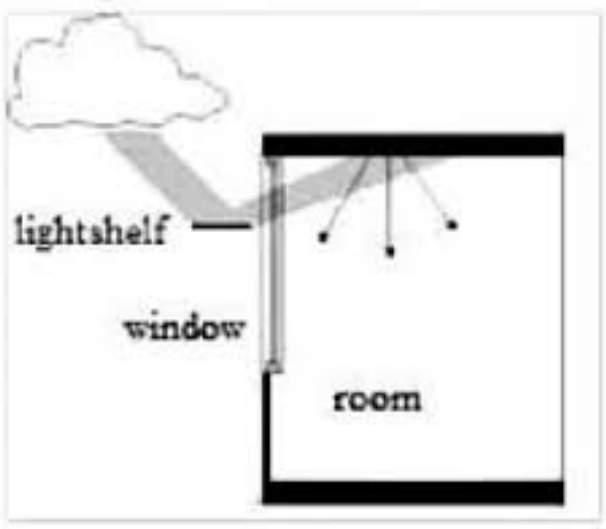
ระบบการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคารเพื่อลดการใช้พลังงาน (Daylighting System)

การออกแบบอาคารในปัจจุบันต้องคำนึงถึงสภาวะโลกร้อน และความยั่งยืนการออกแบบการใช้แสงธรรมชาติในอาคารมากขึ้น ซึ่งกลยุทธ์สำคัญในการปรับลดการใช้พลังงานลง คือการลดแสงแดดและความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคารที่มีการปรับอากาศ โดยการนำกลยุทธ์และระบบแสงธรรมชาติขั้นสูงนี้มาประยุกต์ใช้สามารถลดการใช้ไฟฟ้าของอาคารได้ ปรับปรุงได้ง่าย และควบคุมคุณภาพของแสงในอาคารได้ บทความนี้เป็นการนำเสนอการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคารเพื่อลดการใช้พลังงาน จำนวน 12 แบบดังนี้

1. หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelves)
2. บานเกล็ดและมู่ลี่ (Louvers and Blind Systems)
3. แผงปริซึม (Prismatic Panels)
4. แผงบังแดดที่ตัดด้วยเลเซอร์ (Laser-Cut Panels)
5. สกายไลท์แบบเลือกมุม (Angular Selective Skylight)
6. อุปกรณ์กำหนดทิศทางแสง (Light-Guiding Shades)
7. กระจกนำแสง (Sun-Directing Glass)
8. กระจกนำแสงซีนิทัล (Zenithal Light-Guiding Glass with Holographic Optical Elements)
9. ระบบบังแดดแบบเลือกทิศทาง (Directional Selective Shading Systems Using)
10. ระบบเพดานท่อแสง (Anidolic Ceilings)
11. ท่อนำแสงแอนโดลิก (Anidolic Zenithal Openings)
12. มู่ลี่แสงอาทิตย์แอนโดลิก (Anidolic Solar Blinds)

1. หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelves)

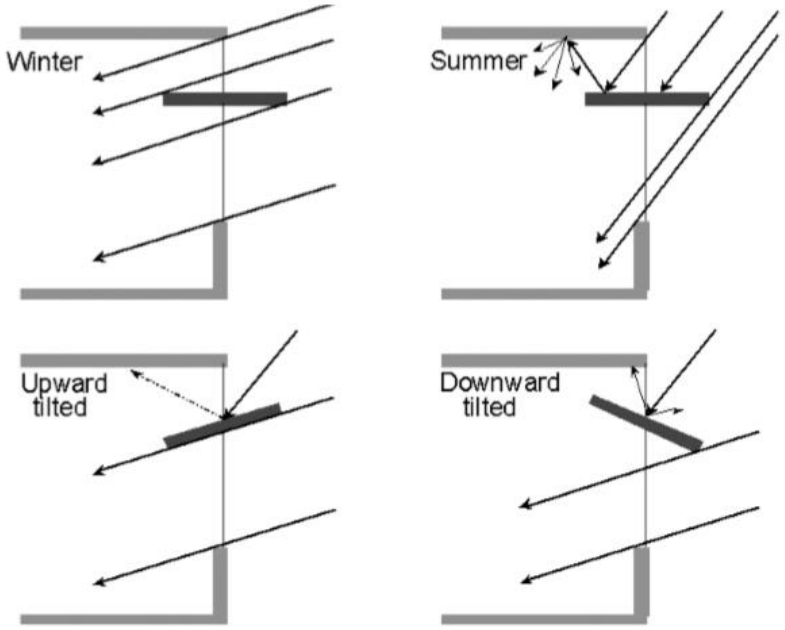


รูปที่ 1 หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelves)

หิ้งสะท้อนแสงเป็นระบบแสงธรรมชาติแบบคลาสสิค เพื่อบังแดดและสะท้อนแสงขึ้นไปที่พื้นผิวด้านบนเพดาน และป้องกันแสงจ้าโดยตรงที่มาจากท้องฟ้า โดยทั่วไปจะเป็นแผ่นกั้นแนวนอน มีตำแหน่งอาจอยู่ทั้งภายในหรือภายนอกหน้าต่างซึ่งจะเป็นส่วนหนึ่งของอาคาร หรือติดตั้งภายหลังก็ได้

การประยุกต์ใช้งาน**หิ้งสะท้อนแสง** จะมีผลกระทบต่อการออกแบบสถาปัตยกรรมและโครงสร้างของอาคาร จึงจำเป็นต้องพิจารณาตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ เพราะหากการใช้งานต้องการเพดานสูงเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรออกแบบให้ใช้งานเฉพาะสำหรับหน้าต่างแต่ละทิศ หรือตรวจสอบค่าละติจูดก่อนการติดตั้ง

