเพื่อปรับให้เลื่อนไปมาเพื่อขวางทางเดินของแสงเพื่อสะท้อนลำแสงบางส่วนไปที่ท่อนำคลื่นขาออก ในขณะที่ลำแสงส่วนที่เหลือจะผ่าน ไปยังกระจกที่อยู่กับที่ ซึ่งถูกวางไว้ต่อจากกระจกที่สามารถควบคุม

30 ตำแหน่งได้ดังกล่าวและถูกจัดวางให้สะท้อนลำแสงที่เหลือนั้นให้กลับไปท่อนำคลื่นขาเข้าเพื่อเป็นลำแสงที่ใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณของความเข้มแสงในการควบคุมแบบปิด

5 ในรูปลักษณะทั้งสามของการประดิษฐ์นี้ กระจกที่สามารถควบคุมตำแหน่งได้นั้นสามารถที่จะถูกจัดวางเพื่อให้แสงสะท้อนไปยังท่อนำคลื่นแสงขาออก หรือ สะท้อนกลับไปยังท่อนำคลื่นแสงขาเข้า ซึ่งตำแหน่งของกระจกนี้ในเส้นทางเดินของแสงจะทำหน้าที่ควบคุมปริมาณแสงที่สะท้อนไปยังพอร์ตขาออก และ ช่วยบังคับทิศทางเดินของลำแสงที่มีความยาวคลื่นแสงที่ต้องการได้ การจัดวางกระจกสามารถจัดให้อยู่ข้างหน้า หรือ ข้างหลังตัวกรองความยาวคลื่นแสงก็ได้

ตัวกรองความยาวคลื่นแสงจะทำหน้าที่สะท้อนแสงที่มีความยาวคลื่นไม่ตรงกันกับของตัวกรองความยาวคลื่นแสงด้วยมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ในขณะที่แสงที่มีความยาวคลื่นตรงกันกับของตัวกรองความยาวคลื่นแสงจะทะลุผ่านไป

10 ในรูปลักษณะทั้งสามของการประดิษฐ์นี้ซึ่งที่พอร์ตที่หนึ่งนั้นแสงเดินทางเข้าและออกจากท่อนำคลื่นเดียวกันจะมีการใช้ ออปติคคอลลเซอร์คิวเลเตอร์ (Optic Circulator) มาช่วยในการควบคุมทิศทางเดินของแสง และ เป็นการเพิ่มพอร์ตขึ้นอีกหนึ่งพอร์ต นอกจากนี้ยังมีการใช้ตัวดูดซับหรือ ตัวกั้นแสงเพื่อป้องกันมิให้สัญญาณแสงที่ไม่ต้องการไปรบกวนส่วนอื่นๆ ของอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณนี้ และ ยังมีระบบควบคุมแบบปิดเพื่อให้ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด

15 การเชื่อมต่อกันของอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณแสงตามการประดิษฐ์นี้จะช่วยให้สามารถลดจำนวนของตัวแยก และ รวมสัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกัน

นอกจากนั้นการประดิษฐ์ตามคำขอรับสิทธิบัตรนี้ยังได้จัดให้มีระบบสำหรับควบคุมระดับความเข้มแสงของแสงที่มีความยาวคลื่นต่างๆ ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสงที่ใช้ตัวกรองความยาวคลื่นแสง แบบที่หนึ่ง แบบที่สอง และแบบที่สามตามลำดับ รวมทั้งระบบควบคุมแบบปิด และ อุปกรณ์กรองความยาวคลื่นแสงที่ควบคุมได้ อีกด้วย

20 วัตถุประสงค์ต่างๆ และลักษณะเฉพาะเหล่านี้และประการอื่นๆของการประดิษฐ์นี้จะปรากฏชัดเจนยิ่งขึ้น เมื่อได้รับการพิจารณาประกอบกับรูปเขียนที่แนบมาด้วยและรายละเอียด การประดิษฐ์ในรูปแบบที่ดีที่สุดซึ่งจะได้บรรยายต่อไป

คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

25 รูปที่ 1 แสดงแผนผังทั่วไปของการควบคุมระดับความเข้มแสงของแสงความยาวคลื่นต่างๆที่เป็นศิลปะวิทยาการที่มีอยู่ก่อนหน้า

รูปที่ 2 แสดงถึง โครงสร้างของอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสงที่ใช้ตัวกรองความยาวคลื่นแสงรูปแบบที่หนึ่งของการประดิษฐ์นี้

รูปที่ 3 แสดงถึง โครงสร้างของอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสงที่ใช้ตัวกรองความยาวคลื่นแสงรูปแบบที่สองของการประดิษฐ์นี้

30 รูปที่ 4 แสดงถึง โครงสร้างของอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสงที่ใช้ตัวกรองความยาวคลื่นแสงรูปแบบที่สามของการประดิษฐ์นี้

รูปที่ 5 แสดงถึงแผนผังของระบบควบคุมระดับความเข้มแสงของแสงความยาวคลื่นต่างๆ แบบที่หนึ่งของการประดิษฐ์นี้

รูปที่ 6 แสดงถึงแผนผังระบบควบคุมระดับความเข้มแสงของแสงความยาวคลื่นต่างๆ แบบที่สองของการประดิษฐ์นี้

5 รูปที่ 7 แสดงถึงแผนผังระบบควบคุมระดับความเข้มแสงของแสงความยาวคลื่นต่างๆ แบบที่สามของการประดิษฐ์นี้

รูปที่ 8 แสดงถึงแผนผังระบบควบคุมระดับความเข้มแสงของแสงความยาวคลื่นต่างๆ แบบที่สี่ของการประดิษฐ์นี้

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

10 การบรรยายถึงการประดิษฐ์นี้ จะทำโดยการยกตัวอย่างการประดิษฐ์ และอ้างอิงถึงโดยใช้รูปเขียนเพื่อเป็นตัวอย่างและช่วยให้บรรยายได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และชิ้นส่วนที่เหมือนกันในรูปเขียนเหล่านี้จะแทนด้วยหมายเลขอ้างอิงเดียวกัน ทั้งนี้ โดยมีได้เป็นการจำกัดแต่อย่างใด และขอบเขตของการประดิษฐ์จะเป็นไปตามข้อถือสิทธิที่แนบท้าย

15 เพื่อที่จะลดจำนวนของอุปกรณ์ควบคุมตำแหน่งของกระจก และ ของตัวกรองความยาวคลื่นแสงลง ซึ่งจะส่งผลให้การจัดวางอุปกรณ์ต่างๆ ภายในอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณแสงทำได้ง่ายขึ้น ในขณะที่ประสิทธิภาพยังคงเดิม และ ยังส่งผลให้จำนวนของอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในระบบดังรูปที่ 1 ลดลง นอกจากนี้จะไม่มีการใช้ตัวแบ่งลำแสงเข้ามาเสริม และ จะไม่มีการเชื่อมต่อกันของตัวกรองความยาวคลื่นแสง ซึ่งจะกระทบต่อความเร็วในการตอบสนอง ค่าการสูญเสียของอุปกรณ์ และ ต้นทุนในการผลิต โดยหลักการของอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสงของความยาวคลื่นแสงที่ต้องการตามการประดิษฐ์นี้จะให้ตัวกรองความยาวคลื่นแสงอยู่กับที่ และมีกระจกสะท้อนที่สามารถควบคุมแบบอนาลอกให้เคลื่อนที่เข้าและ ออกจากเส้นทางที่แสงเดินทางได้ โดยการจัดวางกระจกสามารถทำได้สองรูปแบบ คือ รูปแบบแรกระนาบของกระจกจะถูกจัดวางทำมุมกับทิศทางของแสงตกกระทบ เพื่อให้แสงสะท้อนเคลื่อนที่เข้าสู่ท่อนำคลื่นแสงขาออกได้ ส่วนรูปแบบที่สองนั้นระนาบของกระจกจะถูกจัดวางทำมุมฉากกับทิศทางของแสงตกกระทบเพื่อให้แสงที่สะท้อนจากกระจกเคลื่อนที่ย้อนกลับเข้าสู่ท่อนำคลื่นแสงขาเข้าอีกครั้ง รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างแบบแรกของอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสงของความยาวคลื่นแสงที่ต้องการ 9 ซึ่งประกอบไปด้วยท่อนำคลื่นแสงขาเข้า 1 ท่อนำคลื่นแสงขาออก 8 หลอดใส่ท่อนำคลื่นแสงชนิดคู่ 2 เลนส์ 3 ตัวกรองความยาวคลื่นแสง 4 กระจกสะท้อน 5 อุปกรณ์ควบคุมตำแหน่งของกระจกในเส้นทางเดินของแสง 6 และ ตัวรับแสง 7

