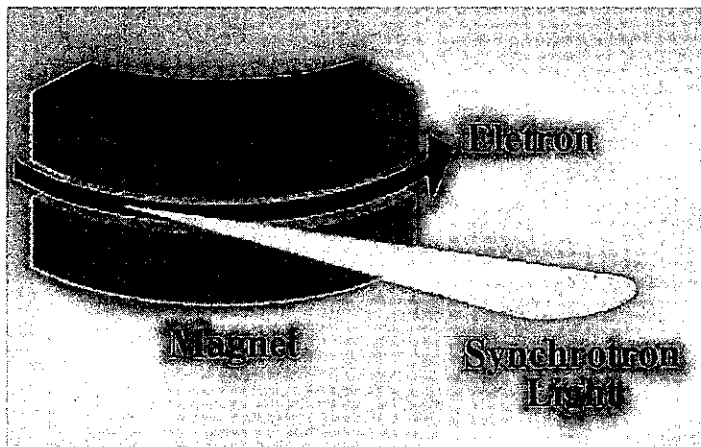


การออกแบบห้องเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน



รูปที่ 1 หลักการในการผลิตแสงซินโครตรอน

แสงซินโครตรอน เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากการปลดปล่อยพลังงานของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า เช่น อิเล็กตรอน หรือโพสิตรอน ในขณะที่มีการเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งด้วยความเร็วใกล้ความเร็วแสงและไม่ได้ใช้สารกัมมันตรังสีแต่อย่างใด จึงไม่มีการตกค้างของสารกัมมันตภาพรังสีในสิ่งแวดล้อม

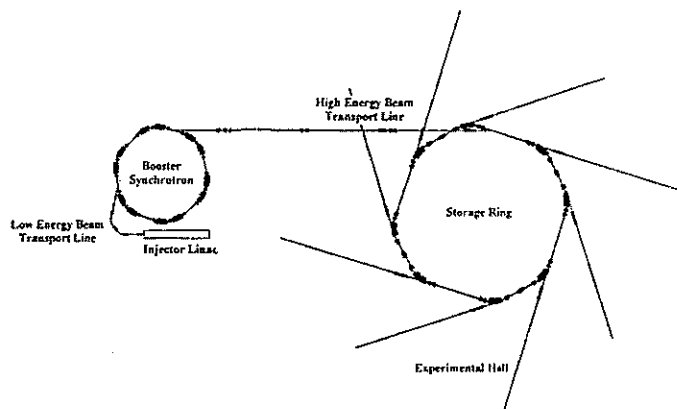
จากการสำรวจเมื่อต้นเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2540 พบว่าทั่วโลกมีเพียง 18 ประเทศเท่านั้นที่มีเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนรวม 72 เครื่อง ที่กำลังใช้งานมีจำนวน 41 เครื่อง ส่วนที่เหลือกำลังอยู่ในระหว่างออกแบบและติดตั้ง รวมทั้งเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนที่อยู่ในประเทศไทย รัฐบาลไทยได้อนุมัติจัดตั้งศูนย์ปฏิบัติการวิจัยเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนแห่งชาติ (National Synchrotron Research Center, NSRC) เมื่อ พ.ศ. 2539 ตั้งอยู่บริเวณเทคโนโลยีธานี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เพื่อพัฒนาเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนที่ได้รับบริจาคจากกลุ่มบริษัทซอร์เทค (Sortec Corporation) เมืองทซูกุบะ (Tsukuba) ประเทศญี่ปุ่น โดยปรับปรุงและดัดแปลงเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนเดิมนี ให้มีขนาด 1.0 GeV (1 พันล้านอิเล็กตรอนโวลท์) สามารถผลิตแสงที่มีความคมชัดมากขึ้นและให้มีอายุการใช้งานได้อีกอย่างน้อย 20 ปี ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนแห่งชาตินี้จะเป็นศูนย์ปฏิบัติการวิจัยฯ แห่งแรกในประเทศไทยและแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ที่จะเป็นศูนย์กลางการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์พื้นฐานและวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ตลอดจนเป็นศูนย์การฝึกฝนและพัฒนา นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรรุ่นใหม่ให้มีความรู้ทางด้านการออกแบบและพัฒนาเครื่องเร่งอนุภาค ระบบลำเลียงแสงซินโครตรอน (Optical Beamline) การพัฒนาวัสดุในระบบการลำเลียงแสง ระบบการตรวจวัดและระบบการลำเลียงแสงซินโครตรอนด้วยคอมพิวเตอร์