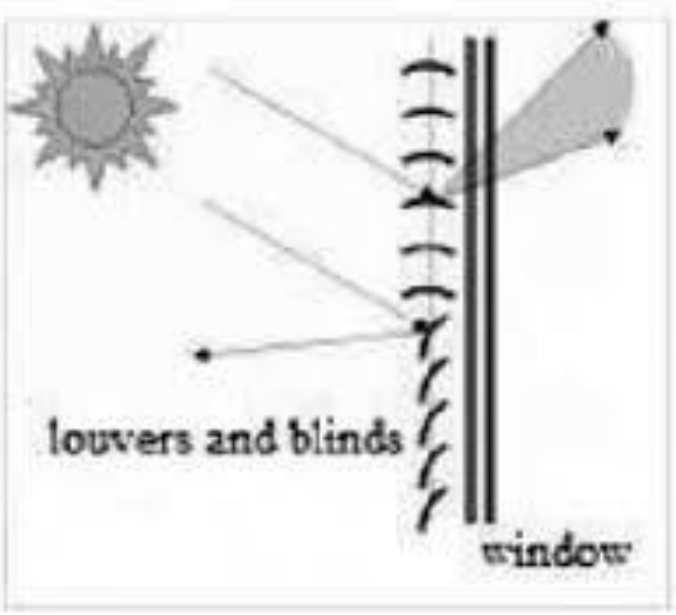
รูปที่ 2 หิ้งสะท้อนแสงแบบกึ่งโปร่งใสสองชั้น ทำมาจากแก้วสะท้อนแสง



รูปที่ 3 การสะท้อนแสงของหิ้งสะท้อนแสงในฤดูหนาวและฤดูร้อน
มุมลาดเอียงของหิ้งสะท้อนแสงเมื่อเอียงไปด้านในหรือด้านนอกอาคารในช่วงฤดูหนาว

2. บานเกล็ดและมู่ลี่ (Louvers and Blind Systems)

บานเกล็ดและมู่ลี่เป็นการบังแดดกับแสงธรรมชาติแบบทั่วไป เพื่อป้องกันแสงจ้าและการเปลี่ยนเส้นทางของแสงในเวลากลางวัน ส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นแผ่นระนาบแนวนอน แนวตั้ง หรือลาดเอียงหลายบาน รูปร่างและพื้นผิวมีความซับซ้อนแตกต่างกันตามประเภทการออกแบบ บานเกล็ดและมู่ลี่สามารถใช้งานได้ในทุกทิศทาง และสามารถติดตั้งเพิ่มได้ สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ มู่ลี่ภายนอกอาจผลกระทบต่อสถาปัตยกรรมความสวยงามของอาคารและการออกแบบโครงสร้างอาคาร



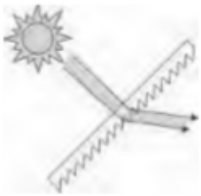
รูปที่ 4 บานเกล็ดและมู่ลี่

รูปที่ 5 สำนักงานสิ่งแวดล้อมแห่งอนาคตวัตฟอร์ด สหราชอาณาจักร
ใช้บานเกล็ดเคลือบด้วยกระจกเงาติดตั้งภายนอกอกคาร

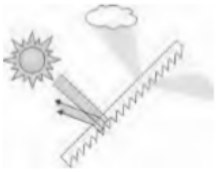
3. แผงปริซึม (Prismatic Panels)

แผงปริซึมเป็นอุปกรณ์ที่มีความบางราบเรียบทำหน้าที่หักเหแสงแดดส่งออกไปเป็นแบบกระจายเข้าตัวอาคาร วัสดุที่นิยมทำจากอะคริลิค ภายในเป็นแผงปริซึมมีมุมหักเหสองมุมประกอบอยู่กับกระจกเงาสองชั้นเพื่อยืดอายุการใช้งานและง่ายต่อการบำรุงรักษา แผงปริซึมสามารถนำมาใช้กระจายแสงธรรมชาติต้องคำนึง ดังนี้

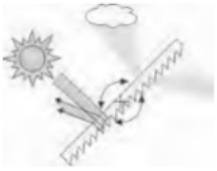
กระจายแสง โดยปกติแผ่นปริซึมจะใช้ในระนาบแนวตั้งของอาคารเพื่อเปลี่ยนเส้นทางแสงแดดไปยังเพดานห้อง ใช้ร่วมกับอุปกรณ์บังแดดเพื่อลดความสว่างเหมาะกับการประยุกต์ใช้ในอาคารที่มีแดดจัดในช่วงกลางวัน



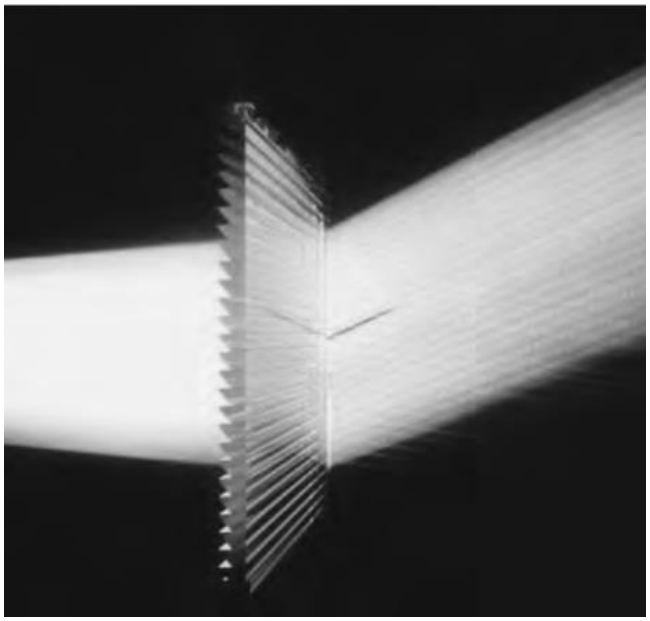
แสงแดด แผ่นปริซึมสามารถใช้หักเหแสงให้ส่องเข้ามาในห้องได้ แต่ต้องมีการควบคุมการใช้งานอย่างถูกต้องเพื่อป้องกันแสงสะท้อนและการกระจายสีผิดเพี้ยนตามฤดูกาลต่าง ๆ



การแก้ไขระบบบังแดด มักพบในหลังคาเคลือบ ส่วนโครงสร้างของปริซึมถูกออกแบบตามการเคลื่อนไหวของดวงอาทิตย์ และติดตั้งเข้ากับกระจกเคลือบสองชั้น