20

25

30

ในบางครั้งท่อนำคลื่นแสง 1 และ 8 หลอดใส่ท่อนำคลื่นแสงชนิดคู่ 2 และ เลนส์ 3 รวมเรียกว่าไฟเบอร์ออปติกคอลลิเมเตอร์ชนิดคู่ สำหรับการทำงานของโครงสร้างของอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสงสามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อแสงที่ประกอบด้วยความยาวคลื่นต่างๆ กัน ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$) จำนวนทั้งสิ้น N ความยาวคลื่น เคลื่อนที่ผ่านท่อนำคลื่นแสงขาเข้า 1 เข้าไปยังหลอด

ใส่ท่อนำคลื่นแสง 2 และ เลนส์ 3 จากนั้นแสงหนึ่งลำที่ประกอบด้วยความยาวคลื่นแสง N ความยาวคลื่นนี้จะตกกระทบลงบนตัวกรองความยาวคลื่นแสง 4 ถ้าสมมติให้ตัวกรองความยาวคลื่นแสง 4 นี้ยอมให้แสงที่มีความยาวคลื่นแสงเท่ากับ λ_1 ทะลุผ่านไปได้ ส่วนแสงความยาวคลื่นนอกเหนือจาก λ_1 จะสะท้อนที่ตัวกรองความยาวคลื่นแสง 4 นี้ด้วยมุมสะท้อนเท่ากับมุมตกกระทบ กลับไปยังเลนส์ 3 และ ท่อนำคลื่นแสงขาออก 8 ต่อไป จากการทำงานของตัวกรองความยาวคลื่นแสง 4 ดังกล่าวนี จะสังเกตเห็นได้ว่าเมื่ออุปกรณ์ควบคุมตำแหน่งของกระจก 6 บังคับให้กระจก 5 อยู่นอกเส้นทางเดินของแสง แสงที่มีความยาวคลื่น λ_1 10 จะทะลุผ่านตัวกรองความยาวคลื่นแสง 4 ไปตกกระทบลงบนตัวรับแสง 7 ซึ่งจะทำให้กระแสไฟฟ้า $i_1(t)$ มีปริมาณเพิ่มขึ้น และสามารถนำมาใช้ตรวจสอบปริมาณของกำลังของแสงที่มีความยาวคลื่นเป็น 10 λ_1 รวมทั้งสามารถควบคุมตำแหน่งที่เหมาะสมของกระจก 6 ด้วยการใช้ระบบควบคุมแบบปิด ในขณะเดียวกันที่ท่อนำคลื่นแสงขาออก 8 จะมีปริมาณของแสงที่มีความยาวคลื่น λ_1 อยู่ น้อยมาก แต่จะมีปริมาณแสงที่มีความยาวคลื่นนอกเหนือจากนี้อยู่มาก หรือ ในอีกนัยหนึ่งก็คือแสงที่มีความยาวคลื่น λ_1 ถูกลดทอนมากที่สุด ในทางกลับกันเมื่ออุปกรณ์ควบคุมตำแหน่งของกระจก 6 บังคับให้กระจก 5 ค่อย ๆ เคลื่อนเข้าสู่เส้นทางเดินของแสง จะทำให้แสงที่มีความยาวคลื่น λ_1 15 ที่อยู่ในเส้นทางเดินของแสง 10 สะท้อนที่กระจก 5 นี้กลับไปยังตัวกรองความยาวคลื่นแสง 4 และ จะทะลุตัวกรองความยาวคลื่นแสง 4 นี้ผ่านเลนส์ 3 และ เคลื่อนที่เข้าสู่ท่อนำคลื่นแสงขาออก 8 เหมือนกับแสงความยาวคลื่นอื่นๆ ต่อไป หรือ ในอีกความหมายหนึ่งก็คือ ตำแหน่งของกระจก 5 ในเส้นทางเดินของแสงจะควบคุมปริมาณแสงที่มีความยาวคลื่นแสงที่ตรงกันกับของตัวกรองความยาวคลื่นแสง 4 ที่เคลื่อนที่ออกที่ท่อนำคลื่นแสงขาออก 8 นอก 20 จากนี้ระนาบของกระจก 5 สามารถจัดวางให้เอียงทำมุมฉากกับทิศทางของแสงตกกระทบดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น เพื่อให้แสงที่มีความยาวคลื่นตรงกันกับของตัวกรองความยาวคลื่นแสง 4 สะท้อนกลับไปยังท่อนำคลื่นแสงขาเข้า 1 นอกจากนี้ตำแหน่งของกระจก 5 สามารถจัดวางไว้ข้างหน้า หรือ ข้างหลังตัวกรองความยาวคลื่นแสง 4 ก็ได้

รูปที่ 3 แสดงถึงโครงสร้างของอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสงที่ใช้ตัวกรองความยาวคลื่นแสง รูปแบบที่สองของการประดิษฐ์นี้

ตามรูปที่ 3 อุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสง 12 ประกอบด้วยลักษณะและการทำงานคล้ายกับอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสงรูปแบบที่หนึ่งซึ่งได้แสดงไว้ในรูปที่ 2 ดังนั้นจะอธิบายเพิ่มเติมเฉพาะในส่วนที่ต่างกัน โดยส่วนที่แตกต่างคือ การมีไฟเบอร์ออปติกคอลลิเมเตอร์ชนิดเดี่ยว 11 30 มาวางไว้ข้างหน้าตัวรับแสง 7 เพื่อที่จะนำพาแสงที่มีความยาวคลื่น λ_1 ที่ทะลุผ่านออกมาจากตัวกรองความยาวคลื่นแสง 4 ผ่านท่อนำคลื่นแสง 13 ไปยังตัวรับแสง 7 ต่อไป วิธีการดังกล่าวนี้จะช่วยให้สามารถรวมตัวรับแสง 7 จำนวน N ตัวที่ใช้ตรวจสอบปริมาณของแสงจำนวน N ความยาวคลื่นทั้งหมดไว้ที่ตำแหน่งเดียวกันภายในระบบควบคุม ซึ่งอาจตั้งอยู่ในห้องปฏิบัติการที่อยู่ห่างไกลจาก

จุดที่ต้องควบคุมระดับความเข้มแสง นอกจากนี้ไฟเบอร์ออปติกคอลลิเมเตอร์ **11** ยังทำหน้าที่เป็นตัวกรองสัญญาณแสงรบกวนอันเนื่องมาจากการเลี้ยวเบนของแสงที่ขอบของกระจก **5** ไม่ให้เคลื่อนที่ไปตกกระทบลงบนตัวรับแสง **7** ได้

