



เลขที่สิทธิบัตร 20256

สป/200 - ข

สิทธิบัตรการประดิษฐ์

อาศัยอำนาจตามความในพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522 อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญาออกสิทธิบัตรฉบับนี้ให้แก่

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

สำหรับการประดิษฐ์ตามรายละเอียดการประดิษฐ์ ข้อถือสิทธิ และรูปเขียน (ถ้ามี)
ปรากฏในสิทธิบัตรนี้

เลขที่คำขอ	0301000121 (079421)
วันขอรับสิทธิบัตร	15 มกราคม 2546
ผู้ประดิษฐ์	นายศรัณย์ สัมฤทธิ์เดชขจร

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ อุปกรณ์เสวิตซึ่งเชิงแสงที่ควบคุมได้ชนิด 2 x 2

ให้ผู้ทรงสิทธิบัตรและหน้าที่ตามกฎหมายว่าด้วยสิทธิบัตรทุกประการ

ออกให้ ส. 27 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2549

หมดอายุ ส. 14 เดือน มกราคม พ.ศ. 2566

(ลงชื่อ)

(นายคณิตสสร นาวานเคราะห์)

อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา
ผู้ออกสิทธิบัตร

พนักงานเจ้าหน้าที่

- หมายเหตุ
1. ผู้ประดิษฐ์ต้องชำระค่าธรรมเนียมรายปีเริ่มนับปีที่ 5 ของอายุสิทธิบัตร มิฉะนั้นสิทธิบัตรจะสิ้นอายุ
 2. ผู้ทรงสิทธิบัตรจะขอชำระค่าธรรมเนียมรายปีล่วงหน้าโดยชำระทั้งหมดในคราวเดียวกันได้
 3. การอนุญาตให้ใช้สิทธิตามสิทธิบัตรและการโอนสิทธิบัตรต้องทำเป็นหนังสือและจดทะเบียนต่อพนักงานเจ้าหน้าที่



รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

อุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงที่ควบคุมได้ชนิด 2x2

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

- 5 ลักษณะของการประดิษฐ์นี้เป็นอุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงที่ควบคุมได้ชนิด 2x2 ที่ประกอบด้วยไฟเบอร์ออปติกคอลลิเมเตอร์ และ ใช้การผสมผสานระหว่างการทำงานของฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบาง และ กระจกเรียบสองหน้าในการทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของสัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นแสงที่ต้องการ ฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบางที่เลือกใช้ และ กระจกเรียบสองหน้าจะถูกควบคุมด้วยตัวควบคุมการเคลื่อนที่ที่ทำหน้าอย่างเป็นอิสระต่อกัน ส่งผลให้การจัดวางอุปกรณ์ทั้งสอง
- 10 ทำได้ง่าย และ ความเร็วในการตอบสนองของสวิตช์ก็ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของกระจกเรียบสองหน้า หรือฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบาง และ ชนิดของตัวควบคุมเท่านั้น นอกจากนี้แล้วลักษณะของการประดิษฐ์นี้ยังมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดผลของค่าสูญเสียที่ไม่สมมูลที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงแบบที่ใช้ฟิล์มบาง โดยการเลือกใช้ฟิลเตอร์กรองแสงชนิดที่มีฟิล์มกรองแสงสองด้าน และ ไม่มีฟิล์มกันแสงสะท้อนกลับ หรือ ใช้ฟิลเตอร์กรองแสงชนิดที่มีทั้งฟิล์มกรองแสงด้านหน้า และ ฟิล์มกันแสงสะท้อนกลับด้านหลังจำนวนสองชิ้นประกบเข้าหากัน โดยให้ด้านที่มีฟิล์มกันแสงสะท้อนกลับหันเข้าหากัน
- 15 สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

วิศวกรรมไฟฟ้าที่เกี่ยวกับอุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงที่ควบคุมได้ชนิด 2x2 ที่ใช้เทคโนโลยีฟิลเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบางสำหรับเครือข่ายสื่อสารด้วยแสงชนิด Wavelength Division Multiplexing

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

- 20 ทุกวันนี้ระบบสวิตชิงเชิงแสงที่ใช้ในเครือข่ายระบบสื่อสารด้วยแสงแบบมัลติเพลททางความยาวคลื่นแสง (Wavelength division multiplexing) ซึ่งเรียกย่อๆ ว่า WDM แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ประเภทแรกจะมีโครงสร้างแบบส่งผ่านดังรูปที่ 1 คือ ประกอบด้วยตัวแยกสัญญาณแสงออกเป็นความยาวคลื่นต่างๆ (Wavelength demultiplexer) 5, 6 อยู่ทางด้านพอร์ตขาเข้า (In Port) 1 และพอร์ตเสริม (Add port) 2 ตามลำดับ นอกจากนี้แล้วในบางครั้งนั้นยังต้องอาศัยตัวรวมสัญญาณแสงหลาย
- 25 ความยาวคลื่นเข้าด้วยกัน (Wavelength multiplexer) 7, 8 จำนวน 2 ตัว เพื่อให้สัญญาณแสงทั้งหมดที่วิ่งเข้าสู่ตัวรวมสัญญาณแสงหลายความยาวคลื่น 7, 8 อยู่ในพอร์ตขาออก (Out port) 3 และ พอร์ตทิ้งสัญญาณ (Drop port) 4 ได้ ในโครงสร้างนี้จำเป็นที่จะต้องมียุติภัณฑ์สวิตชิงเชิงแสงชนิด 2x2 9 เป็นจำนวนเท่ากับจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมด เพื่อใช้ควบคุมทิศทางของสัญญาณแสงที่ความยาวคลื่นที่ต้องการไปยังพอร์ตที่ต้องการได้ จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าสัญญาณแสงที่ความยาวคลื่น λ_1 ได้ถูกสวิตช์
- 30 โดยสัญญาณ λ_1 เดิมที่มาจากพอร์ตขาเข้า 1 จะถูกส่งไปยังพอร์ตทิ้งสัญญาณ 4 ในขณะที่สัญญาณแสงที่เหลือถูกส่งไปยังพอร์ตขาออก 3 ในขณะที่เดียวกันสัญญาณแสงที่ความยาวคลื่น λ'_1 จากพอร์ตเสริม 2 ก็