การใช้ประโยชน์ของแสงซินโครตรอน แบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

- กลุ่มงานวิจัยพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ใช้ในงานวิจัยทางด้านเคมีและฟิสิกส์ระดับอะตอมและโมเลกุล วัสดุศาสตร์ การพัฒนาโพลิเมอร์
- กลุ่มงานวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์และเทคโนโลยีชีวภาพ ใช้ในการวิจัยด้านจุลทรรศน์เอกซเรย์ การวิจัยด้านการวินิจฉัยโรค การบำบัดโรค
- กลุ่มงานวิจัยเพื่อผลทางอุตสาหกรรม ใช้ประโยชน์ทางด้านลิโทกราฟี (lithography) วงการอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรม และงานเครื่องกลขนาดเล็ก (micromachining)

อาคารปฏิบัติการแสงสยามเป็นอาคารที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนของไทย ซึ่งได้พัฒนามาจากเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนที่ได้รับบริจาคจากกลุ่มบริษัทฮอร์เทค มีส่วนประกอบหลักด้วยกัน 3 ส่วน คือ

1. เครื่องเร่งอนุภาคในแนวตรง (injector linac) จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เร่งอนุภาคอิเล็กตรอนที่มีพลังงานเป็นศูนย์ให้เพิ่มขึ้นเป็น 40 MeV ขนาดของเครื่องประมาณ $1.00 \times 10.00 \times 1.80$ เมตร (กว้าง x ยาว x สูง)
2. เครื่องเร่งอนุภาคในแนววงกลม (booster synchrotron) เป็นเครื่องเร่งอนุภาคที่พลังงานอิเล็กตรอนถูกเร่งจาก 40 MeV เพิ่มขึ้นเป็น 1 GeV ตัวเครื่องมีลักษณะเป็นวงกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 13.70 เมตร สูงประมาณ 1.80 เมตร
3. วงกักเก็บอิเล็กตรอน (storage ring) มีหน้าที่รับอิเล็กตรอนที่ถูกเร่งจากเครื่องเร่งอนุภาคในแนวตรงและเครื่องเร่งอนุภาคในแนววงกลมมาเก็บอิเล็กตรอนไว้ เป็นวงกักเก็บอิเล็กตรอนที่มีลักษณะเป็นวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 26 เมตร สูงประมาณ 1.80 เมตร



รูปที่ 2 แสดงส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน

ระบบการทำงานของเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน

เริ่มจากเครื่องเร่งอนุภาคในแนวตรงรับกระแสไฟฟ้าจากเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าซินโครตรอน (synchrotron power supplies) แล้วเร่งอนุภาคอิเล็กตรอนเพิ่มเป็น 40 MeV จากนั้นก็ลำเลียงอนุภาคผ่านสายส่งพลังงานต่ำ (low energy beam transport line) เข้าสู่เครื่องเร่งอนุภาคในแนววงกลม ซึ่งพลังงานอิเล็กตรอนจะถูกเร่งจาก 40 MeV เพิ่มขึ้นเป็น 1 GeV จากนั้นจะลำเลียงอนุภาคผ่านสายส่งพลังงานสูง (high energy beam transport line) เข้ากักเก็บอิเล็กตรอนไว้ที่วงกักเก็บอิเล็กตรอนเป็นบริเวณโดยรอบวงกักเก็บอิเล็กตรอนเป็นบริเวณที่สามารถติดตั้งกำแพงกำบังรังสี (radiation shield wall) และใช้เป็นสถานที่ทำการติดตั้งระบบลำเลียงแสง (beamline) ที่ห้องโถงทดลอง (experimental hall) เพื่อใช้ประโยชน์จากแสงซินโครตรอนเพื่อการทดลองวิจัยได้โดยรอบทั้งหมด