รูปที่ 4 แสดงถึงโครงสร้างของอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสงที่ใช้ตัวกรอง
5 ความยาวคลื่นแสง รูปแบบที่สามของการประดิษฐ์นี้

ตามโครงสร้างในรูปที่ 4 อุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสงสำหรับความยาวคลื่นแสงที่ต้องการ **15** มีสิ่งที่แตกต่างจากสิ่งประดิษฐ์ตามโครงสร้างในรูปที่ 2 คือ มีการวางกระจก **14** ไว้ที่ตำแหน่งของตัวรับแสง **7** ที่ใช้ในโครงสร้างดังรูปที่ 2 กระจก **14** ที่ใช้นี้จะวางอยู่กับที่โดยเส้นปกติของกระจกจะทำมุมขนานกับทิศทางของแสงตกกระทบ เมื่อแสงที่มีความยาวคลื่นตรงกัน
10 กับของตัวกรองความยาวคลื่นแสง **4** จากท่อนำคลื่นแสงขาเข้า **1** เคลื่อนที่ออกมาจากเลนส์ **3** แสงตามเส้นทาง **10** ตกกระทบกระจก **14** และ จะสะท้อนที่กระจก **14** นี้กลับไปยังเส้นทางเดิม และ เข้าสู่ท่อนำคลื่นแสงขาเข้า **1** อีกครั้ง ในขณะที่เดียวกันแสงที่มีความยาวคลื่นต่างจากตัวกรองความยาวคลื่นแสง **4** จะสะท้อนที่ตัวกรองความยาวคลื่นแสง **4** นี้ด้วยมุมสะท้อนเท่ากับมุมตกกระทบไปยังเลนส์ **3** และ เข้าสู่ท่อนำคลื่นแสงขาออก **8** ต่อไป ในทางกลับกันถ้าอุปกรณ์
15 ควบคุมตำแหน่งของกระจก **6** บังคับให้กระจก **5** เคลื่อนที่เข้าสู่เส้นทางเดินของแสง จะทำให้แสงที่มีความยาวคลื่นแสงตรงกันกับของตัวกรองความยาวคลื่นแสง **4** สะท้อนที่กระจก **5** นี้ผ่านไปยังเลนส์ **3** และ เข้าสู่ท่อนำคลื่นแสงขาออก **8** ต่อไป จากการทำงานข้างต้นนี้เราสามารถควบคุมความเข้มของแสงที่มีความยาวคลื่น λ_1 ที่ตรงกับตัวกรองความยาวคลื่นแสง **4** ที่ท่อนำคลื่นแสงขาออก **8** หรือ ท่อนำคลื่นแสงขาเข้า **1** ได้โดยการควบคุมตำแหน่งของกระจกสะท้อน **5** นั้นเอง

20 ในกรณีถ้าต้องการตรวจสอบปริมาณของแสงความยาวคลื่นที่ต้องการ เราสามารถติดตั้งอุปกรณ์กรองความยาวคลื่นแสงที่ควบคุมได้ และ ตัวรับแสง **7** เข้าที่ท่อนำคลื่นแสงขาออก **8** การทำงานของกระจก **5** ตามการประดิษฐ์นี้เป็นแบบอนาลอกเพื่อให้สามารถควบคุมปริมาณของแสงที่มีความยาวคลื่นตรงกันกับตัวกรองความยาวคลื่นแสง **4** ได้มากกว่าสองระดับ อย่างไรก็ตามถ้ากระจก **5** ในโครงสร้าง **9 12** และ **15** นั้นมีการเคลื่อนที่สองระดับ หรือ ดิจิตอล จะทำให้
25 โครงสร้างเหล่านี้ทำงานเป็นแบบอุปกรณ์ควบคุมความเข้มแสงสองระดับ หรือ เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ชิงเชิงแสงแบบ 1×2 แทน

รูปที่ 5 แสดงแผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นแสงที่ต้องการตามโครงสร้าง **9** และ **12** ในแผนผังนี้จะประกอบไปด้วยท่อนำคลื่นแสงขาเข้า **1** ที่จะนำแสงที่มีความยาวคลื่นแสง $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ รวมทั้งหมด N ความยาวคลื่น
30 เข้าสู่ระบบการควบคุมระดับความเข้มแสง โดยผ่านไปยังอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นแสงเป็น λ_1 ก่อน **20(1)** ซึ่งจะมีเฉพาะแสงที่มีความยาวคลื่นแสง λ_1 เท่านั้นที่สามารถถูกควบคุมปริมาณของกำลังแสง (λ_1) ส่วนแสงความยาวคลื่นอื่น ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_N$) จะเคลื่อนที่ไปยังอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณแสงสำหรับ

ความยาวคลื่นแสงที่สอง **20(2)** ความยาวคลื่นแสงที่สาม **20(3)** จนกระทั่งถึงความยาวคลื่นแสงลำดับที่ **N 20(N)** ตามลำดับต่อไป หลังจากนั้นแสงทั้งหมดที่ถูกปรับระดับความเข้มแสงแล้ว ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_N$) จะเดินทางเข้าสู่ท่อนำคลื่นแสงขาออก **17** ส่วนกระแสไฟฟ้าที่ได้จากอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสงต่าง ๆ **20(1), 20(2), 20(3)** จนกระทั่งถึง **20(N)** คือ $i_1(t), i_2(t), i_3(t), \dots, i_N(t)$ จะส่งต่อไปยังระบบควบคุมแบบปิด **18** ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสงของสัญญาณแสงทั้งหมดผ่านทางพอร์ต หรือ ช่องทางสื่อสาร **19**

แผนผังระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณแสงตามโครงสร้าง **12** สามารถทำได้ในอีกลักษณะหนึ่งดังรูปที่ **6** ในกรณีนี้ท่อนำคลื่นแสงขาเข้า **1** จะนำแสงที่มีความยาวคลื่นแสง $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_N$ รวมทั้งหมด **N** ความยาวคลื่น เข้าสู่ระบบ โดยผ่านไปยังอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นแสงเป็น λ_1 ก่อน **22(1)** ซึ่งแสงที่มีความยาวคลื่นตรงกันกับตัวกรองความยาวคลื่นแสงที่ใช้ในอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณแสงแต่ละตัว และ ถูกควบคุมกำลังของแสงระดับหนึ่ง จะเคลื่อนที่ออกมา ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_N$) ส่วนปริมาณแสงที่เหลือทั้งหมดจะเคลื่อนที่ไปยังอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณแสงตัวถัดไป จนกระทั่งผ่านไปยังอุปกรณ์กรองความยาวคลื่นแสงที่ควบคุมได้ **21** ซึ่ง

15 จะควบคุมให้เฉพาะแสงที่มีความยาวคลื่นที่ต้องการเคลื่อนที่ผ่านไปตกกระทบลงบนตัวรับแสง **7** และ กระแสไฟฟ้าที่ได้จากตัวรับแสง **7** ซึ่งมีความสอดคล้องกับระดับความเข้มแสงของสัญญาณแสงความยาวคลื่นที่เคลื่อนที่ทะลุผ่านอุปกรณ์กรองความยาวคลื่นแสงที่ควบคุมได้ **21** จะถูกส่งต่อไปยังระบบควบคุมการทำงาน **18** ต่อไป

แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณแสงตามโครงสร้าง **15**

20 สามารถทำได้ในอีกลักษณะหนึ่งดังรูปที่ **7** การทำงานของระบบการเชื่อมต่อในกรณีนี้จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับแผนผังในรูปที่ **6** ยกเว้นแต่เพียงว่าในกรณีนี้จะนำออปติคอลเซอร์คิวเลเตอร์ **24** เข้ามาช่วยในการบังคับแสงที่สะท้อนมาจากอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณแสง **23(1), 23(2), 23(3)** จนกระทั่งถึง **23(N)** และ เคลื่อนที่ในท่อนำคลื่นแสง **25** ให้เคลื่อนที่ออกที่ท่อนำคลื่นแสง **26** ข้อสังเกตอย่างหนึ่งในแผนผังนี้ก็คือตำแหน่งของอุปกรณ์กรองความยาวคลื่นแสงที่ควบคุมได้ **21** ตัวรับแสง **7** และ ระบบควบคุมการทำงาน **18** สามารถนำมาเชื่อมต่อไว้ที่ท่อนำคลื่นแสง **26** ได้เช่นกัน โดยในกรณีนี้ท่อนำคลื่นแสง **27** จะเป็นพอร์ตขาออกของระบบแทน

รูปที่ **8** แสดงแผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณแสง **31** เข้าด้วยกัน โดยอุปกรณ์ดังกล่าวนี้สามารถสร้างขึ้นตามโครงสร้าง **9** หรือ โครงสร้าง **12** ตาม

30 การประดิษฐ์นี้ได้ สำหรับกรณีที่ระนาบของกระจก **5** เอียงทำมุมตั้งฉากกับทิศทางของแสงตกกระทบ การนำออปติคอลเซอร์คิวเลเตอร์ **24** มาใช้จะช่วยทำให้สามารถควบคุมทิศทางของแสงที่ออกมา ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_N$) ให้อยู่ที่ท่อนำคลื่นแสง **26** ส่วนพอร์ตขาออกของอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มแสงสำหรับแสงความยาวคลื่นแสงชุดสุดท้ายจะถูกกัน หรือ ปิดไว้ เพื่อมิให้

สัญญาณแสงรบกวนที่มาจากชุดอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณแสงเหล่านี้ไปรบกวนส่วนอื่นของระบบด้วยอุปกรณ์กัน หรือ ดูดซับลำแสง 30 ในโครงสร้างนี้จะเห็นได้ชัดว่าสัญญาณแสงที่ไม่ต้องการจะถูกกัน หรือ ดูดซับด้วยอุปกรณ์กันลำแสง 30 ในขณะที่สัญญาณแสงที่ต้องการสำหรับการใช้งาน และ สำหรับการควบคุมแบบปิดจะมีสัญญาณแสงรบกวนน้อย

5 ทำให้ช่วงการปรับระดับความเข้มแสงกว้างขึ้น

ถึงแม้ว่าการประดิษฐ์นี้จะได้รับการบรรยายโดยสมบูรณ์โดยใช้ประกอบกับรูปเขียนที่แนบมาด้วยก็ตาม ย่อมเป็นที่เข้าใจได้ว่าการดัดแปลง หรือแก้ไขต่างๆ โดยผู้ที่มีความชำนาญในระดับสามัญในศิลปะวิทยาการแขนงนี้โดยที่อยู่ภายในขอบเขตและวัตถุประสงค์ของการประดิษฐ์ อาจจะทำได้

10 วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

บทสรุปการประดิษฐ์

อุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณแสงตามการประดิษฐ์นี้จะประกอบไปด้วย
ท่อนำคลื่นแสงขาเข้า ท่อนำคลื่นแสงขาออก หลอดใส่ท่อนำคลื่นแสงชนิดคู่ เลนส์ (รวมเรียกว่า
ไฟเบอร์ออปติกคอลลิเมเตอร์ชนิดคู่) หลอดใส่ท่อนำคลื่นแสงชนิดเดี่ยว (ซึ่งเมื่อรวมกับเลนส์จะ
5 เรียกว่า ไฟเบอร์ออปติกคอลลิเมเตอร์ชนิดเดี่ยว) ตัวกรองความยาวคลื่นแสงซึ่งอยู่กับที่ อุปกรณ์
ควบคุมตำแหน่งของกระจก กระจกที่สามารถควบคุมตำแหน่งได้ และ ตัวรับแสง โดยที่กระจกที่
ใช้สะท้อนแสงสามารถจัดวางเพื่อให้แสงสะท้อนไปยังท่อนำคลื่นแสงขาออก หรือ สะท้อนกลับไป
ยังท่อนำคลื่นแสงขาเข้า ตำแหน่งของกระจกนี้ในเส้นทางเดินของแสงจะทำหน้าที่ควบคุม
10 ปริมาณแสงที่สะท้อนไปยังพอร์ตขาออก และ ช่วยบังคับทิศทางเดินของลำแสงที่มีความ
ยาวคลื่นแสงที่ต้องการได้ การจัดวางกระจกสามารถจัดให้อยู่ข้างหน้า หรือ ข้างหลังตัว
กรองความยาวคลื่นแสงก็ได้ ส่วนตัวกรองความยาวคลื่นแสงจะทำหน้าที่สะท้อนแสงที่มีความ
ยาวคลื่นที่ไม่ตรงกันกับของตัวกรองความยาวคลื่นแสงด้วยมุมตกกระทบเท่ากับมุม
สะท้อน ในขณะที่แสงที่มีความยาวคลื่นตรงกันกับของตัวกรองความยาวคลื่นแสงจะทะลุผ่านไป
15 ได้ ในกรณีที่แสงเดินทางเข้าและออกจากท่อนำคลื่นเดียวกันจะมีการใช้ออปติกคอลเซอร์คิวเล
เตอร์มาช่วยในการควบคุมทิศทางเดินของแสง และ เป็นการเพิ่มพอร์ตขึ้นอีกหนึ่งพอร์ต
นอกจากนี้ยังมีการใช้ตัวดูดซับ หรือ ตัวกั้นแสงเพื่อป้องกันมิให้สัญญาณแสงที่ไม่ต้องการไปรบกวน
ส่วนอื่นๆ ของอุปกรณ์ควบคุมระดับความเข้มของสัญญาณนี้ และ ยังมีการใช้ระบบควบคุม
แบบปิดเพื่อให้ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด การเชื่อมต่อกันของอุปกรณ์ควบคุมระดับความ
20 เข้มของสัญญาณแสงตามการประดิษฐ์นี้จะช่วยให้สามารถลดจำนวนของตัวแยก และ รวม
สัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกันได้

ข้อถ้อยสิทธิ

1. อุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสงสำหรับใช้ควบคุมความเข้มแสงในระบบมัลติเพล็กซ์ทางความยาวคลื่นแสง อุปกรณ์ดังกล่าวเชื่อมต่ออยู่ระหว่างพอร์ตที่หนึ่งซึ่งเป็นเส้นใยนำแสงขาเข้ากับพอร์ตที่สองซึ่งเป็นเส้นใยนำแสงขาออกสำหรับสุมตัวอย่างบางส่วนของสัญญาณแสงที่มีองค์ประกอบของสัญญาณหลายความยาวคลื่นแสง ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_N$) ซึ่งถูกส่งเข้ามาและผ่านออกไปเพื่อหากำลังความเข้มของสัญญาณแสงดังกล่าวที่ความยาวคลื่นแสงเฉพาะความยาวคลื่นแสงหนึ่งและแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าออกไปยังพอร์ตที่สาม, อุปกรณ์ดังกล่าวประกอบด้วย