ถูกสวิตช์ไปที่พอร์ตขาออก 3 และ สัญญาณแสงความยาวคลื่นที่เหลือจากพอร์ตเสริม 2 นี้ก็ถูกส่งไปยัง
 พอร์ตที่สัญญาณ 4 ส่วน โครงสร้างประเภทที่สองแสดงได้ดังรูปที่ 2 ซึ่งเป็นแบบ โครงสร้างสะท้อน
 กลับ คือ จะมีการนำออปติคอลลเซอร์คิวเลเตอร์ 10, 11 (Optical circulators) มาใช้ในระบบ ซึ่งส่งผลให้
 สามารถลดจำนวนของตัวรวมสัญญาณแสงในระบบเหลือเพียงครึ่งหนึ่งเมื่อเทียบกับโครงสร้างในรูปที่
 5 1 อย่างไรก็ตามใน โครงสร้างนี้จะต้องมีอุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงชนิด 1x1 แบบสะท้อนกลับ 12 เป็น
 จำนวนเท่ากับจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมด เพื่อใช้ในการควบคุมทิศทางของสัญญาณแสงที่
 ความยาวคลื่นที่ต้องการไปยังพอร์ตขาออก 3 หรือ พอร์ตที่สัญญาณ 4

จากหลักการดังกล่าวนี้จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงมีความสำคัญมาก ซึ่งในปัจจุบันเอง
 ได้มีการประดิษฐ์อุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงจำนวนมาก ยกตัวอย่างเช่นอุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงที่ทำจาก
 10 ลิกวิดคริสตอล (Liquid crystal devices) [R. A. Soref, "Low-crosstalk 2x2 optical switch," *Opt. Lett.*,
 Vol. 6, pp. 275-277, 1981.; N. A. Riza and S. Yuan, "Low optical interchannel crosstalk, fast
 switching speed, polarization independent 2x2 fiber optic switch using ferroelectric liquid crystals,
Electron. Lett., Vol. 34, pp. 1341-1342, 1998.] และ ที่ใช้อุปกรณ์กรองสัญญาณแสงโดยใช้เสียงควบคุม
 (Acousto-optic tunable filters) [A. d'Allessandro, D. A. Smith, and J. E. Baran, "Multichannel
 15 operation of an integrated acousto-optic wavelength routing switch for WDM systems," *IEEE Photon.
 Technol. Lett.*, Vol. 6, pp. 390-393, 1994.] อย่างไรก็ตามอุปกรณ์เหล่านี้ทำงานได้ดีกับแสงที่มีความเป็น
 โพลาริเซชันเชิงเส้น ทำให้โครงสร้างของอุปกรณ์เหล่านี้มีความซับซ้อนมากขึ้นเพื่อให้สามารถทำงาน
 ได้กับแสงที่มีลักษณะของโพลาริเซชันใดๆ นอกจากนี้แล้วอุปกรณ์ไฟเบอร์เกรตติง (Fiber gratings) ก็
 สามารถนำมาใช้ในการทำอุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงได้เช่นกัน แต่ก็ต้องอาศัยอุปกรณ์หลายอย่างเช่น
 20 อุปกรณ์สวิตชิงจากภายนอกมาช่วยในการบังคับทิศทางของแสงอีก [V. Mizrahi, "Dynamically
 reconfigurable optical add-drop multiplexers for WDM optical communication systems," *สิทธิบัตร
 ประเทศสหรัฐอเมริกา* 6,069,719, May 30, 2000.] และ ในบางโครงสร้างก็ยังคงต้องการออปติคอลลเซอร์
 คิวเลเตอร์ด้วย [M. J. Chawki, E. Delevaque, and V. Tholey, "Optical add-drop multiplexer using
 optical circulators and photoinduced Bragg gratings," *สิทธิบัตรประเทศสหรัฐอเมริกา*, 5726785, Mar.
 25 10, 1998.; L. Eldada, R. Blomquist, M. Maxfield, D. Pant, G. Boudoughian, C. Poga, and R. A.
 Norwood, "Thermally tunable polymer Bragg grating OADM's," *OFC 99*, ThH1, 1999.; J. Kim, J.
 Jung, S. Kim, and B. Lee, "Reconfigurable optical cross-connect using WDM MUX/DEMUX pair
 and tunable fibre Bragg gratings," *Electron. Lett.*, Vol. 36, pp. 67-68, Jan. 2000.; M. T. Fatchi and W.
 H. Knox, "Wavelength-selective optical cross-connect," *สิทธิบัตรประเทศสหรัฐอเมริกา*, 6067389,
 30 May 23, 2000.]

ในปัจจุบันนี้ อุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงที่มีขาย และ ใช้กันอยู่ในระบบเครือข่ายส่วนใหญ่จะใช้
 เทคโนโลยีทางเชิงกล โดยการเลื่อนตัวสะท้อนแสงไปมาในเส้นทางเดินของแสง ซึ่งสามารถสร้างขึ้น

ด้วยอุปกรณ์ทางแสงทั่วไป (Bulk optics) และ ระบบไฟฟ้าเครื่องกลจุลภาค (Microelectromechanical systems) [J. E. Ford, J. A. Walker, V. Aksyuk, and D. J. Bishop, "Wavelength selectable add/drop with tilting micromirrors," *IEEE LEOS Annl. Mtg.*, p. PD2.3, NJ, 1997.; N. A. Riza and S. Sumriddetchkajorn, "Fault-tolerant dense multiwavelength add-drop filter with a two-dimensional digital micromirror device," *Appl. Opt.*, Vol. 37, pp. 6355-6361, 1998.; N. A. Riza and S. Sumriddetchkajorn, "Versatile multi-wavelength fiber-optic switch and attenuator structures using mirror manipulations," *Opt. Commun.*, Vol. 169, pp. 233-244, 1999.; N. A. Riza and D. L. Polla, "Micromechanical fiber-optic switches for optical networks," *Proc. SPIE*, Vol. 1793, pp. 108-126, 1992.; L. Wosinska, L. Thylen, and R. P. Holmstrom, "Large-capacity strictly nonblocking optical cross-connects based on microelectroptomechanical systems (MOEMS) switch matrices: reliability performance analysis," *J. Lightwave Technol.*, Vol. 19, pp. 1065-1075, Aug. 2001.; L. Y. Lin and E. L. Goldstein, "Opportunities and challenges for MEMS in lightwave communications," *IEEE J. Selected. Quan. Elect.*, Vol. 8, pp. 163-172, 2002.; V. A. Aksyuk, B. P. Barber, D. J. Bishop, P. I. Gammel, and C. R. Giles, "Micro-opto-electromechanical devices and method therefor," *สิทธิบัตร* 5 *ประเทศสหรัฐอเมริกา*, 5995688, Nov. 30, 1999.] เพื่อให้แสงเดินทางไปในทิศทางที่ต้องการ