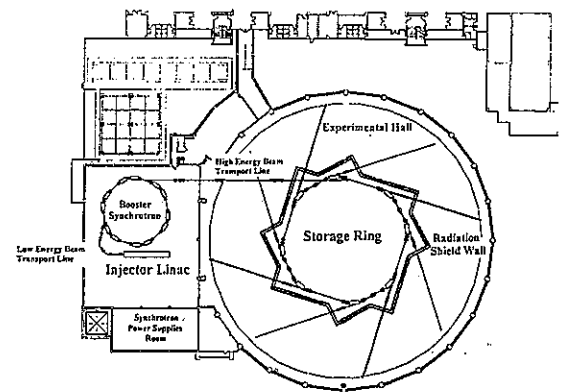
ห้องเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน มีความต้องการโดยทั่วไปดังนี้

1. ห้องที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนทั้งหมดจะต้องมีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นตลอดเวลา
2. ห้องที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนตลอดจนระบบลำเลียงแสงจะต้องมีโครงสร้างที่มั่นคงแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักบรรทุกที่ปลอดภัยได้ 15 ตันต่อตารางเมตร รับแรงสั่นสะเทือนและการเคลื่อนตัวได้ไม่เกิน 5 μm . อันอาจเกิดจากการที่วิ่งโดยรอบ นอกจากนี้จะต้องปราศจากการบิดรูปทรง (deformation) ของห้องอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเวลากลางวันและกลางคืน

3. ห้องที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนทั้งหมดจะต้องมีการกำบังรังสี (radiation shield)
4. พื้นห้องที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนทั้งหมดจะต้องเรียบ ใช้วัสดุทนต่อสารเคมี กรดต่าง หรือน้ำมันเบนซิน และสะดวกในการทำความสะดวก
5. ห้องที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนจะต้องไม่มีเสากลางห้องอันจะกีดขวางการทำงานของบันจันยกของหนัก 7.5 ตัน เพื่อใช้ยกอุปกรณ์ ตัวเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน ตลอดจนกำแพง ค.ส.ล. สำเร็จรูป
6. จะต้องมีการซ่อนระบบสายไฟฟ้าและท่อน้ำบริสุทธิ์ที่จ่ายไปยังเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน เพื่อการจัดระบบการเดินสายไฟฟ้า (wiring) ให้เป็นระเบียบ สะดวกในการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา
7. อาคารปฏิบัติการแสงสยามจะต้องเชื่อมต่อกับอาคารสุรพัฒน์ 3 ซึ่งจะใช้งานเป็นสำนักงานของศูนย์ปฏิบัติการวิจัยลำแสงซินโครตรอนแห่งชาติ ห้องทำงานของนักวิจัย และห้องปฏิบัติการต่างๆ
8. จะต้องวางแผนระบบการสำรวจเพื่อวางแผนระดับที่ละเอียด ใช้ในการติดตั้งและปรับเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน

การออกแบบห้องเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน ได้กำหนดแนวคิดในการออกแบบไว้ดังนี้