- ไฟเบอร์ออปติคอลคอลลิมิเตอร์ชนิดคู่ ที่ประกอบด้วยท่อนำคลื่นแสงขาเข้า (1) ท่อนำคลื่นแสงขาออก (8) หลอดใส่ท่อนำคลื่นชนิดคู่ (2) และเลนส์คอลลิมิเตอร์ (3) สำหรับรับสัญญาณแสงที่มีองค์ประกอบหลายความยาวคลื่นดังกล่าวทางพอร์ตที่หนึ่งดังกล่าวของอุปกรณ์ผ่านทางท่อนำคลื่นแสงขาเข้า (1) ดังกล่าว และส่งสัญญาณแสงดังกล่าวไปตามเส้นทางลำแสงที่หนึ่งที่อยู่ปลายด้านหนึ่งของไฟเบอร์ออปติคอลคอลลิมิเตอร์ชนิดคู่ดังกล่าว และส่งสัญญาณแสงขาออกออกไปทางพอร์ตที่สองดังกล่าวของอุปกรณ์ โดยผ่านทางท่อนำคลื่นแสงขาออก (8) ดังกล่าว
- ตัวกรองความยาวคลื่นแสง (4) ซึ่งถูกติดตั้งอยู่ใกล้กับด้านปลายของไฟเบอร์ออปติคอลคอลลิมิเตอร์ชนิดคู่ ดังกล่าวเพื่อรับสัญญาณแสงที่มาจากเส้นทางลำแสงที่หนึ่งดังกล่าว โดยตัวกรองความยาวคลื่นแสง (4) ดังกล่าวจะยอมให้แสงที่มีช่วงความยาวคลื่นเฉพาะค่าหนึ่งเท่านั้นทะลุผ่านไปได้ แต่จะสะท้อนสัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นนอกเหนือไปจากช่วงค่าความยาวคลื่นเฉพาะดังกล่าวกลับไป โดยที่ตัวกรองความยาวคลื่นแสง (4) ดังกล่าวได้รับการจัดวางเพื่อให้สะท้อนแสงที่มีความยาวคลื่นนอกเหนือไปจากช่วงค่าความยาวคลื่นเฉพาะดังกล่าว ที่ผ่านไฟเบอร์ออปติคอลคอลลิมิเตอร์ชนิดคู่ ดังกล่าวกลับไปยังพอร์ตที่สองดังกล่าวของอุปกรณ์โดยผ่านทางท่อนำคลื่นแสงขาออก (8) ดังกล่าว และ
- ตัวรับสัญญาณแสง (7) สำหรับรับแสงที่เคลื่อนที่ออกมาจากตัวกรองความยาวคลื่นแสง (4) ดังกล่าวเพื่อแปลงสัญญาณแสงดังกล่าวไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อส่งออกไปยังพอร์ตที่สามดังกล่าว

โดยมีลักษณะเฉพาะคือ อุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสงดังกล่าวยังประกอบด้วย ตัวสะท้อนแสง (5) ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ซึ่งถูกจัดวางอยู่ระหว่างตัวกรองความยาวคลื่นแสง (4) กับตัวรับสัญญาณแสง (7) และประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุมตำแหน่ง (6) สำหรับควบคุมตำแหน่งของตัวสะท้อนแสง (5) ดังกล่าว

โดยที่อุปกรณ์ควบคุมตำแหน่ง (6) ดังกล่าวจะควบคุมให้ตัวสะท้อนแสง (5) ดังกล่าวให้เคลื่อนที่ขวางเส้นทางเดินของแสง (10) ระหว่าง ตัวกรองความยาวคลื่นแสง (4) กับตัวรับสัญญาณแสง (7) ทำให้สัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นเฉพาะค่าหนึ่งดังกล่าวบางส่วนสะท้อนกลับไปที่พอร์ตที่สองดังกล่าว และส่วนที่เหลือของสัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นเฉพาะค่าหนึ่งดังกล่าว จะตกลงบนตัวรับสัญญาณแสง (7)

2. อุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสงตามข้อถ้อยสิทธิ 1 ที่มีลักษณะเฉพาะคืออุปกรณ์ดังกล่าวยังประกอบด้วยเพิ่มเติมด้วย ไฟเบอร์คอลลิเมเตอร์ชนิดเดี่ยว (11) สำหรับรับสัญญาณแสง (10) ที่ออกมาจากตัวกรองความยาวคลื่นแสง (4) ดังกล่าวเพื่อส่งต่อไปยังตัวรับสัญญาณแสง (7) โดยผ่านทางท่อนำคลื่นแสง (13)
3. อุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสงสำหรับใช้ควบคุมความเข้มแสงในระบบมัลติเพล็กซ์ทางความยาวคลื่นแสง อุปกรณ์ดังกล่าวเชื่อมต่ออยู่ระหว่างพอร์ตที่หนึ่งซึ่งเป็นเส้นใยนำแสงขาเข้ากับพอร์ตที่สองซึ่งเป็นเส้นใยนำแสงขาออกสำหรับส้อมตัวอย่างบางส่วนของสัญญาณแสงที่มีองค์ประกอบของสัญญาณหลายความยาวคลื่นแสง ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_N$) ซึ่งถูกส่งเข้ามาและผ่านออกไปเพื่อหากำลังความเข้มของสัญญาณแสงดังกล่าวที่ความยาวคลื่นแสงเฉพาะความยาวคลื่นแสงหนึ่ง และแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าออกไปยังพอร์ตที่สาม, อุปกรณ์ดังกล่าวประกอบด้วย

- ไฟเบอร์ออปติคอลคอลลิเมเตอร์ชนิดคู่ ที่ประกอบด้วยท่อนำคลื่นแสงขาเข้า (1) ท่อนำคลื่นแสงขาออก (8) หลอดใส่ท่อนำคลื่นชนิดคู่ (2) และเลนส์คอลลิเมเตอร์ (3) สำหรับรับสัญญาณแสงที่มีองค์ประกอบหลายความยาวคลื่นแสงดังกล่าวทางพอร์ตที่หนึ่งดังกล่าวของอุปกรณ์ผ่านทางท่อนำคลื่นแสงขาเข้า (1) ดังกล่าว และส่งสัญญาณแสงดังกล่าวไปตามเส้นทางลำแสงที่หนึ่งที่อยู่ปลายด้านหนึ่งของไฟเบอร์ออปติคอลคอลลิเมเตอร์ชนิดคู่ดังกล่าว และส่งสัญญาณแสงขาออก ออกไปทางพอร์ตที่สองดังกล่าวของอุปกรณ์ โดยผ่านทางท่อนำคลื่นแสงขาออก (8) ดังกล่าว
- ตัวกรองความยาวคลื่นแสง (4) ซึ่งถูกติดตั้งอยู่ใกล้กับด้านปลายของไฟเบอร์ออปติคอลคอลลิเมเตอร์ชนิดคู่ ดังกล่าวเพื่อรับสัญญาณแสงที่มาจากเส้นทางลำแสงที่หนึ่งดังกล่าว โดยตัวกรองความยาวคลื่นแสง (4) ดังกล่าวจะยอมให้แสงที่มีช่วงความยาวคลื่นเฉพาะค่าหนึ่งเท่านั้นทะลุผ่านไปได้ แต่จะสะท้อนสัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นนอกเหนือไปจากช่วงค่าความยาวคลื่นเฉพาะดังกล่าวกลับไป โดยที่ตัวกรองความยาวคลื่นแสง (4) ดังกล่าวได้รับการจัดวางเพื่อให้สะท้อนแสงที่มีความยาวคลื่นนอกเหนือไปจากช่วงค่าความยาวคลื่นเฉพาะดังกล่าว ที่ผ่านไฟเบอร์ออปติคอลคอลลิเมเตอร์ชนิดคู่ ดังกล่าวกลับไปยังพอร์ตที่สองดังกล่าวของอุปกรณ์ โดยผ่านทางท่อนำคลื่นแสงขาออก (8) ดังกล่าว และ
- ตัวรับสัญญาณแสง (7) สำหรับรับแสงที่ออกมาจากตัวกรองความยาวคลื่นแสง (4) ดังกล่าวเพื่อแปลงสัญญาณแสงดังกล่าวไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อส่งออกที่พอร์ตที่สามดังกล่าว