เพื่อที่จะลดความซับซ้อนของระบบสวิตชิงเชิงแสงลง รวมไปถึงราคาของระบบด้วยนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำจัดอุปกรณ์ออปติคอลลเซอร์คิวเลเตอร์ออกจากระบบ และจะต้องออกแบบให้ตัวรวม หรือ ตัวแบ่งสัญญาณแสงเชิงความยาวคลื่นเป็นตัวบังคับทิศทางของแสงที่ควบคุมได้ ไปในตัวด้วย **ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3** สวิตช์ 20 จะประกอบด้วย สวิตชิงเชิงแสงขนาด 2x2 ที่เหมาะสมกับความยาวคลื่นแสงที่ต้องการ ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$) เท่านั้น (**หมายเลข 21**) เป็นจำนวนเท่ากับจำนวนของช่องสัญญาณแสง โครงสร้างของระบบสวิตชิงในลักษณะนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3 ซึ่งในปัจจุบันนี้ได้มีการวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงในลักษณะดังกล่าวแล้ว [OADM101B Series, Product Catalog, Oplink Communications, Inc., 3469 North First St., San Jose, CA, 95134-1803 USA, 2002.; W. Jiang, Y. Sun, R. T. Chen, B. Guo, J. Horwitz, and W. Morey, "Ball-lens based optical add-drop multiplexers: design and implementation," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol. 14, pp. 825-827, 2002.; J. Popelek and Y. Li, "X-cube, an integrated bulk optic filtering device," *Opt. Eng.*, Vol. 40, pp. 1212-1216, 2001.] เพียงแต่อุปกรณ์เหล่านี้ยังไม่สามารถโปรแกรม หรือ ควบคุมได้ ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ในระบบจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากนัก

อีกวิธีการหนึ่งก็คือการใช้ฟิลเตอร์กรองแสงมาควบคุมทิศทางเคลื่อนที่ของแสง โดยใช้หลักการแทรกสอดแบบ Fabry-Perot มาช่วย สวิตชิงเชิงแสงลักษณะนี้สามารถใช้เทคโนโลยีลิควิดคริสตัล [N. K. Shankar, J. A. Morris, C. R. Pollock, and C. P. Yakymyshyn, "Optical switches using cholesteric or chiral nematic liquid crystals and method of using same," *สิทธิบัตรประเทศสหรัฐ* 30

อเมริกา เลขที่ 4,991,924, Feb. 12, 1991.; E. R. Ranalli and B. A. Scott, “**Wavelength selective switch,**” *สิทธิบัตรประเทศสหรัฐอเมริกา* เลขที่ 6,285,500, Sep. 4, 2001.] เอทาลอนฟิลเตอร์ (Etalon filters) [W. B. Gardner, J. F. Kuhl, C. M. Miller, and L. F. Mollenauer, “Multiport optical devices,” *สิทธิบัตรประเทศสหรัฐอเมริกา* เลขที่ 5,050,954, Sep. 24, 1991.] โมดูเลเตอร์เชิงแสง (Optical modulators) ชนิด Mach Zehnder [T. Augustsson, “**Proposal of a wavelength-selective switch based on an MMIMZI configuration with wavelength-selective phase-tuning circuits,**” *J. Lightwave Technol.*, Vol. 20, pp. 120-125, Jan. 2002.; C. H. Henry, G. Lenz, Y. P. Li, C. K. Madsen, H. M. Presby, and R. E. Scotti, “**Reconfigurable add-drop multiplexer for optical communications systems,**” *สิทธิบัตรประเทศสหรัฐอเมริกา* เลขที่ 6,035,080, Mar. 7, 2000.] อุปกรณ์ควบคุมแสงด้วยเสียง [H. S. Park, K. Y. Song, S. H. Yun, and B. Y. Kim, “**Add-fiber wavelength-tunable acousto-optic switch,**” *OFC 2002*, pp. WJ4-1-WJ4-3, 2002.] ฟิลเตอร์วงแหวนขนาดเล็ก (Microring resonators) [K. Djordjev, S.-J. Choi, S.-J. Choi, and P. D. Dapkus, “**Microdisk tunable resonant filters and switches,**” *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol. 14, pp. 828-830, June 2002.] การรวมตัวแบ่งแสง ตัวรวมแสง และ อุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงไว้ด้วยกัน [C. R. Doerr, L. W. Stulz, M. Cappuzzo, L. Gomez, A. Paunsecu, E. Laskowski, S. Chandrasekhar, and L. Buhl, “2x2 wavelength-selective cross connect capable of switching 128 channels in sets of eight,” *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol. 14, pp. 387-389, March 2002.; C. R. Doerr, “**Wavelength-division-multiplexing programmable add/drop using interleaved-chirped waveguide grating router,**” *สิทธิบัตรประเทศสหรัฐอเมริกา* เลขที่ 6,141,467, Oct. 31, 2000.] อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีบางอย่างที่ได้กล่าวถึงนี้มีความซับซ้อนในการผลิต และ อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นทำงานกับแสงที่มีลักษณะของโพลาไรเซชันเฉพาะ ทำให้โครงสร้างของสวิตช์มีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นได้

การแก้ไขปัญหาคือความซับซ้อนของโครงสร้าง ซึ่งรวมไปถึงต้นทุนในการผลิตสามารถบรรลุผลได้โดยเลือกใช้ฟิลเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบาง (Multi-cavity WDM filters) ชนิดที่ไม่ขึ้นอยู่กับลักษณะของโพลาไรเซชันของแสงตกกระทบ ตัวอย่างของอุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงที่ใช้ฟิลเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบางได้แก่ J.-J. Pan, J.-Y. Xu, and C. J. Ling Yang, “Efficient electromechanical optical switches,” *สิทธิบัตรประเทศสหรัฐอเมริกา* เลขที่ 5,838,847, Nov. 17, 1998. ซึ่งถึงแม้ว่าจะมีโครงสร้างที่ง่าย แต่ก็มีปัญหาในเรื่องของการจัดหาฟิลเตอร์ชนิดพิเศษที่ทำงานตรงกันข้ามกับฟิลเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบางที่มีอยู่ในท้องตลาด ส่งผลให้ราคาสูงขึ้นได้ โครงสร้างของอุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงที่ใช้ฟิลเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบางอีกแบบหนึ่งได้แก่ Y. Cheng, “Graded index lens system and method for coupling light,” *สิทธิบัตรประเทศสหรัฐอเมริกา* เลขที่ 5,680,237, Oct. 21, 1997 ซึ่งในโครงสร้างนี้มีการใช้ออปติคอลลอโซเลเตอร์ (Optical isolators) เพื่อควบคุมมิให้แสงสะท้อนกลับไปยังต้นทาง ทำให้