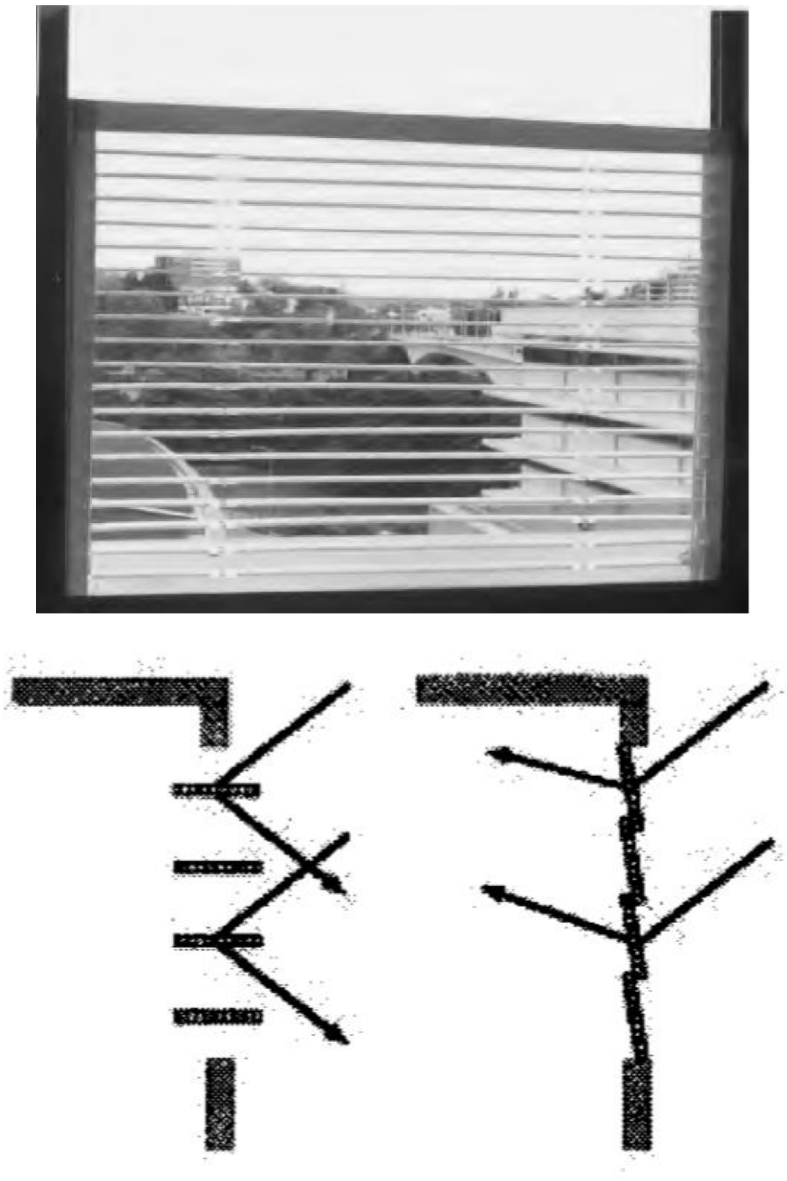
ระบบบังแดดแบบเคลื่อนที่ได้ แผ่นปริซึมจะถูกใช้ในรูปแบบบานเกล็ด โดยการวางไว้ด้านหน้าหรือด้านหลังของกระจกสองชั้น เพื่อควบคุมแสงจ้า



รูปที่ 6 ภาพตัดขวางของแผงปริซึมเชิงเส้นและการส่องผ่านของแสง

4. แผงบังแดดที่ตัดด้วยเลเซอร์ (Laser-Cut Panels)

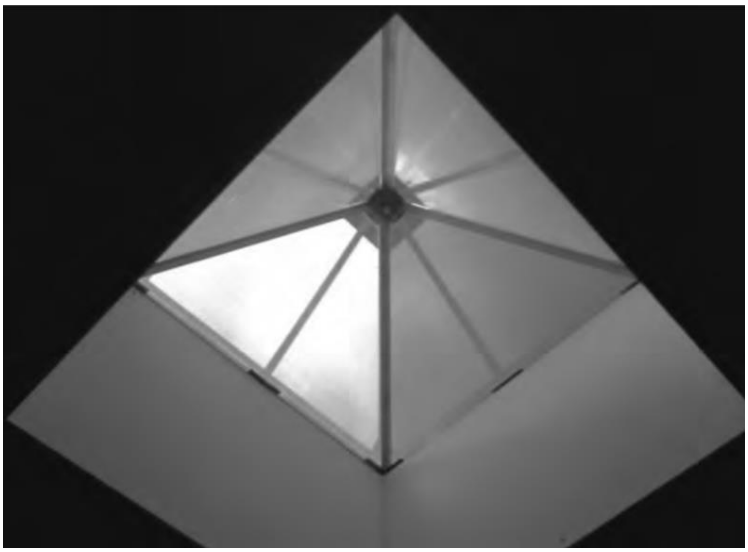
แผงบังแดดที่ตัดด้วยเลเซอร์ทำจากวัสดุอะคริลิคใส ใช้เปลี่ยนเส้นทางแสงในเวลากลางวัน แผงบังแดดที่ตัดด้วยเลเซอร์เป็นแผ่นบาง ๆ พื้นผิวของการตัดจะมีขนาดเล็ก มีสัดส่วนของแสงเบี่ยงเบนผ่านมุมกว้างมากกว่า 120 ° แสงจะเบี่ยงเบนไปที่องค์ประกอบของแผงบังแดดโดยการหักเห โดยปกติจะติดตั้งร่วมกับแผ่นกระจก แผงบังแดดที่ตัดด้วยเลเซอร์สามารถใช้งานได้กับแผงบังแดดแบบยึดติดกับหน้าต่าง หรือกับหน้าต่างหรือเคลื่อนที่ได้



รูปที่ 7 ระบบบังแดดที่ตัดด้วยเลเซอร์แบบยึดติดกับหน้าต่าง

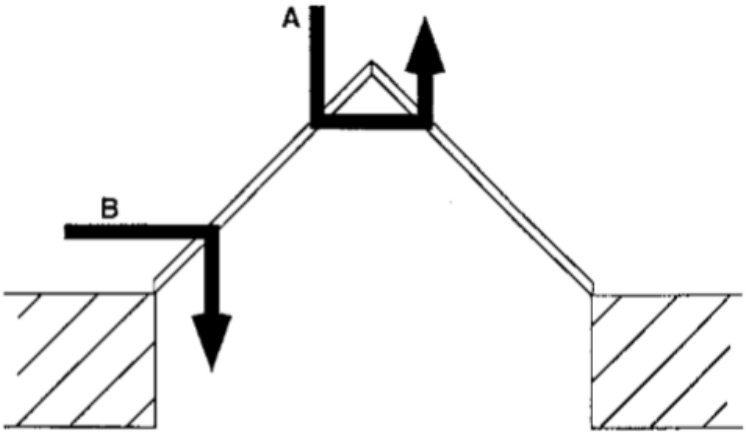
5. สกายไลท์แบบเลือกมุม (Angular Selective Skylight)