โดยมีลักษณะเฉพาะคือ อุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสงดังกล่าวยังประกอบด้วย ตัวสะท้อนแสง (5) ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ซึ่งถูกจัดวางอยู่ระหว่างไฟเบอร์ออปติคอลคอลลิเมเตอร์ชนิดคู่ โดยที่ระนาบของตัวสะท้อนแสง (5) ทำมุมตั้งฉากกับทิศทางของแสงตกกระทบ ดังกล่าวกับตัวกรองความยาวคลื่นแสง (4) และประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุมตำแหน่ง (6) สำหรับควบคุมตำแหน่งของตัวสะท้อนแสง (5) ดังกล่าว

โดยที่อุปกรณ์ควบคุมตำแหน่ง (6) ดังกล่าวจะควบคุมให้ตัวสะท้อนแสง (5) ดังกล่าวให้เคลื่อนที่ ขวางเส้นทางเดินของแสงระหว่างไฟเบอร์ออปติคอลคอลลิเมเตอร์ชนิดคู่ดังกล่าวกับ ตัวกรองความยาวคลื่น แสง (4) ทำให้สัญญาณแสงบางส่วนสะท้อนกลับไปที่พอร์ตที่สองดังกล่าว และ สัญญาณแสงส่วนที่เหลือ จะตกลงบนตัวกรองความยาวคลื่นแสง (4) ดังกล่าว

4. อุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสงตามข้อถ้อยคำ 3 ที่มีลักษณะเฉพาะคืออุปกรณ์ดังกล่าวยังประกอบ เพิ่มเติมด้วย ไฟเบอร์คอลลิเมเตอร์ชนิดเดี่ยว (11) สำหรับรับสัญญาณแสง (10) ที่ออกมาจากตัว กรองความยาวคลื่นแสง (4) ดังกล่าวเพื่อส่งต่อไปยังตัวรับสัญญาณแสง (7) โดยผ่านทางท่อนำคลื่น แสง (13)

5. อุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสงสำหรับใช้ควบคุมความเข้มแสงในระบบมัลติเพล็กซ์ทาง ความยาวคลื่นแสง อุปกรณ์ดังกล่าวเชื่อมต่ออยู่ระหว่างพอร์ตที่หนึ่งซึ่งเป็นเส้นใยนำแสงขาเข้ากับ พอร์ตที่สองซึ่งเป็นเส้นใยนำแสงขาออกสำหรับสุ่มตัวอย่างบางส่วนของสัญญาณแสงที่มีองค์ ประกอบของสัญญาณหลายความยาวคลื่นแสง ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_N$) เพื่อหากำลังความเข้มของ สัญญาณแสงดังกล่าวที่ความถี่เฉพาะความถี่หนึ่ง, อุปกรณ์ดังกล่าวประกอบด้วย

— ไฟเบอร์ออปติคอลคอลลิเมเตอร์ชนิดคู่ ที่ประกอบด้วยท่อนำคลื่นแสงขาเข้า (1) ท่อนำคลื่นแสง ขาออก (8) หลอดใส่ท่อนำคลื่นชนิดคู่ (2) และเลนส์คอลลิเมเตอร์ (3) สำหรับรับสัญญาณแสงที่ มีองค์ประกอบหลายความยาวคลื่นแสงดังกล่าวทางพอร์ตที่หนึ่งดังกล่าวของอุปกรณ์ผ่านทาง ท่อนำคลื่นแสงขาเข้า (1) ดังกล่าว และส่งสัญญาณแสงดังกล่าวไปตามเส้นทางลำแสงที่หนึ่งที่ อยู่ปลายด้านหนึ่งของไฟเบอร์ออปติคอลคอลลิเมเตอร์ชนิดคู่ดังกล่าว และส่งสัญญาณแสงขา ออก ออกไปทางพอร์ตที่สองดังกล่าวของอุปกรณ์โดยผ่านทางท่อนำคลื่นแสงขาออก (8) ดัง กล่าว

— ตัวกรองความยาวคลื่นแสง (4) ซึ่งถูกติดตั้งอยู่ใกล้กับด้านปลายของไฟเบอร์ออปติคอลคอลลิ เมเตอร์ชนิดคู่ ดังกล่าวเพื่อรับสัญญาณแสงที่มาจากเส้นทางลำแสงที่หนึ่งดังกล่าว โดยตัวกรอง ความยาวคลื่นแสง (4) ดังกล่าวจะยอมให้แสงที่มีช่วงความยาวคลื่นเฉพาะค่าหนึ่งเท่านั้นทะลุ ผ่านไปได้ แต่จะสะท้อนสัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นนอกเหนือไปจากช่วงค่าความยาวคลื่น เฉพาะดังกล่าวกลับไป โดยที่ตัวกรองความยาวคลื่นแสง (4) ดังกล่าวได้รับการจัดวางเพื่อให้ สะท้อนแสงที่มีความยาวคลื่นนอกเหนือไปจากช่วงค่าความยาวคลื่นเฉพาะดังกล่าว ที่ผ่านไฟ เบอร์ออปติคอลคอลลิเมเตอร์ชนิดคู่ ดังกล่าวกลับไปยังพอร์ตที่สองดังกล่าวของอุปกรณ์โดยผ่าน ทางท่อนำคลื่นแสงขาออก (8) ดังกล่าว และ

มีลักษณะเฉพาะคือ อุปกรณ์ดังกล่าวยังประกอบด้วย

กระจกสะท้อนที่อยู่กับที่ (14) ที่ถูกจัดวางต่อไปจากตัวกรองความยาวคลื่นแสง (4) ดังกล่าวเป็นมุม เอียงเพื่อที่ว่าแสงที่ผ่านออกจากตัวกรองความยาวคลื่นแสง (4) ดังกล่าวจะถูกทำให้สะท้อนกลับไปยังพอร์ต ที่หนึ่งดังกล่าวของอุปกรณ์โดยผ่านทางท่อนำคลื่นแสงขาเข้า (1) ดังกล่าว และ

กระจกสะท้อนที่ควบคุมตำแหน่งได้ (5) ที่ถูกวางอยู่ระหว่างตัวกรองความยาวคลื่นแสง (4) ดังกล่าว และกระจกสะท้อนที่อยู่กับที่ (14) และ สามารถเคลื่อนที่ขวางเส้นทางเดินลำแสงเพื่อควบคุมปริมาณแสงที่สะท้อนออกจากตัวมันได้ และ

อุปกรณ์ควบคุมตำแหน่ง (6) สำหรับควบคุมตำแหน่งของตัวสะท้อนแสง (5) ดังกล่าว

โดยที่อุปกรณ์ควบคุมตำแหน่ง (6) ดังกล่าวจะควบคุมให้ตัวสะท้อนแสง (5) ดังกล่าวให้เคลื่อนที่ ขวางเส้นทางเดินของแสงที่มีช่วงค่าความยาวคลื่นเฉพาะดังกล่าวที่เคลื่อนที่ระหว่างตัวกรองความยาวคลื่น แสง (4) ดังกล่าวกับกระจกที่อยู่กับที่ (14) ดังกล่าวทำให้สัญญาณแสงบางส่วนจะสะท้อนจากกระจกสะท้อน ที่ควบคุมตำแหน่งได้ (5) ดังกล่าวกลับไปพอร์ตที่สองดังกล่าวและ สัญญาณแสงส่วนที่เหลือจะสะท้อน จากกระจกสะท้อนที่อยู่กับที่ (14) ดังกล่าวกลับไปพอร์ตที่หนึ่งดังกล่าว ดังนั้นจึงทำให้สามารถควบคุม ปริมาณแสงที่มีช่วงค่าความยาวคลื่นเฉพาะดังกล่าวให้ออกทางพอร์ตที่สองได้