ราคาของสวิตช์สูงขึ้น และ มีความซับซ้อนมากขึ้นด้วย อีกโครงสร้างหนึ่งที่น่าสนใจก็คือ A. Hamel, D. Laville, and E. Delevaque, “**High isolation, optical add-drop multiplexer,**” *สิทธิบัตรประเทศสหรัฐอเมริกา* เลขที่ 5,712,717, Jan. 27, 1998. แต่การทำงานของสวิตช์ชนิดนี้เป็นแบบ 1x2 จึงไม่เหมาะกับการใช้งานในเครือข่ายการสื่อสารด้วยแสงมากนัก โครงสร้างของสวิตช์ที่ใช้ฟิลเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบางอีกแบบหนึ่งคือ V. A. Aksyuk, D. J. Bishop, J. E. Ford, and R. E. Slusher, “**Article comprising a wavelength-selective add-drop multiplexer,**” *สิทธิบัตรประเทศสหรัฐอเมริกา* เลขที่ 5,974,207, Oct. 26, 1999. ซึ่งในโครงสร้างนี้มีฟิลเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบางอย่างน้อยชิ้นหนึ่งอยู่กับที่มีกระจกสะท้อนที่เคลื่อนที่ได้ และมีฟิลเตอร์กรองแสงอีกชิ้นหนึ่งเคลื่อนที่ได้ การทำงานในลักษณะนี้ทำให้อุปกรณ์สวิตช์ซึ่งที่ได้ไม่เป็นแบบ 2x2 สำหรับความยาวคลื่นที่ต้องการอย่างแท้จริง ส่วนโครงสร้างของสวิตช์ตามแบบ M. A. Scobey, R. W. Hallock, M. Cumbo, and G. Yamamoto, “**Wavelength selective optical switch,**” *สิทธิบัตรประเทศสหรัฐอเมริกา* เลขที่ 6,320,996, Nov. 20, 2001. มีฟิลเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบางติดอยู่กับกระจกสะท้อน และอุปกรณ์ทั้งสองจะเคลื่อนที่ไปด้วยกันด้วยตัวควบคุมการเคลื่อนที่หนึ่งชุด ซึ่งสามารถควบคุมให้ฟิลเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบาง หรือ กระจกมาอยู่ในเส้นทางเดินของแสงได้ การทำงานของสวิตช์ในโครงสร้างนี้จึงเป็นแบบ 2x2 สำหรับความยาวคลื่นแสงที่ต้องการ อย่างไรก็ตามเนื่องจากว่าทั้งฟิลเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบาง และ กระจกอยู่บนชิ้นงานเดียวกัน การจัดวางฟิลเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบาง และ กระจก ให้ได้มุมที่ถูกต้อง และ เหมาะสมกับการทำงานจึงทำได้ยาก นอกจากนี้แล้วเมื่ออุปกรณ์ทั้งสองมาอยู่ด้วยกันความเร็วในการสวิตช์ก็จะลดลงด้วยเนื่องจากว่าตัวควบคุมการเคลื่อนที่ที่ต้องรับน้ำหนักของฟิลเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบาง และ กระจกพร้อมๆ กัน

20 คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

รูปที่ 1 แสดงระบบสวิตช์เชิงแสงสำหรับ N ช่องสัญญาณชนิดส่งผ่าน ในการประดิษฐ์ก่อนหน้า (Prior Art)

รูปที่ 2 แสดงระบบสวิตช์เชิงแสงสำหรับ N ช่องสัญญาณชนิดสะท้อนกลับ ในการประดิษฐ์ก่อนหน้า (Prior Art)

25 รูปที่ 3 แสดงระบบสวิตช์เชิงแสงสำหรับ N ช่องสัญญาณที่ใช้อุปกรณ์สวิตช์เชิงแสงแบบ 2x2 สำหรับความยาวคลื่นที่ต้องการตามการประดิษฐ์นี้

รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างของอุปกรณ์สวิตช์เชิงแสงที่ควบคุมได้แบบ 2x2 สำหรับความยาวคลื่นที่ต้องการที่ใช้ฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบาง

รูปที่ 5 แสดงโครงสร้างของฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบางที่มีฟิล์มบางด้านหนึ่ง และ ฟิล์มกันการสะท้อนกลับในด้านตรงกันข้าม ที่ใช้ในอุปกรณ์สวิตช์ 2x2 ตามการประดิษฐ์นี้

30 รูปที่ 6 แสดงโครงสร้างของฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบางอีกรูปแบบหนึ่งที่มีฟิล์มบางสองด้าน และ ไม่มีฟิล์มกันการสะท้อนกลับ ที่ใช้ในอุปกรณ์สวิตช์ 2x2 ตามการประดิษฐ์นี้