สกายไลท์แบบเลือกมุม เป็นพีระมิดใสแบบธรรมดาหรือแบบสกายไลท์แบบสามเหลี่ยมของแผ่นบังแดดที่ตัดด้วยเลเซอร์ มักเป็นกระจกสองชั้น ระบบนี้ส่งแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารได้มากขึ้น กว่าการใช้แผงกระจายแสงที่รูรับแสงบนเพดาน



รูปที่ 8 สกายไลท์แบบเลือกมุม

สกายไลท์แบบเลือกมุมเหมาะกับแสงธรรมชาติที่ช่องระบายอากาศ หรือพื้นที่โถงกว้างของอาคารที่เป็นหลังคามุมต่ำ เช่น ห้างสรรพสินค้า หรือโรงเรียน ในพื้นที่ที่มีละติจูดต่ำในภูมิอากาศกึ่งเขตร้อน มุมเอียงของแผงสกายไลท์ต้องมากกว่า 45 ° สำหรับรูปสามเหลี่ยมแสงมุมเอียงแผงเท่ากับ 55 ° การส่งแสงผ่านสกายไลท์จะต่ำลงมากเมื่อระดับความสูงของมุมที่แสงแดดตกกระทบเข้าใกล้ 90 ° ทำให้สกายไลท์ประเภทนี้ ช่วยเพิ่มแสงที่ส่งจากมุมสูงมากกว่ามุมต่ำ สำหรับพื้นที่ละติจูดสูง สิ่งสำคัญที่คือต้องเพิ่มการรับแสงที่ส่งจากมุมต่ำ ดังนั้นมุมเอียงของแผงที่เหมาะสมคือ 35 ° หรือน้อยกว่า



รูปที่ 9 A คือ แสงที่ส่งจากมุมสูง B คือ แสงที่ส่งจากมุมต่ำ

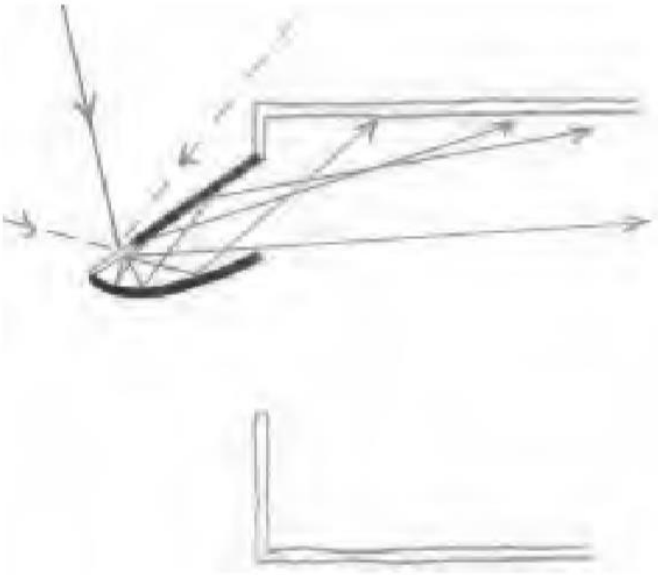
รูปที่ 10 สกายไลท์แบบเลือกมุม โรงเรียนของรัฐวอเตอร์ฟอร์ด บริสเบน ออสเตรเลีย

สกายไลท์ในอาคารที่มีเพดานต่ำ มักให้แสงที่เข้ามาภายในอาคารมีมากเกินไป หากมีการใช้แผงตัดเลเซอร์เป็นโครงสร้างปิรามิดกลับด้าน แสงที่อาจจะเข้ามาจะเบนไปเหนือเพดานเพื่อกระจายแสงพื้นที่อื่น ๆ ภายในอาคาร สำหรับตัวอย่างของสกายไลท์ที่กระจายแสงติดตั้งในห้องที่มีขนาดใหญ่มาก

รูปที่ 11 สกายไลท์ในอาคารที่มีเพดานต่ำ Mount Cootha Herbarium, บริสเบน, ออสเตรเลีย

6. อุปกรณ์กำหนดทิศทางแสง (Light-Guiding Shades)

การกำหนดทิศทางแสงประกอบด้วยจุดรับแสงแบบกระจายแสงและตัวสะท้อนแสงสองตัวที่ออกแบบมาเพื่อกำหนดทิศทางแสงกระจายจากจุดรับแสงไปยังอาคาร กระจายแสงในอาคารโดยถูกออกแบบมาเพื่อขยายให้แสงส่งไปถึงระดับความสูงประมาณ 60 ° จากช่องแสง



รูปที่ 12 การกำหนดทิศทางแสง

อาจใช้วัสดุที่มีการนำทางของแสงเข้าไปในอาคาร จากส่วนที่ยื่นออกไปบังแดดภายนอกอาคาร แสงจะถูก

เบนให้ส่องไปยังเพดาน เกิดการกระจายแสงซึ่งไม่ส่องสว่างจนแสบตาผู้อยู่อาศัยในห้อง จากรูปที่ 2.3.55 จะเห็นได้ชัดว่าการปรับแสงตามฤดูกาลนั้นเกิดความแตกต่างอย่างมาก แต่ควรระวังการทาสีเพดานด้วยสีมันวาวเพื่อป้องกันปัญหาแสงจ้า