6. ระบบควบคุมระดับความเข้มแสงของแสงความยาวคลื่นต่างๆ ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_N$) ที่ประกอบด้วย อุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสงตามข้อถ้อยสิทธิ ข้อใดข้อหนึ่งก่อนหน้า และ แสงเคลื่อนที่จากพอร์ตที่ หนึ่งไปยังพอร์ตที่สองดังกล่าว **ที่มีลักษณะเฉพาะคือ**ประกอบไปด้วย

- ระบบควบคุมแบบปิด (18) สำหรับรับสัญญาณไฟฟ้าจากตัวรับแสง (7) ซึ่งมีจำนวนเท่ากับ จำนวนของความยาวคลื่นแสง เพื่อที่จะควบคุมตำแหน่งของกระจกที่เคลื่อนที่ได้ (5) ผ่าน พอร์ตสื่อสารที่ต้องการ (19)

7. ระบบควบคุมระดับความเข้มแสง ตามข้อถ้อยสิทธิ 6 **ที่มีลักษณะเฉพาะคือ**ยังประกอบเพิ่มเติมด้วย

- ออปติคคอลลเซอร์คิวเลเตอร์ (24) เพื่อเพิ่มพอร์ตของระบบควบคุมขึ้นมาอีกหนึ่งพอร์ต (26) สำหรับใช้เป็นพอร์ตขาออก
- ตัวกั้นแสง หรือ ตัวดูดซับแสง (30) เพื่อป้องกันมิให้สัญญาณแสงความยาวคลื่นที่ไม่ ต้องการย้อนกลับไปยังพอร์ตหนึ่งและสองของระบบได้

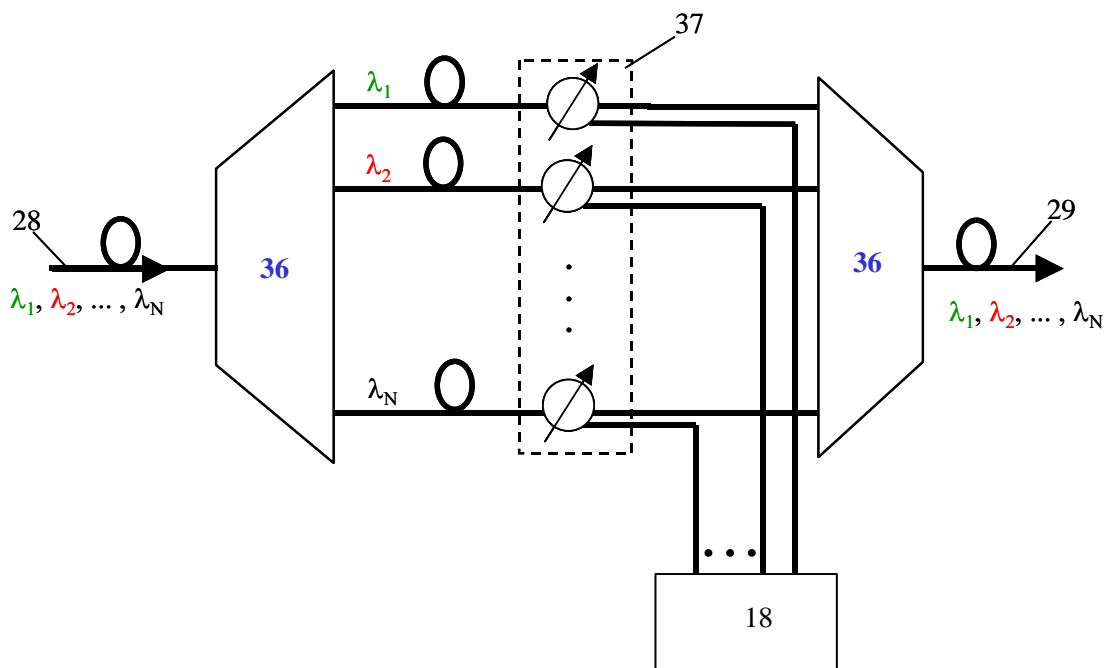
8. ระบบควบคุมระดับความเข้มแสง ตามข้อถ้อยสิทธิ 6 หรือ 7 **ที่มีลักษณะเฉพาะคือ**ยังประกอบเพิ่ม เดิมด้วย

- อุปกรณ์กรองความยาวคลื่นแสงที่ควบคุมได้ (21) เพื่อทำหน้าที่แยกสัญญาณความยาวคลื่น แสงที่ต้องการให้เคลื่อนที่ผ่านไป
- ระบบควบคุมแบบปิด (18) สำหรับรับสัญญาณไฟฟ้าจากตัวรับแสง (7) ซึ่งเปลี่ยนมาจาก สัญญาณแสงความยาวคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์กรองความยาวคลื่นแสงที่ควบคุมได้ (21) ออกมา เพื่อที่จะควบคุมตำแหน่งของกระจกที่เคลื่อนที่ได้ (5) ผ่านพอร์ตสื่อสารที่ ต้องการ (19)

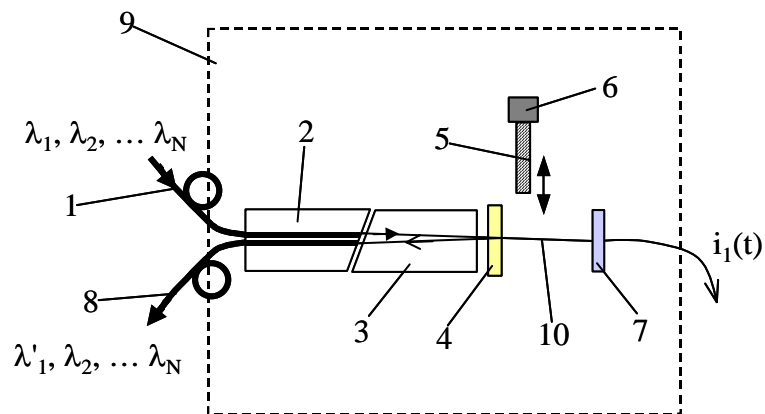
9. ระบบควบคุมระดับความเข้มแสงของแสงความยาวคลื่นต่างๆ ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_N$) ที่ประกอบด้วย อุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสงตามข้อถ้อยสิทธิ ข้อใดข้อหนึ่งก่อนหน้า และ แสงเคลื่อนที่จากพอร์ตที่

หนึ่งไปยังพอร์ตที่สองดังกล่าว **ที่มีลักษณะเฉพาะคือ** ประกอบเพิ่มเติมด้วยพอร์ตอีกหนึ่งพอร์ต (26) โดยการใช้อุปกรณ์คอสเซอร์คิวเลเตอร์ (24) เชื่อมต่อเข้ากับพอร์ตหนึ่งดังกล่าวของระบบดังกล่าว

