วาระที่ 3.3
โครงการความร่วมมือไทย - สิงคโปร์เพื่อพัฒนานาฟิกาอะตอมเชิงแสง

ตามพระราชดำริสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี
(ประจำปี 2567)

รายงานเมื่อ
10 มีนาคม 2568

หน่วยงานร่วมโครงการ
1. มูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริฯ
2. สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
3. ศูนย์เทคโนโลยีควอนตัม มหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์

*ชื่อเต็มคือนาฟิกาอะตอมเชิงแสงด้วยไอออนเย็นของธาตุอิธเธอเบียม

1. ศูนย์เทคโนโลยีควอนตัม (Centre for Quantum Technologies :CQT) ม.แห่งชาติสิงคโปร์ (NUS)

- เมื่อ 20 มกราคม 2562 สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี เสด็จพระราชดำเนินไปยังศูนย์เทคโนโลยีควอนตัม มหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์
- ทรงเป็นประธานในการลงนามความร่วมมือด้านการวิจัยทางด้านเทคโนโลยีควอนตัม ระหว่างสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (NIMT: National Institute of Metrology of Thailand) กับมหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์ (NUS : National University of Singapore)

2. แผนความร่วมมือ NIMT-CQT ในการพัฒนานาฬิกาอะตอมเชิงแสง (1/2)

<u>วัตถุประสงค์</u> เพื่อใช้เป็นนิยามของหน่วยวินาทีในอนาคตของประเทศไทย รวมทั้งการพัฒนาบุคลากรด้านเทคโนโลยีควอนตัม

- NIMT ใช้ไอออนของธาตุอิธเธอเบียม (Yb^+)
- CQT ใช้ไอออนของธาตุลูทิเทียม (Lu^+)

- งบประมาณทั้งโครงการ 83.38 ล้านบาท
- **<u>อนุมัติแล้ว 7 ปี (2562 - 2568)จำนวน 57.37 ล้านบาท</u>**
- ระยะเวลาดำเนินการ 8 ปี (2562-2569)

นักวิจัยไทย

- ดร. ปิยพัฒน์ พูลทอง NIMT
- ดร. รัฐกร แก้วอ่วม NIMT
- ดร. ธเนศ พฤทธิวรสิน ม.มหิดล
- ดร. ธารา เฉลิมทรงศักดิ์ ม.มหิดล
- นายนครินทร์ จายโจง จบป.โท ม.มหิดล ขณะนี้เรียนป.เอกที่NUS(CQT) ด้านนาฬิกาอะตอม Lu^+

นักวิจัยสิงคโปร์

- Dr. Murray Barrett CQT
- Dr. Kyle Arnold CQT

- 2562 – 2565 ร่วมวิจัยและสร้างอุปกรณ์กักขังไอออนของธาตุอิตเทอเบียม (Yb^+) ซึ่งเป็นหัวใจของนาฬิกาอะตอมที่ CQT และ NIMT
- 2562 ร่วมพัฒนาเทคนิคในการเคลือบฟิล์มบางทองคำบนแผ่นเซรามิคอะลูมินาไนไตรด์ที่ CQT ที่สิงคโปร์แต่ไม่เสร็จสมบูรณ์
- 2563 พัฒนาชั้นทองแดงบนแผ่นเซรามิค MACOR ด้วยเทคโนโลยีในไทย
- 2564 สร้างชิ้นส่วนเพิ่มเติมเพื่อให้ได้หน่วยกักขังไอออนอิธเธอเบียม
- 2565 ประสบความสำเร็จในการกักขังไอออนเย็นของธาตุอิธเธอเบียม
- 2565 - 2568 ทดสอบคุณสมบัติของไอออนอิธเธอเบียมที่กักขังได้
- 2567 ปรับปรุงระบบการถ่ายภาพ และการตรวจวัดสถานะทางควอนตัมของนาฬิกาอะตอม
- 2567 – 2568 การกักขังไอออน Yb-171 และ Yb-174 เพื่อเตรียมสำหรับการวัด micromotion
- 2567 – 2569 ศึกษาและทดสอบการนำเวลามาตรฐานประเทศไทยไปใช้งาน