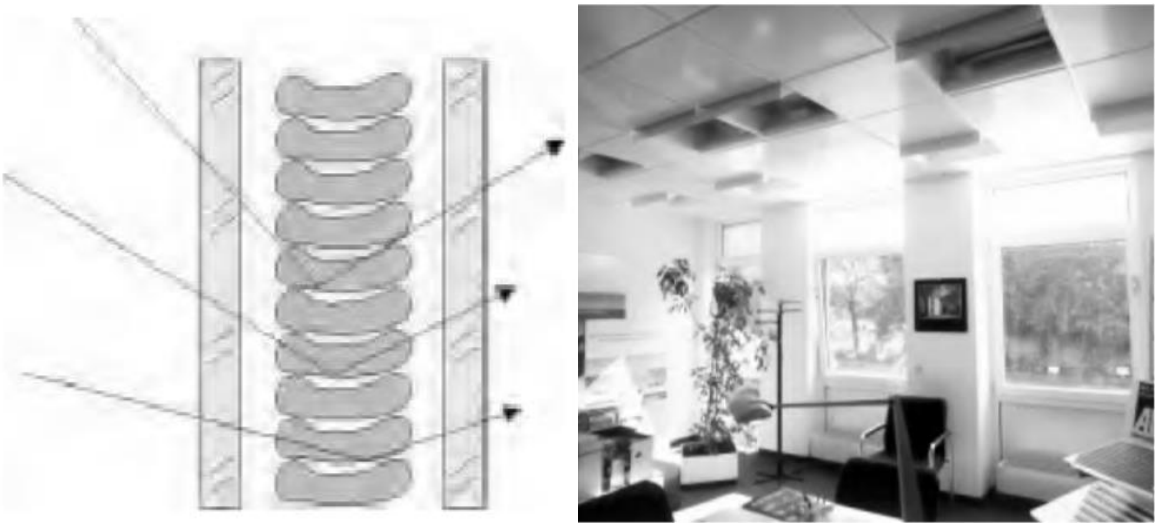
รูปที่ 13 เปรียบเทียบความส่องสว่างของห้อง
ด้วยการบังแดดแบบเดิมกับและบังแดดที่นำทางแสงเข้าสู่อาคาร

รูปที่ 14 แผงบังแดดที่กำหนดทิศทางแสงของอาคารสวนสาธารณะโรงเรียนบริสแบนออสเตรเลีย

7. กระจกนำแสง (Sun-Directing Glass)

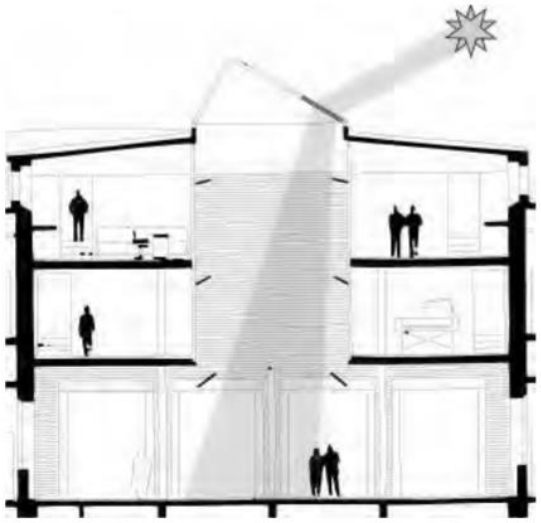
กระจกนำแสงเป็นกระจกปิดผนึกสองชั้นประกอบอะคริลิก มีลวดลายบนพื้นผิวด้านในที่สามารถใช้ในการกระจายแสงได้ ภายนอกเป็นฟิล์มโฮโลแกรมเพื่อเพิ่มความเข้มแสงที่เข้ามาในกระจก โดยปกติจะติดตั้งเหนือหน้าต่าง

ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากแสงอาทิตย์ของกระจก คือ 0.36 และค่า U ประมาณ 1.3 W/m^2K (ขึ้นอยู่กับในการรวมกันของแก้วและเติมก๊าซ)



รูปที่ 15 หลักการกระจกนำแสง เหนือหน้าต่างปกติในอาคารสำนักงาน ADO เมืองโคโลญ ประเทศเยอรมนี

กระจกนำแสงถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับการนำแสงแดดโดยตรง ทิศทางอาคารที่ดีที่สุดควรอยู่ทางทิศใต้ ระบบสามารถเบนแสง และรับระดับความสว่างต่ำกว่าแสงอาทิตย์มาก ดังนั้นจึงควรติดตั้งหลังคาที่มีแสงส่องที่ความลาดชันประมาณ 20 ° ต่อดวงอาทิตย์

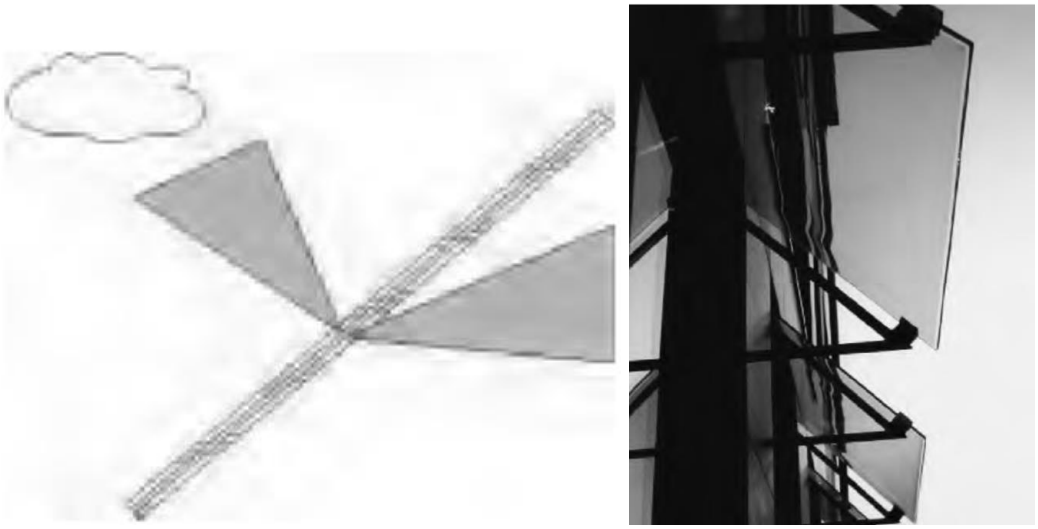


รูปที่ 16 การใช้กระจกนำแสงในแผ่นหลังคาโปร่งแสง

รูปที่ 17 มุมมองภายในของ อาคารสำนักงาน Geyssel, โคโลญ, เยอรมนี

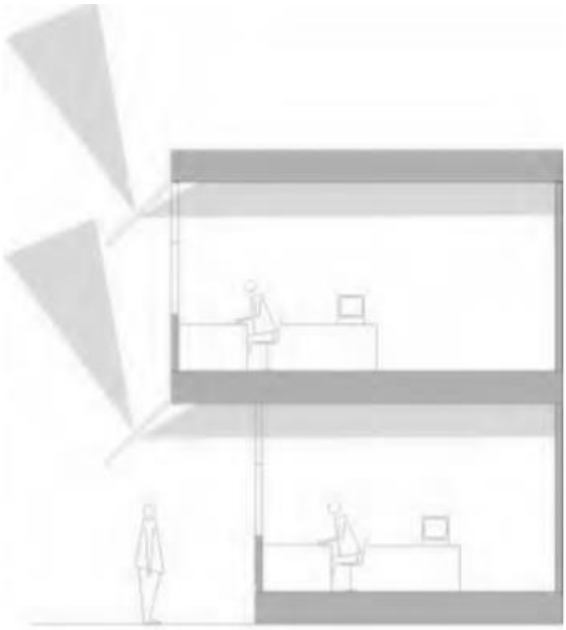
8. กระจกนำแสงซีนิทัล (Zenithal Light-Guiding Glass with Holographic Optical Element)