1. รูปทรงอาคารจะต้องสะท้อนถึงลักษณะการทำงานของเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน เพื่อให้เกิดการชวนให้อยากรู้และเข้าใจในการทำงานของเครื่องกำเนิดแสงฯ เนื่องจากเป็นเครื่องมือชนิดใหม่ไม่เคยมีมาก่อนในประเทศ ฉะนั้นจึงเลือกใช้รูปทรงกลม กระบอกล้อมรอบวงกักเก็บอิเล็กตรอน ซึ่งมีลักษณะเป็นวงกลม อีกทั้งเป็นการประหยัดพื้นที่อาคารและได้ประโยชน์ใช้สอยของห้องโถงทดลอง ซึ่งจะต้องมีสถานีทดลองที่ติดตั้งระบบลำเลียงแสงได้ไม่น้อยกว่า 8 ชุด
2. ห้องที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนจะต้องทนต่อแรงสั่นสะเทือนจากโดยรอบดีที่สุด เพื่อให้เครื่องกำเนิดแสงมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ฉะนั้นห้องที่ติดตั้งวงกักเก็บอิเล็กตรอนและโถงทดลองซึ่งเป็นอาคารทรงกระบอกกลม และตั้งอยู่ระดับพื้นดิน ออกแบบให้ใช้เสาเข็มเจาะบาเรตต์ (barette pile) แบบเบี่ยงขนาด 0.80 x 5.00 เมตร ระดับความลึกของปลายเสาเข็มให้อยู่ที่ระดับชั้นหินทราย (sandstone) มีความลึกจากผิวดินประมาณ 21.00 เมตร เสาเข็มเจาะบาเรตต์สามารถช่วยกันคลื่นสั่นสะเทือนจากถนนทุกที่ที่วิ่งรอบอาคารผ่านพื้นดินเข้าสู่อาคารได้ ส่วนห้องที่ติดตั้งเครื่องเร่งอนุภาคในแนวตรงและเครื่องเร่งอนุภาคในแนววงกลมออกแบบให้อยู่ชั้นใต้ดิน ใช้ผนังห้องเป็น ค.ส.ล.หนา 0.50 เมตร โดยรอบ และใช้พื้น ค.ส.ล.หนา 1.00 เมตร กันการสั่นสะเทือน
3. ห้องที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนจะต้องมีการกันรังสีดีที่สุด เพื่อความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่และนักวิจัย ฉะนั้นในการออกแบบจึงจัดให้ห้องเครื่องเร่งอนุภาคในแนวตรงและเครื่องเร่งอนุภาคในแนววงกลมอยู่ชั้นใต้ดิน ซึ่งห้องนี้เมื่อเดินเครื่องจะไม่อนุญาตให้คนเข้าไปในห้องนี้ได้ ส่วนห้องที่ติดตั้งวงกักเก็บอิเล็กตรอนได้ออกแบบกำแพง ค.ส.ล.หนา 0.50 เมตร สูง 3.00 เมตร กันโดยรอบและมีประตูบานเลื่อนหลักหนา 15 ซม. เพื่อใช้ขนของและคนเดินเท้า



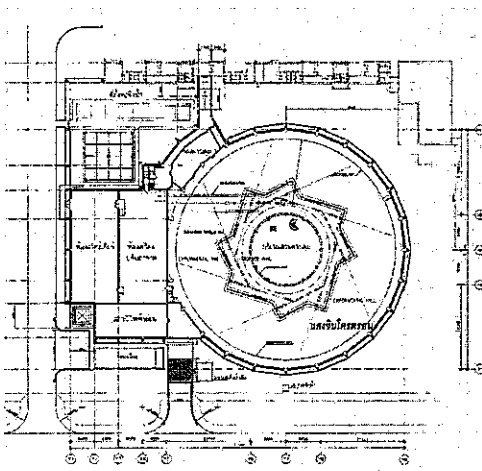
รูปที่ 3 แสดงพื้นที่การใช้งานในอาคาร



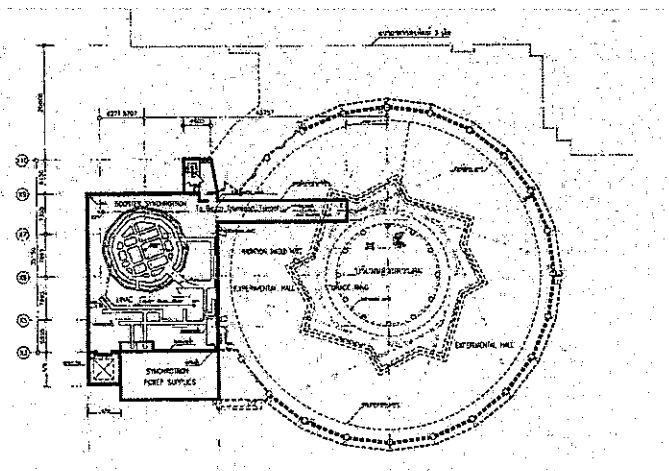
รูปที่ 4 แสดงเครื่องเร่งอนุภาคแนววงกลม



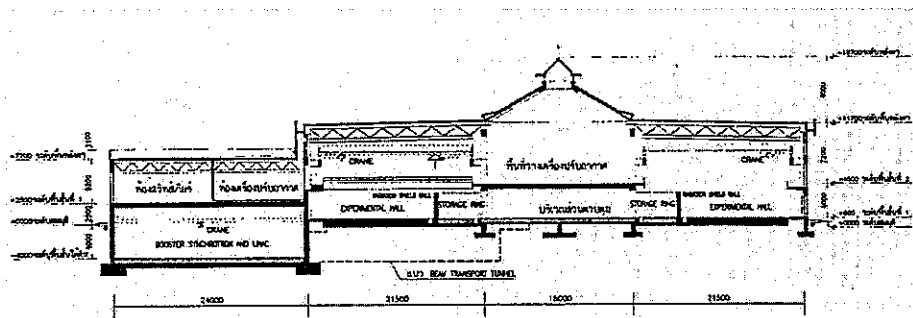
รูปที่ 5 แสดงสายส่งพลังงานสูงในห้องใต้ดิน