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

เพื่อที่จะแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงแบบ 2x2 ที่ใช้ฟิลเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบางนั้น ลักษณะของการประดิษฐ์นี้จะแยกฟิลเตอร์กรองแสงและกระจกออกจากกัน โดยที่อุปกรณ์ทั้งสองสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวควบคุมคนละตัวและมีการทำงานที่เป็นอิสระต่อกันด้วย ซึ่งส่งผลให้การจัดวางอุปกรณ์ทั้งสองทำได้รวดเร็วมากขึ้นและความเร็วในการสวิตซ์ก็จะสูงขึ้นเช่นเดียวกัน รูปที่ 4 แสดงให้เห็น โครงสร้างของอุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงชนิด 2x2 ที่ใช้ฟิลเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบาง 19 โครงสร้างนี้ประกอบด้วยไฟเบอร์ออปติคคอลลิเมเตอร์ชนิดคู่ (Dual fiber-optic collimators) จำนวน 2 ชุด ซึ่งแต่ละชุดสร้างขึ้นจากการนำไฟเบอร์ทิพชนิดคู่ (Dual fiber tip) 16 มาเชื่อมต่อเข้ากับเกรดด์อินเดกซ์เลนส์ (Graded index lens) 17 ซึ่งจะทำการลำแสงที่เคลื่อนที่ออกมาจากเส้นใยแก้วนำแสง 18 ผ่านเลนส์ 17 เป็นลำแสงขนานแบบเกาส์เซียน ในโครงสร้างนี้เส้นใยแก้วนำแสงเส้นหนึ่งที่อยู่กับไฟเบอร์ออปติคคอลลิเมเตอร์ทางซ้ายมือทำหน้าที่เป็นพอร์ตขาเข้า 1 ส่วนอีกเส้นหนึ่งทำหน้าที่เป็นพอร์ตขาออก 3 ในทำนองเดียวกันเส้นใยแก้วนำแสงเส้นหนึ่งที่ต่อเชื่อมอยู่กับไฟเบอร์ออปติคคอลลิเมเตอร์ทางขวามือทำหน้าที่เป็นพอร์ตเสริม 2 ส่วนเส้นใยแก้วนำแสงอีกเส้นหนึ่งทำหน้าที่เป็นพอร์ตทั้งสัญญาณ 4 นอกจากนี้แล้วโครงสร้างนี้ยังประกอบด้วยฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบาง 13 ซึ่งเชื่อมติดอยู่กับตัวควบคุมการเคลื่อนที่ 15 ส่วนกระจกเรียบสองหน้า 12 จะเชื่อมติดอยู่กับตัวควบคุมการเคลื่อนที่ 14 ทั้งตัวควบคุมการเคลื่อนที่ 14 และ 15 ทำงานอย่างเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งช่วยให้ความเร็วในการสวิตซ์ถูกจำกัดอยู่ที่ตัวควบคุมการเคลื่อนที่เพียงตัวเดียว และ น้ำหนักของอุปกรณ์ซึ่งในที่นี้คือกระจก หรือฟิลเตอร์กรองแสงเท่านั้น นอกจากนี้แล้วการที่ทั้งฟิลเตอร์กรองแสง 13 และ กระจกเรียบสองหน้า 12 อยู่บนตัวควบคุมการเคลื่อนที่คนละตัว ทำให้การจัดวางอุปกรณ์ทั้งสองทำได้ง่าย และเป็นอิสระต่อกันด้วย

การทำงานของอุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงสามารถอธิบายได้ดังนี้ จากรูปที่ 4 สวิตซ์แบบ 2x2 19 ประกอบด้วยพอร์ตขาเข้า 1 พอร์ตเสริม 2 พอร์ตขาออก 3 และพอร์ตทั้งสัญญาณ 4 สัญญาณแสงจากพอร์ตขาเข้า 1 และ พอร์ตเสริม 2 จะเคลื่อนที่ออกมาจากไฟเบอร์ออปติคคอลลิเมเตอร์ที่พอร์ตนั้นเชื่อมต่ออยู่ เมื่อกระจกเรียบ 12 ถูกเลื่อนเข้าไปในเส้นทางเดินของแสงโดยตัวควบคุมการเคลื่อนที่ 14 และฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบาง 13 อยู่ภายนอกเส้นทางเดินของแสง จะทำให้สัญญาณแสงจากพอร์ตขาเข้า 1 สะท้อนที่กระจกเรียบสองหน้า 12 ทางด้านซ้ายมือไปยังพอร์ตขาออก 3 ในขณะที่สัญญาณแสงจากพอร์ตเสริม 2 ก็จะสะท้อนที่กระจกเรียบสองหน้า 12 นี้ทางด้านขวามือไปยังพอร์ตทั้งสัญญาณ 4 ในทางตรงกันข้ามถ้าฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบาง 13 เลื่อนเข้าไปในเส้นทางเดินของแสง ด้วยตัวควบคุมการเคลื่อนที่ 15 ในขณะเดียวกันกระจกเรียบสองหน้า 12 ก็เลื่อนออกจากเส้นทางเดินของแสงด้วยตัวควบคุมการเคลื่อนที่ 14 จะส่งผลให้สัญญาณแสงเฉพาะที่ความยาวคลื่นที่ตรงกับการทำงานของ

ฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบาง 13 เคลื่อนที่ทะลุผ่านไปได้ ในขณะที่สัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกับการทำงานของฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบาง 13 ก็จะสะท้อนที่ฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบางนี้ 13 ด้วยมุมสะท้อนเท่ากับมุมตกกระทบ การทำงานในลักษณะนี้ส่งผลให้สัญญาณแสงจากพอร์ตขาเข้า 1 ที่ตรงกับการทำงานของฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบาง 13 เคลื่อนที่ไปยังพอร์ตที่สัญญาณ 4 ส่วนสัญญาณแสงจากพอร์ตขาเข้า 1 ที่ไม่ตรงกับการทำงานของฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบาง 13 ก็จะเคลื่อนที่สะท้อนไปยังพอร์ตขาออก 3 ในทำนองเดียวกันสัญญาณแสงจากพอร์ตเสริม 2 ที่ตรงกับการทำงานของฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบาง 13 ก็จะเคลื่อนที่ไปยังพอร์ตขาออก 3 ส่วนสัญญาณแสงจากพอร์ตเสริม 2 ที่ไม่ตรงกับการทำงานของฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบาง 13 ก็จะเคลื่อนที่สะท้อนไปยังพอร์ตที่สัญญาณ 4 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการทำงานของลักษณะการประดิษฐ์นี้เป็นการทำงานของอุปกรณ์สวิตซ์เชิงแสงแบบ 2x2 ประสิทธิภาพการทำงานในแง่ของค่าการสูญเสีย (Optical loss) การแทรกซ้อนของสัญญาณ (Optical coherent cross talk) และการแปรเปลี่ยนของค่าการสูญเสียอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะโพลาไรเซชันของแสงตกกระทบ (Polarization dependent loss) ของอุปกรณ์สวิตซ์เชิงแสงแบบ 2x2 ตามลักษณะการประดิษฐ์นี้จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของฟิลเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบาง 13 ที่เลือกใช้ กระจกเรียบสองหน้า 12 และ คุณภาพของลำแสงที่ได้จากไฟเบอร์ออปติกคอลลิเมเตอร์