องค์ประกอบหลักของกระจกนำแสงซีนิทัล เป็นแก้วเคลือบฟิล์มโพลีเมอร์เกิดการกระจายแสงจากโฮโลแกรมซึ่งเป็นกระจกสองบาน โฮโลแกรมมีหน้าที่เปลี่ยนเส้นทางกระจายแสงเข้ามาในอาคาร ควรทำใช้กับอาคารที่ไม่ได้รับแสงแดดโดยตรงจากดวงอาทิตย์ เนื่องจากอาจเกิดการผิดเพี้ยนของสี



รูปที่ 18 หลักการของกระจกนำแสงซีนิทัลด้วยการกระจายแสงจากโฮโลแกรม

กระจกนำแสงซีนิทัลใช้งานร่วมกับกรอบอาคาร อาจทำให้มุมมองเชิงสถาปัตยกรรมต้องมีการปรับเปลี่ยน มีการติดตั้งกระจกในอาคารเหมือนกันหน้าต่างปกติหรือกระจกที่มีโครง ควรใช้ในอาคารที่ไม่ได้สัมผัสกับแสงแดดโดยตรง



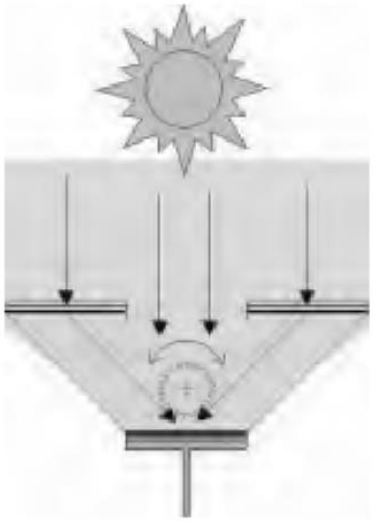
รูปที่ 19 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ชิ้นส่วนกระจกนำแสงซีนิทัล

รูปที่ 20 อาคารสำนักงานใช้กระจกนำแสงซีนิทัล ในสำนักงาน ADO อาคารในโคโลญ, เยอรมนี

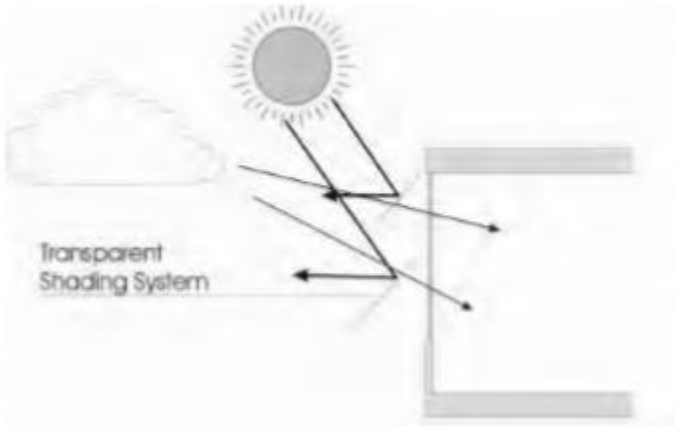
9. ระบบบังแดดแบบเลือกทิศทาง (Directional Selective Shading Systems Using Holographic Optical Elements (HOEs))

ระบบบังแดดแบบเลือกทิศทางเป็นโฮโลแกรมฝังอยู่ในแก้วลามิเนต สามารถใช้งานได้สองวิธี คือการควบคุม

การบังแดด สำหรับพื้นที่มีการคลุมด้วยระบบบังแดดโปร่งใสโฮโลแกรมขนาดใหญ่ กระจก หมุนไปตามดวงอาทิตย์รับแสงแดดโดยตรงได้อย่างมีประสิทธิภาพ องค์ประกอบถูกออกแบบมาเพื่อเบนทิศทางของแสง แสงแดดที่ส่องลงบนแถบทึบแสงบนกระจกชุดที่สองจะถูกสะท้อน ดูดซับ แปลงเป็นไฟฟ้า หรือใช้เป็นพลังงานความร้อน การออกแบบนี้ช่วยให้การสร้างระบบบังแดดโดยตรงได้



รูปที่ 21 หลังคากระจกเคลื่อนไหวได้จากระบบควบคุม และเคลือบระบบบังแดดด้วยโฮโลแกรมแสง



รูปที่ 22 การเลือกระดับความเข้มแสงระบบบังแดดด้วยโฮโลแกรมแสง

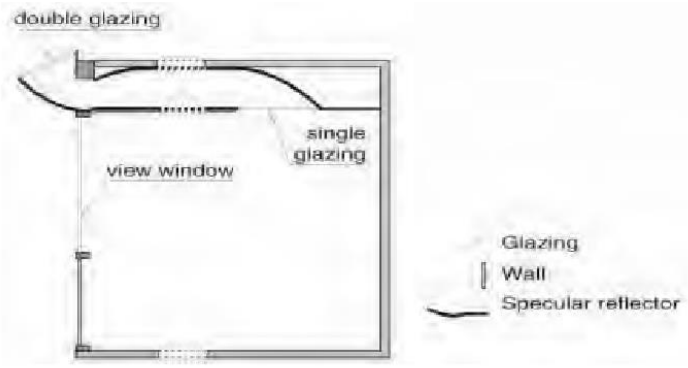
องค์ประกอบแสงโฮโลแกรมได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้เป็นระบบบังแดดโปร่งใส เมื่อแสงจ้าหรือความร้อนสูงจากดวงอาทิตย์โดยตรงอาจเป็นปัญหา จึงทำให้เปิดการประยุกต์ใช้งานกับระบบความร้อน หรือระบบผลิตไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ โดยติดตั้งให้หมุนรอบแกนนอนหรือแนวตั้ง ติดตั้งด้านหน้าหรือเหนือหลังคากระจก