รูปที่ 6 แสดงแปลนพื้นชั้นล่าง ออกแบบเป็นรูปทรงกระบอก เพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานของวงกบอิเล็กทรอนิกส์



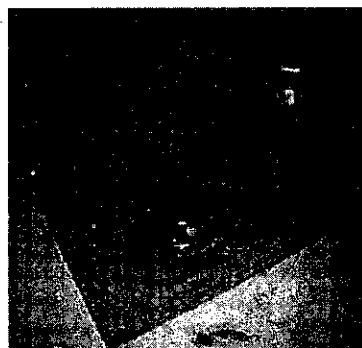
รูปที่ 7 ผังพื้นชั้นใต้ดินแสดงการติดตั้งเครื่องเร่งอนุภาคในแนวตรง และเครื่องเร่งอนุภาคในแนววงกลม



รูปที่ 8 รูปตัดตามยาวแสดงตำแหน่งห้องที่ติดตั้งเครื่องเร่งอนุภาคในแนววงกลม ห้องวงกบอิเล็กทรอนิกส์ และห้องโถงทดลอง



รูปที่ 9 แสดงห้องโถงทดลองและกำแพงกำบังรังสี



รูปที่ 10 แสดงแผงจุดตำแหน่ง (marking panel) ผังอยู่ในพื้นห้อง

4. ห้องเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนมีการป้องกันการแผ่รังสีของห้องอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เพื่อมิให้ผนังของอาคารและหลังคาอาคารมีผลกระทบต่อนักวิจัย อันเนื่องมาจากการขยายตัว ฉะนั้นจึงได้ออกแบบให้โครงสร้างพื้นที่อาคารที่รองรับเครื่องแยกออกโดยเด็ดขาดจากโครงสร้างอาคารที่รับน้ำหนักพื้นผนังและหลังคา โดยใช้รอยต่อยืดหดตัว (expansion joint) พร้อมป้องกันการรั่วซึมของน้ำ
5. การเลือกใช้วัสดุปูพื้นที่เรียบและสามารถทนกรด-ด่าง หรือเบนซินที่ดีที่สุด ทั้งเรียบและทำความสะอาดง่าย ในการออกแบบได้เลือกใช้พื้นผิวเคลือบอีพ็อกซี (epoxy) ชนิดปรับระดับตัวเอง (self leveling) หนา 3 มม.

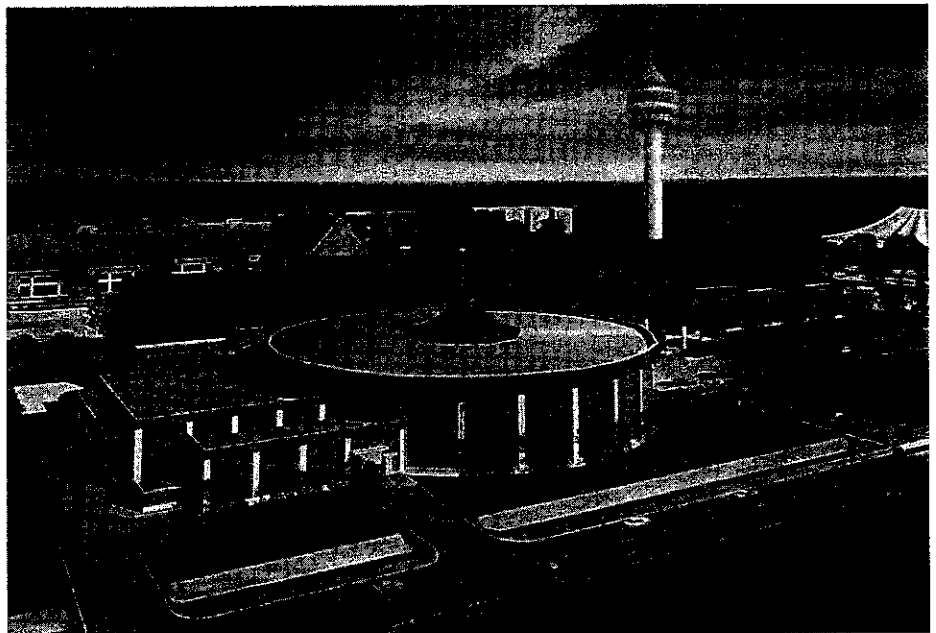
6. การซ่อมระบบสายไฟฟ้าและท่อน้ำบริสุทธิ์ที่สะดวกต่อการปฏิบัติงานที่ดีที่สุด ได้ออกแบบโดยวางราง (trench) ลึกประมาณ 0.50 ม. โดยรอบเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนและเชื่อมต่อกับระบบควบคุมไฟฟ้าและระบบน้ำบริสุทธิ์ นอกจากนี้ยังติดตั้งแผงจุดตำแหน่ง (marking panel) เพื่อให้ตรวจสอบแนวซินโครตรอนปรกติจำเป็นต้องมีการปรับระดับและแนวทุก 2 ปี