- **<u>2566 - 2568 CQT มีแผนที่จะพัฒนานาฬิกาอะตอมขนาดเล็กเชิงพานิชย์ ซึ่งเป็นโอกาสที่ดีของประเทศไทยที่จะได้ร่วมวิจัยและออกแบบระบบต่าง ๆ ของนาฬิกาอะตอมขนาดเล็ก</u>**
- 2569 - 2570 การเปรียบเทียบความถี่ด้วยระบบดาวเทียมนำทาง GNSS (Global Navigation Satellite System) เพื่อทำการเปรียบเทียบความถี่ของนาฬิกาอะตอมระหว่าง NIMT และ CQT
- 2571 - 2572 ทำการวัดความถี่ของนาฬิกาอะตอมเชิงแสงของทั้ง 2 หน่วยงานซึ่งทั้งสองธาตุนี้คาดว่าจะเป็นส่วนหนึ่ง ในการกำหนดมาตรฐานหน่วยวินาทีใหม่ของโลกในอนาคต
- 2573 จะเริ่มพิจารณานิยามใหม่ของหน่วยวินาที

2. แผนความร่วมมือ NIMT-CQT ในการพัฒนานาฬิกาอะตอมเชิงแสง (2/2)

ภาพรวมแผนดำเนินการ

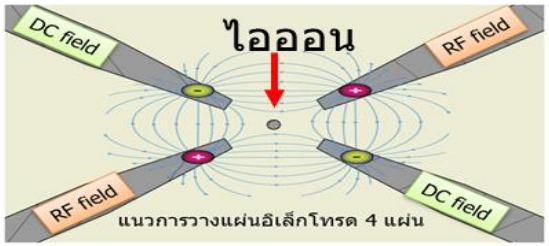
- ร่วมวิจัยอุปกรณ์กักขังไอออน NIMT-CQT 2562 - 2563
- พัฒนาอุปกรณ์กักขังไอออนขึ้นเองด้วยเทคโนโลยีในประเทศ 2564 – 2565
- ประสบความสำเร็จในการกักขังไอออนได้เป็นครั้งแรกของประเทศไทย 2565
- ทดสอบคุณสมบัติของไอออน 2565-2568
- ปรับปรุงระบบถ่ายภาพและการตรวจวัดสถานะทางควอนตัม 2567
- กักขังไอออน Yb-171 และ Yb-174 เพื่อวัด micromotion 2567-2568
- ศึกษาและทดสอบการนำเวลามาตรฐานประเทศไทยไปใช้งาน 2567-2569
- พัฒนานาฬิกาอะตอมขนาดเล็กเชิงพานิชย์ NIMT-CQT 2566-2568
- การเปรียบเทียบความถี่ผ่านระบบดาวเทียมนำทาง GNSS NIMT-CQT 2569-2570
- วัดความถี่ของนาฬิกาอะตอมเชิงแสงของทั้ง 2 หน่วยงาน NIMT-CQT 2571-2572