รูปที่ 23 ระบบติดตามความเข้มแสงประยุกต์ใช้กับ Row Houses, ชตุทท์การ์ท, เยอรมนี

10. ระบบเพดานท่อแสง (Anidolic Ceilings)

ระบบเพดานท่อแสงใช้คุณสมบัติของแสงประกอบอุปกรณ์พาราโบลิก เพื่อรวบรวมแสงจากท้องฟ้าในเวลากลางวัน ร่วมกับท่อแสงแบบพิเศษเหนือระนาบเพดานที่สามารถส่งแสงไปภายในอาคาร เพื่อให้แสงสว่างเพียงพอต่อการทำงานในอาคาร ภายใต้สภาพท้องฟ้าครึ้ม

ระบบเพดานท่อแสง ประกอบด้วยเลนส์เก็บแสงตอนกลางวันเพื่อส่งแสงไปทางท่อนำแสง ระบบถูกออกแบบมาสำหรับแสงด้านข้าง เมื่อแสงส่องลงมาบนปลายทั้งสองของท่อแสงด้านนอกของอาคาร ด้านหัวท่อทำปฏิกิริยาออปติคอล จับแสงและกระจายความเข้มแสงจากพื้นที่ส่วนบนของท่อ ตัวสะท้อนแสงแบบพาราโบลิกกระจายแสงลงด้านล่าง ซึ่งไม่มีการสะท้อนกลับของแสง แสงจากดวงอาทิตย์ส่องเข้ามาในห้องโดยใช้กระจกสะท้อนแสงหลายจุดในท่อ



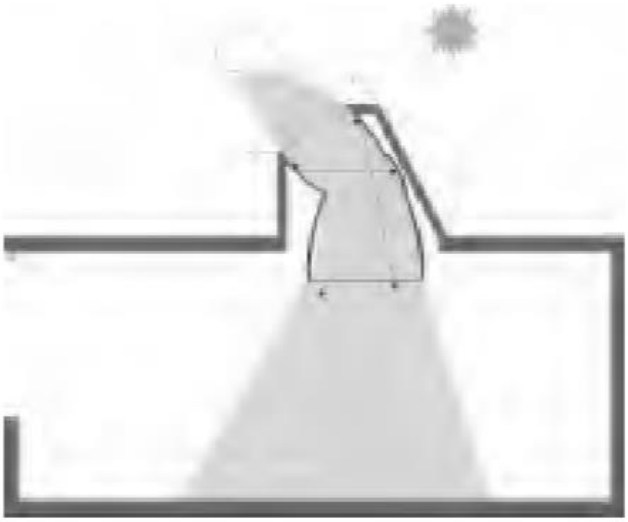
รูปที่ 24 ภาพตัดระบบการนำแสงในท่อแสง

ระบบจะใช้งานได้ดีที่สุดในอาคารสูงในพื้นที่มีเมฆมาก และมีการจำกัดการเข้าถึงแสงแดดโดยตรง วิธีการออกแบบจะแตกต่างกันไปตามสภาพอากาศและละติจูด ในกรณีที่มีเมฆมากต้องออกแบบให้ขนาดท่อแสงขนาดใหญ่ให้เข้ากับพื้นที่อาคารที่มีอยู่ แต่หากมีแสงแดดส่องถึงโดยตรงสามารถออกแบบระบบท่อที่มีขนาดเล็กลงได้ นิยมประยุกต์ใช้ในอาคารที่มีช่องว่างเพดานลึกหรือเพดานสูง และไม่มีสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่และการรบกวนกับระบบอาคารอื่น ๆ

รูปที่ 25 อาคารทดลองพลังงานแสงอาทิตย์ LESO เมืองโลซาน ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

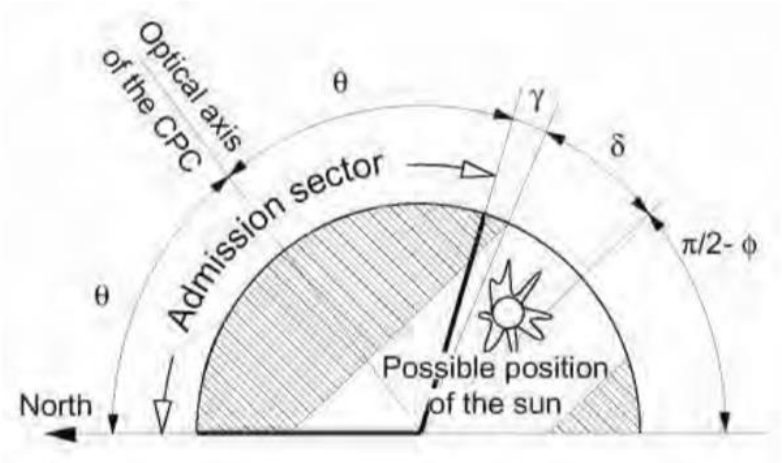
11. ท่อนำแสงแอนโดลิก (Anidolic Zenithal Openings)

ท่อนำแสงแอนโดลิกเป็นการเปิดท่อนำแสงจากจุดสูงสุดของอาคารเข้ามาเป็นแสงธรรมชาติในอาคาร โดยใช้หลักการรวมแสงและกระจายแสง ระบบสกายไลท์รูปแบบนี้ใช้หลักการของเลนส์ให้แสงสว่างแก่ชั้นบนของอาคารสูงที่มีการป้องกันการส่งผ่านรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงได้ตลอดทั้งปี มีประสิทธิภาพสามารถทำระดับความสว่างได้ที่ 500 ลักซ์ โดยใช้อัตราส่วนเปิดหลังคากระจกเพียง 15% สามารถควบคุมแสงจ้าได้ดีและมีความสบายตาดีขึ้นกว่าแบบสกายไลท์ปกติ



รูปที่ 26 หลักการของท่อนำแสงแอนโดลิก (Anidolic Zenithal Openings)