การนำลักษณะการประดิษฐ์นี้มาต่อในลักษณะอนุกรมกันเป็นจำนวน N ชุดดังรูปที่ 3 จะทำให้ได้ระบบสวิตซ์เชิงแสงชนิด 2x2 สำหรับช่องสัญญาณ N ช่องสัญญาณได้ อย่างไรก็ตามในส่วนนี้จำเป็นต้องคำนึงถึงค่าการสูญเสียโดยรวมของระบบด้วย ยกตัวอย่างเช่น ถ้าอุปกรณ์สวิตซ์เชิงแสงตามลักษณะการประดิษฐ์นี้มีค่าการสูญเสียเป็น α dB จะทำให้ระบบสวิตซ์เชิงแสงสำหรับ N ช่องสัญญาณมีค่าการสูญเสียโดยรวมเป็น $N\alpha$ dB ค่าการสูญเสียโดยรวมนี้สามารถชดเชยได้ด้วยการเพิ่มตัวขยายสัญญาณเชิงแสง (Optical amplifiers) เข้าไปในระบบ

ปัญหาอีกอย่างหนึ่งที่พบในการใช้ฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบางในอุปกรณ์สวิตซ์เชิงแสงตามลักษณะการประดิษฐ์นี้ก็คือ ค่าการสูญเสียเมื่อแสงเคลื่อนที่จากพอร์ตขาเข้า 1 และ พอร์ตเสริม 2 จะมีค่าไม่เท่ากันอันเนื่องมาจากการเลื่อนตำแหน่งของลำแสง ซึ่งเป็นผลมาจากการที่แสงเกิดการหักเหเมื่อเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบาง 13 นี้ รูปที่ 5 แสดงให้เห็นถึงปัญหาในส่วนนี้ซึ่งจะเห็นได้ว่าลำแสงสะท้อน 24 จากลำแสงตกกระทบ 22 จะเกิดขึ้นที่ด้านของฟิล์มบาง 29 ในขณะที่ลำแสงสะท้อน 27 อันเนื่องมาจากลำแสงตกกระทบ 25 จะต้องหักเหผ่านเข้าไปในฟิลเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบาง 13 โดยผ่านฟิล์มกั้นการสะท้อนกลับ 30 ก่อน และ จึงจะสะท้อนที่ฟิล์มบาง 29 วิธีการแก้ปัญหาในส่วนนี้สามารถทำได้สองแบบ แบบแรกคือการใช้ฟิลเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบาง 13 ในลักษณะดังรูปที่ 5 จำนวน 2 ชั้น ประกบเข้าหากัน โดยให้ด้านที่มีฟิล์มกั้นการสะท้อนกลับ 30 อยู่ติดกัน ส่วนวิธีการที่สองจะใช้ฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบางเพียงหนึ่งชั้นเพียงแต่ว่าด้านที่มีฟิล์มกั้นการ

สะท้อน 30 จะเป็นฟิล์มบาง 29 แทน ดังรูปที่ 6 ซึ่งจะช่วยให้อำนาจของแสงสะท้อนเกิดขึ้นที่ฟิล์มบาง 29 ทั้งสองด้าน โดยลำแสงนั้นจะไม่หักเหผ่านฟิลเตอร์กรองแสงก่อนการสะท้อน

วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

เหมือนที่กล่าวไว้ใน การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

บทสรุปการประดิษฐ์

อุปกรณ์สวิตซ์เชิงแสงที่ควบคุมได้ชนิด 2x2 ที่ประกอบด้วยไฟเบอร์ออปติกคอลลิเมเตอร์ และ ใช้การผสมผสานระหว่างการทำงานของฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบาง และ กระจกเรียบสองหน้าในการทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของสัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นแสงที่ต้องการ ฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบางที่เลือกใช้ และ กระจกเรียบสองหน้าจะถูกควบคุมด้วยตัวควบคุมการเคลื่อนที่ที่ทำหน้าอย่างเป็นอิสระต่อกัน ส่งผลให้การจัดวางอุปกรณ์ทั้งสองทำได้ง่าย และ ความเร็วในการตอบสนองของสวิตซ์ก็ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของกระจกเรียบสองหน้า หรือ ฟิลเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบาง และ ชนิดของตัวควบคุมเท่านั้น นอกจากนี้แล้วลักษณะของการประดิษฐ์นี้ยังมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดผลของค่าสูญเสียที่ไม่สมดุลที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์สวิตซ์เชิงแสงแบบที่ใช้ฟิล์มบาง โดยการเลือกใช้ฟิลเตอร์กรองแสงชนิดที่มีฟิล์มกรองแสงสองด้าน และ ไม่มีฟิล์มกันแสงสะท้อนกลับ หรือ ใช้ฟิลเตอร์กรองแสงชนิดที่มีทั้งฟิล์มกรองแสงด้านหน้า และ ฟิล์มกันแสงสะท้อนกลับด้านหลังจำนวนสองชั้นประกบเข้าหากัน โดยให้ด้านที่มีฟิล์มกันแสงสะท้อนกลับอยู่ติดกัน

ข้อถือสิทธิ

1. อุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงที่ควบคุมได้ชนิด 2x2 ที่ประกอบไปด้วย

- พอร์ตขาเข้า (In Port) หนึ่งพอร์ต พอร์ตขาออก (Out Port) หนึ่งพอร์ต พอร์ตเสริม (Add Port) หนึ่งพอร์ต และ พอร์ตทิ้งสัญญาณ (Drop Port) หนึ่งพอร์ต

- ไฟเบอร์ออปติคคอลลิเมเตอร์จำนวน 2 ชุด โดยคอลลิเมเตอร์ชุดที่หนึ่งจะต่อเชื่อมทางแสงระหว่างพอร์ตขาเข้ากับพอร์ตขาออก และคอลลิเมเตอร์ชุดที่สองจะต่อเชื่อมทางแสงระหว่างพอร์ตเสริมกับพอร์ตทิ้งสัญญาณ และ

- อุปกรณ์ควบคุมแสงที่ประกอบด้วย

- ฟิเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบาง ซึ่งยอมให้แสงที่มีความยาวคลื่นเฉพาะในช่วงความยาวคลื่นที่กำหนดผ่านเท่านั้น