รูปที่ 11 แสดงแนวการวางราง (trench)

7. การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนได้ออกแบบเป็นกำแพง 2 ชั้นโดยรอบ ส่วนหลังคาทั้งหมดใช้โครงสร้างเหล็ก เนื่องจากเป็นโครงสร้างพาดช่วงยาว เพคอนกรีต ทับหลังคาแผ่นหลังคาหุ้มสังกะสี ทำระบบกันรั่วซึมและฉนวนกันความร้อนด้านบนเพคอนกรีตปิดทับหน้า และบุผิวด้วยแผ่นหลังคาไฟเบอร์กลาส (fiberglass roof shingles) เพื่อตกแต่งผิว
8. ความกลมกลืนกับอาคารข้างเคียง เนื่องด้วยอาคารสุรพัฒน์ 3 ซึ่งเป็นอาคารที่ใช้ปฏิบัติงานต่อเนื่องกับอาคารปฏิบัติการแสงสยาม ฉะนั้นในการออกแบบจึงใช้สีกระเบื้องเซรามิคเฉดสีเดียวกับอาคารสุรพัฒน์ 3

ปัจจุบันเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนของศูนย์ปฏิบัติการวิจัยเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน สามารถผลิตแสงซินโครตรอนได้เป็นผลสำเร็จ พร้อมทั้งสร้างสถานีทดลองที่ติดตั้งระบบลำเลียง (beamline) ทางด้านอิเล็กตรอนสเปกโตรสโกปี (electron spectroscopy) ใช้งานเรียบร้อยแล้ว รูปทรงอาคารที่เป็นรูปทรงกระบอกมีความสอดคล้องกับการทำงานของวงกักเก็บอิเล็กตรอน และวัสดุปิดผิวภายนอกที่เป็นเซรามิคสีแดงเข้มกลมกลืนกับกลุ่มอาคารข้างเคียง



รูปที่ 12 รูปภายนอกอาคารศูนย์ปฏิบัติการวิจัยเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนแห่งชาติ

บรรณานุกรม

1. ปฏิบัติการวิจัยเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนแห่งชาติ, ศูนย์. การใช้ประโยชน์แสงซินโครตรอน. นครราชสีมา : สมบูรณ์การพิมพ์, 2543
2. ปฏิบัติการวิจัยเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนแห่งชาติ, ศูนย์. แสงสยามสาร. ฉบับที่ 2 (2542). นครราชสีมา : ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนแห่งชาติ.
3. ปฏิบัติการวิจัยเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนแห่งชาติ, ศูนย์. แสงสยามสาร. ฉบับที่ 9 (2542). นครราชสีมา : ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนแห่งชาติ.
4. W. Pairsuwan and T. Ishi, Abstract of the Third Forum on Synchrotron Radiation, Japanese Society for the Promotion of Science (JSPS), 1997.
5. P. Kenghan et al, Journal of Synchrotron Radiation, Vol. 5, 348 (1998).