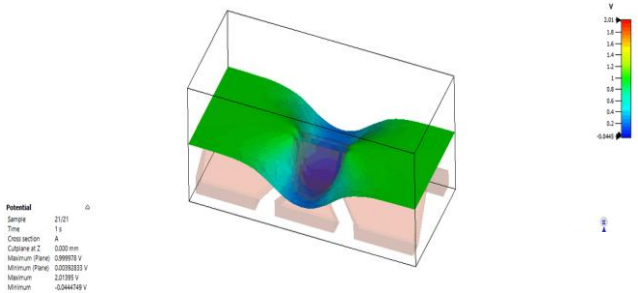
การดำเนินงานในปี 2567

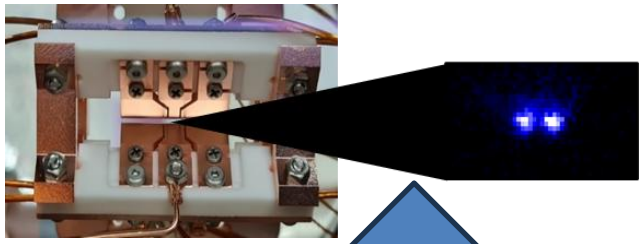
- ดร.ปิยพัฒน์ พูลทอง และดร.รัฐกร แก้วอ่วม เดินทางไปร่วมปฏิบัติงานวิจัย ณ PTB เป็นระยะเวลา 6 เดือน ภายใต้ทุนของ บพค.
- นายธนกฤต เอี่ยมวิไล และนายขอบเขต พีระภิญโญกุล นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยมหิดล ร่วมปฏิบัติงานวิจัยที่สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ เป็นระยะเวลา 2 เดือน (มิ.ย. – ก.ค.)
- Mr.Joseph Sitta Rakich นักศึกษาระดับปริญญาตรี Technical University of Munich ร่วมปฏิบัติงานวิจัยที่สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ เป็นระยะเวลา 2 เดือน (ส.ค. - ก.ย.)

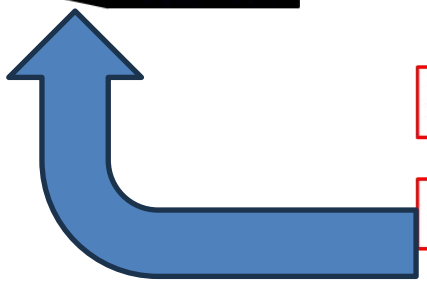
3.ความก้าวหน้าในปี 2567(1/7):ปรับปรุงระบบการถ่ายภาพ เพื่อลดสัญญาณรบกวนจากแสงภายนอก

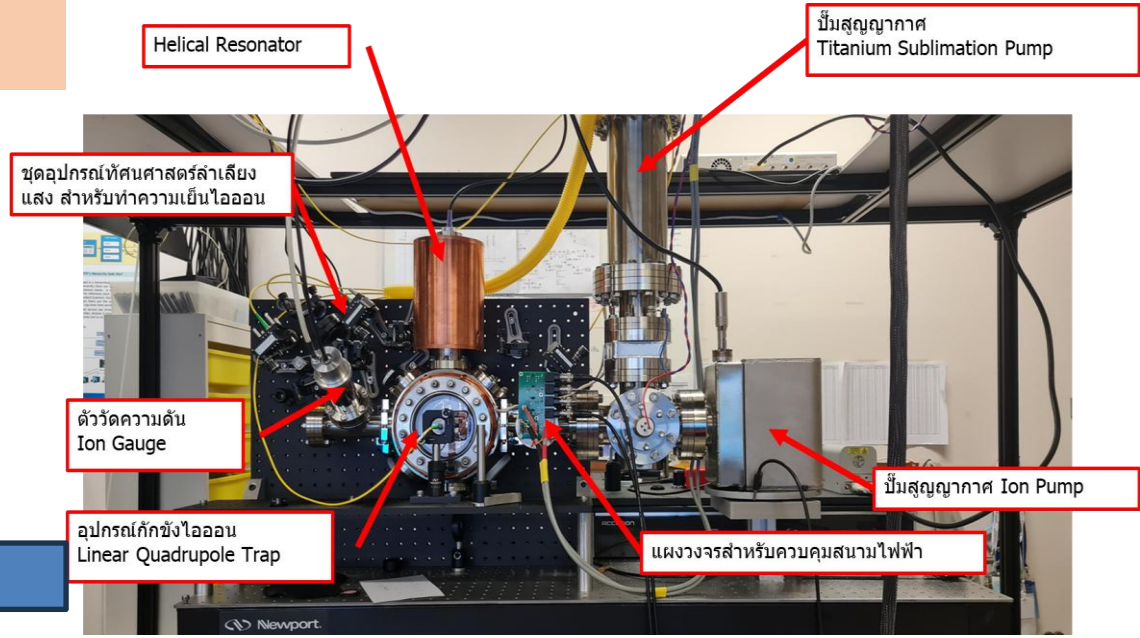
<u>ในปี2565-66</u>สามารถกักขังและถ่ายภาพไอออนในการสร้างความถี่นาฬิกาได้สำเร็จ
<u>ในปี2567กำจัดสัญญาณรบกวนเพื่อ</u>ให้การถ่ายภาพไอออนชัดเจนมากขึ้นและทำให้ตำแหน่งไอออนเสถียรยิ่งขึ้น