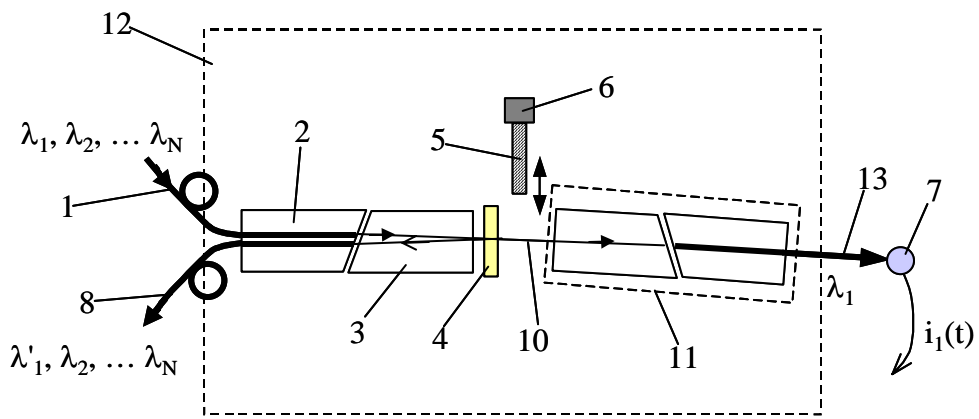
10. อุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสง ตามข้อถ้อยสิทธิข้อใดข้อหนึ่งก่อนหน้า **ที่มีลักษณะเฉพาะคือ** กระจก (5) ที่เคลื่อนที่ได้ดังกล่าวสามารถจัดวางให้ระนาบของกระจกตั้งฉากกับทิศทางของแสงตกกระทบ เพื่อให้แสงความยาวคลื่นที่ต้องการ สะท้อนที่กระจก (5) กลับไปยังพอร์ตที่หนึ่งดังกล่าวได้



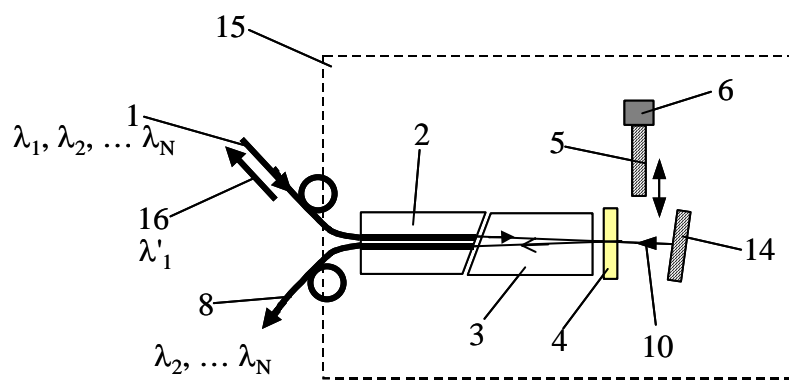
รูปที่ 1



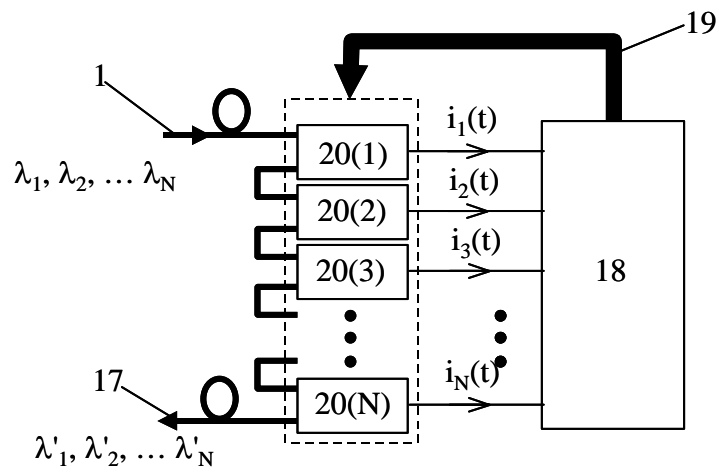
รูปที่ 2



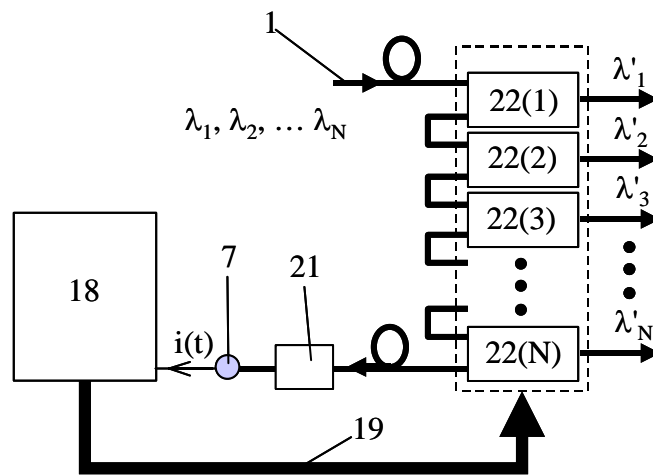
รูปที่ 3



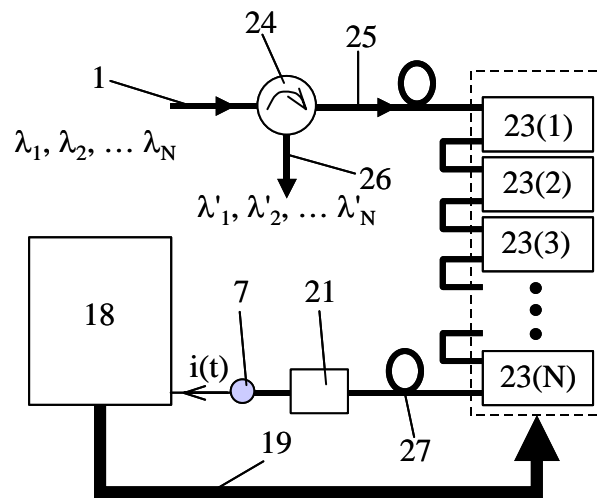
รูปที่ 4



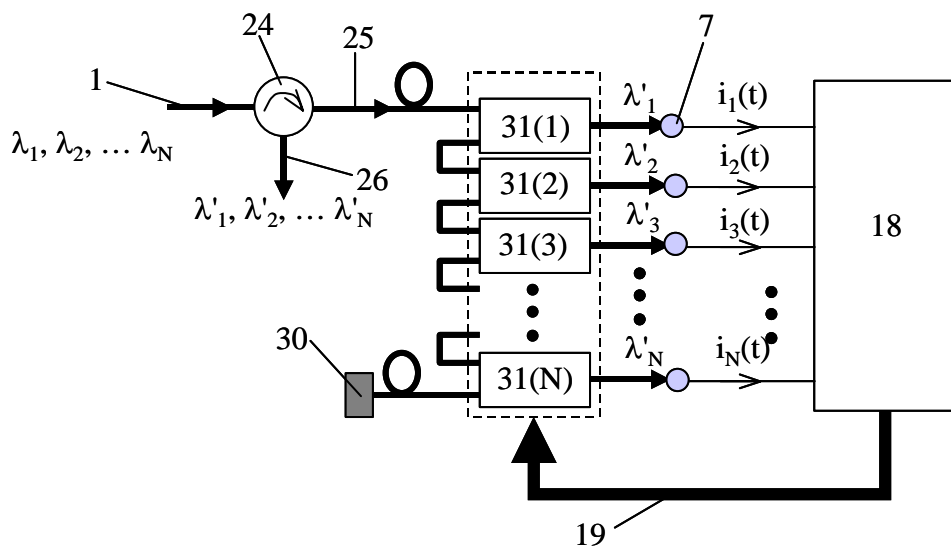
รูปที่ 5



รูปที่ 6



รูปที่ 7



รูปที่ 8