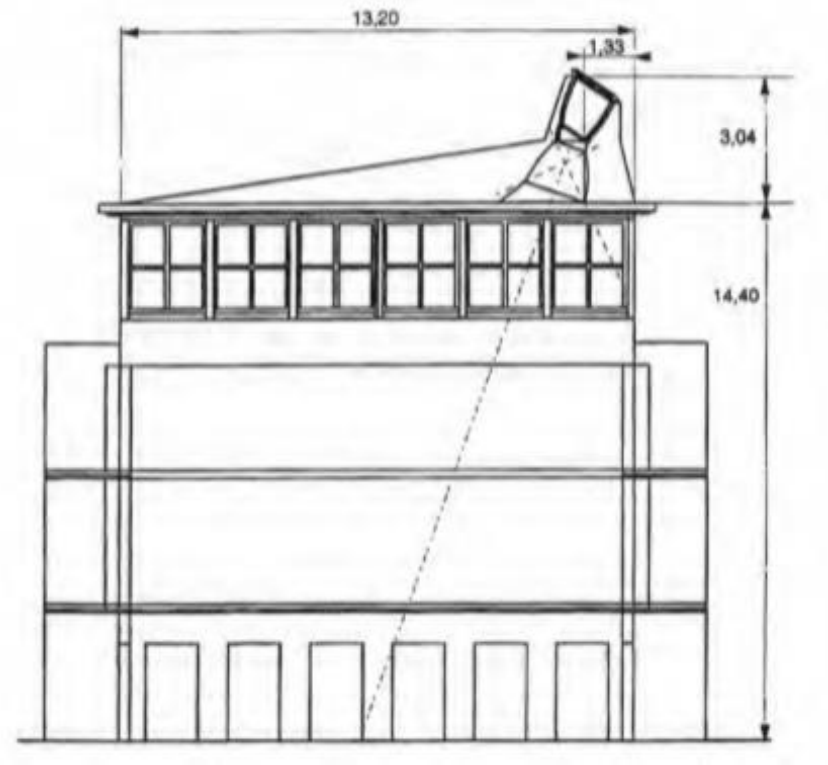
ท่อนำแสงแอนโดลิก ประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนกระจายแสงและส่วนรับแสง ส่วนรับแสงเป็นหัวต่อพาราโบลาซึ่งมีแกนยาวในแนวทางตะวันออก – ตะวันตก ช่องเปิดเอียงไปทางทิศเหนือสำหรับอาคารที่ตั้งอยู่ในซีกโลกเหนือที่ละติจูด 47 ° N ได้รับการออกแบบให้รับแสงทั้งท้องฟ้าดังรูปที่ 2.3.69



รูปที่ 27 การออกแบบให้รับแสงท้องฟ้าที่ละติจูด 47 ° N

รูปที่ 28 แผ่นสะท้อนแสงของท่อนำแสงแอนโดลิก

ท่อนำแสงแอนโดลิก ออกแบบมาสำหรับการใช้งานกับหลังคา เน้นใช้งานกับหลังคาทางทิศเหนือ (อาคารในซีกโลกเหนือ) ข้อดีคือแสงสว่างที่ได้ขึ้นอยู่กับการกระจายแสงของท้องฟ้า การเคลื่อนที่ของเมฆ หรือดวงอาทิตย์ อาจจำเป็นต้องใช้ พื้นที่รูรับแสงกว้างกว่าระบบที่ออกแบบมาเพื่อรับแสงแดดโดยตรงได้มากขึ้นกรณี มีเมฆเยอะ หรือแสงจากท้องฟ้าน้อย



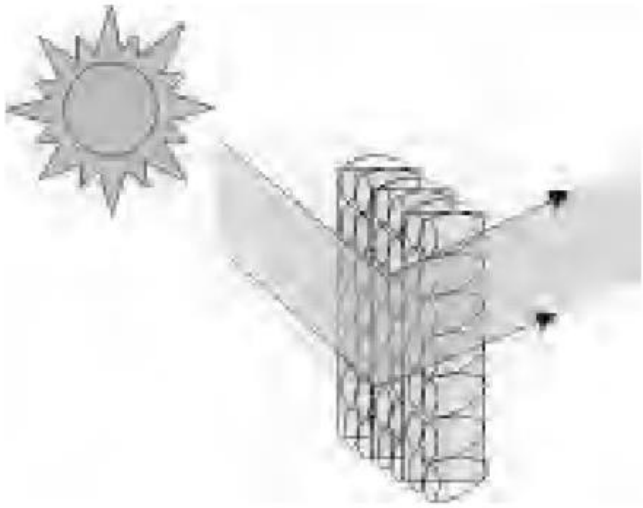
รูปที่ 29 ท่อนำแสงแอนโดลิก ถูกออกแบบใช้กับห้องโถงใหญ่ของอาคาร Cantonales du Tessin ในประเทศสวิสเซอร์แลนด์

12. มู่ลี่แสงอาทิตย์แอนโดลิก (Anidolic Solar Blinds)

มู่ลี่แสงอาทิตย์แอนโดลิก เป็นระบบที่กำหนดไว้เพื่อควบคุมแสงธรรมชาติ ลดความร้อนในทิศใต้หรืออาคารอื่น ๆ ที่ได้รับแสงแดดจ้า มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มการส่องสว่างในเวลากลางวันภายใต้เงื่อนไขที่หลากหลาย ขณะเดียวกันก็ป้องกันพื้นที่ภายในจากความร้อนสูงเกินไป

การทำงานของมู่ลี่แสงอาทิตย์แอนโดลิก เหมาะกับการเปิดรับแสงอาทิตย์ในเวลากลางวันแบบไม่มีแสงสะท้อน สามารถเบนเส้นทางแสงและเลือกเส้นทางของรังสีดวงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาพอากาศที่ไม่มีแดดจัด เหมาะกับพื้นที่มืดครึ้ม

มู่ลี่แสงอาทิตย์แอนโดลิก เมื่อเทียบกับระบบแอนโดลิกอื่น ๆ เป็นการใช้ส่วนประกอบสะท้อนแสงแบบสามมิติ เลนส์ของส่วนรับแสงถูกออกแบบมาเพื่อรับรังสีกระจายแต่บดบังรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ส่วนเลนส์ที่ปล่อยแสง ได้รับการออกแบบให้กระจายแสงในแนวนอนภายใน ± 25 ° ของพื้นผิวหน้าต่างปกติ โดยการออกแบบนี้ช่วยกระจายการส่งแสงแดดโดยไม่สร้างแสงจ้า



รูปที่ 30 หลักการมู่ลี่แสงอาทิตย์แอนโดลิก