- กระจกเรียบสองหน้า ซึ่งสะท้อนแสงในย่านความถี่กว้างและ

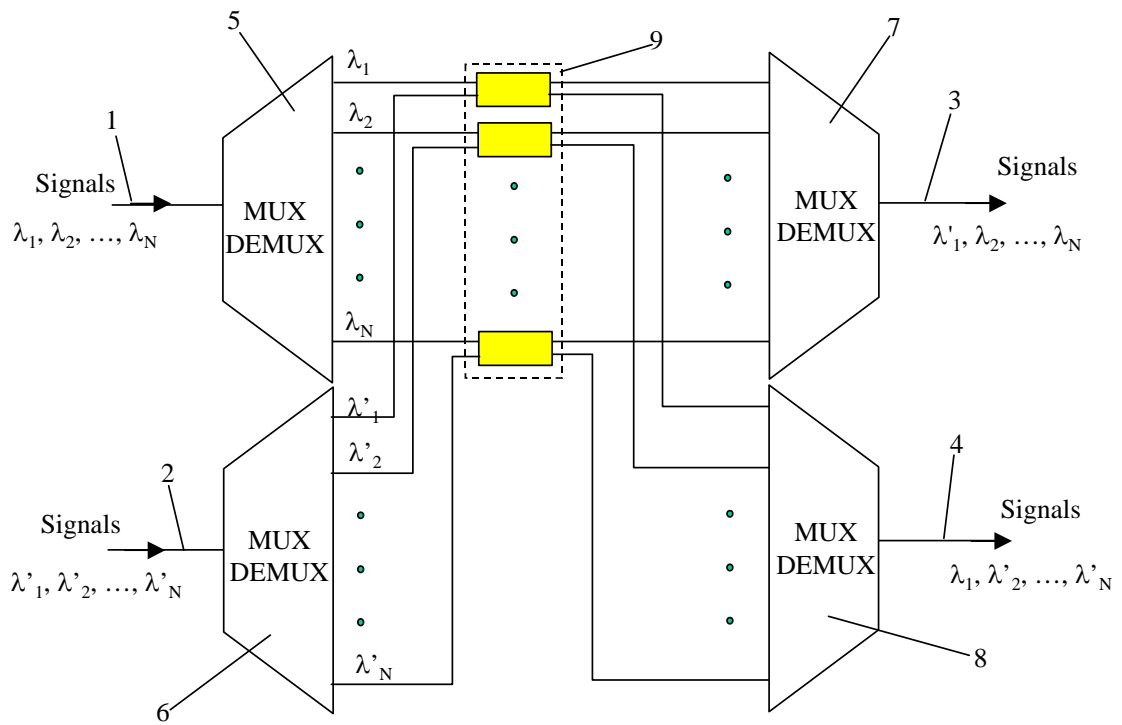
- ตัวควบคุมการเคลื่อนที่จำนวน 2 ชุด โดยที่ตัวควบคุมการเคลื่อนที่ชุดที่หนึ่งจะควบคุมการเคลื่อนที่ของฟิเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบางดังกล่าว และ ตัวควบคุมการเคลื่อนที่ชุดที่สองจะควบคุมการเคลื่อนที่ของกระจกเรียบสองหน้าดังกล่าว

โดยมีลักษณะเฉพาะคือ ตัวควบคุมการเคลื่อนที่ดังกล่าวแต่ละชุดจะควบคุมการเคลื่อนที่ของฟิเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบางและกระจกเรียบสองหน้าดังกล่าวอย่างเป็นอิสระต่อกัน

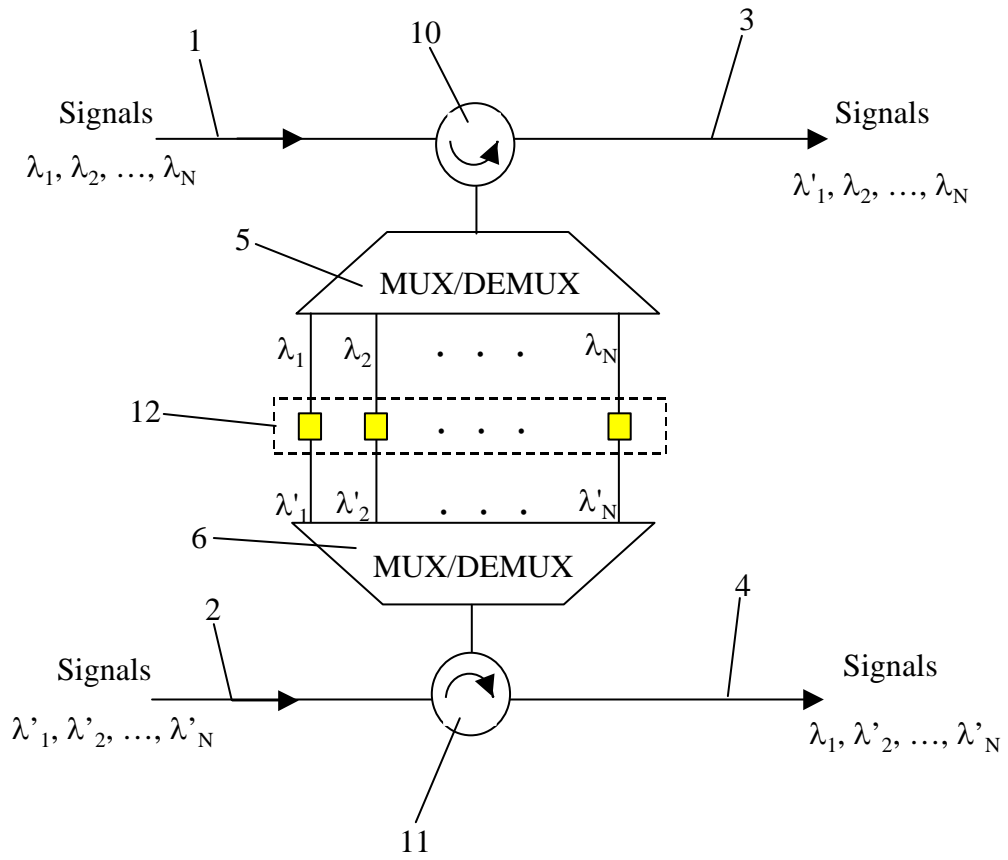
2. อุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงที่ควบคุมได้ชนิด 2x2 ตามข้อถือสิทธิ 1 **โดยมีลักษณะเฉพาะคือ** การควบคุมทิศทางของสัญญาณแสงที่ความยาวคลื่นที่ต้องการกระทำได้โดยการควบคุมตำแหน่งของฟิเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบางดังกล่าว และ กระจกเรียบสองหน้าดังกล่าวในเส้นทางเดินของแสงด้วยตัวควบคุมการเคลื่อนที่ 2 ชุดดังกล่าว ซึ่งตัวควบคุมการเคลื่อนที่ชุดหนึ่งดังกล่าวจะใช้ควบคุมตำแหน่งของฟิเตอร์กรองแสงชนิดฟิล์มบาง และตัวควบคุมการเคลื่อนที่ชุดที่สองดังกล่าวจะใช้ควบคุมตำแหน่งของกระจกเรียบสองหน้า

3. อุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงที่ควบคุมได้ชนิด 2x2 ตามข้อถือสิทธิ 1 **โดยมีลักษณะเฉพาะคือ** ฟิเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบางดังกล่าว ประกอบด้วย ฟิเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบางที่มีด้านหนึ่งเป็นฟิล์มบางกรองแสง และอีกด้านหนึ่งเป็นฟิล์มกันการสะท้อนกลับ จำนวนสองชิ้นประกบเข้าหากัน โดยที่ด้านที่เป็นฟิล์มกันการสะท้อนกลับของฟิเตอร์กรองแสงทั้งสอง อยู่ติดกัน

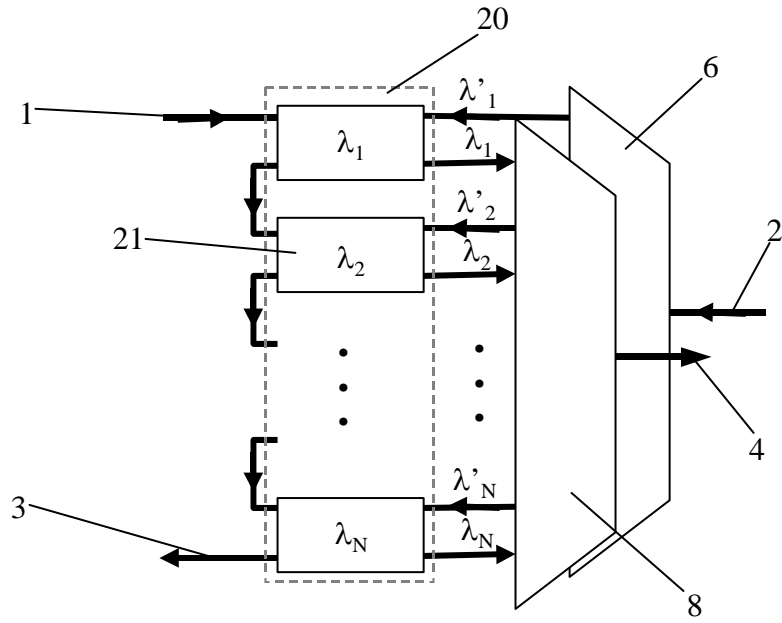
4. อุปกรณ์สวิตชิงเชิงแสงที่ควบคุมได้ชนิด 2x2 ตามข้อถือสิทธิ 1 **โดยมีลักษณะเฉพาะคือ** ฟิเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบางดังกล่าว เป็นฟิเตอร์กรองแสงแบบฟิล์มบางที่มีด้านทั้งสองของฟิเตอร์กรองแสงเป็นฟิล์มบางกรองแสง



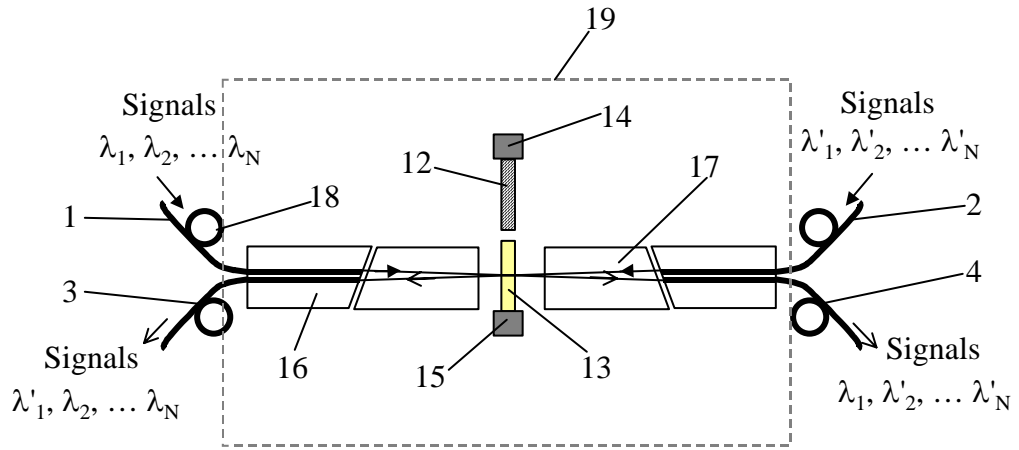
รูปที่ 1



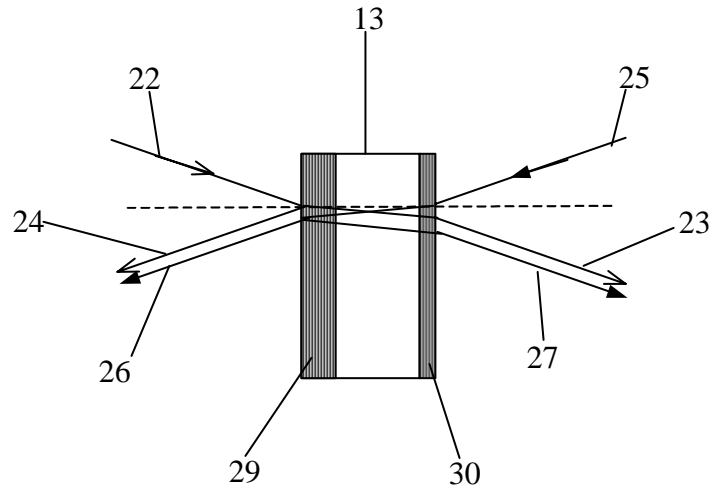
รูปที่ 2



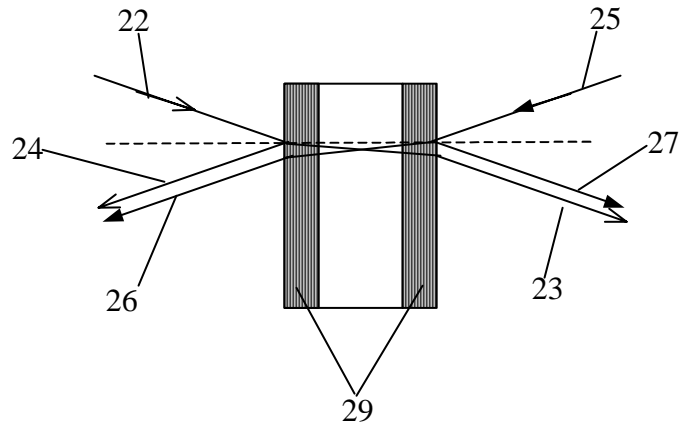
รูปที่ 3



รูปที่ 4



รูปที่ 5



รูปที่ 6