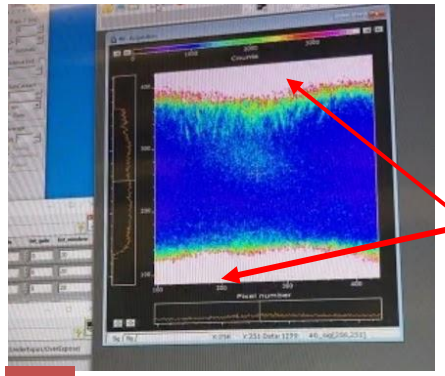








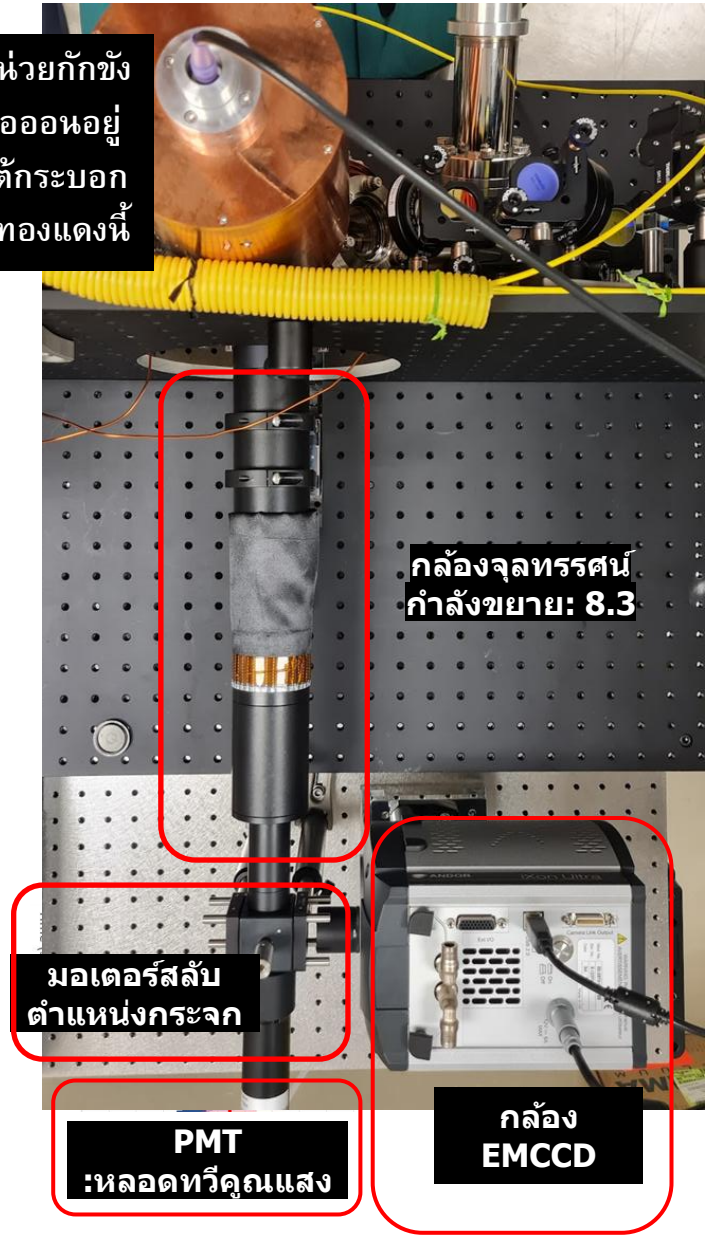
3. ความก้าวหน้าในปี 2567(2/7): ปรับปรุงระบบการถ่ายภาพ เพื่อลดสัญญาณรบกวนจากแสงภายนอก



1

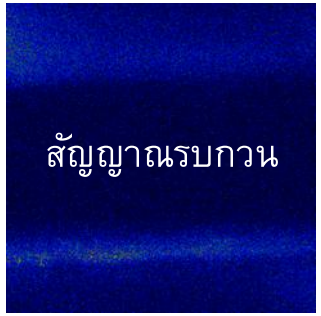
- **<u>เมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2565</u>** ภาพจากกล้อง EMCCD บ่งว่ามีบริเวณที่มีแสงเป็นสัญญาณรบกวนเข้ามาในกล้อง (บริเวณสีขาวด้านบนและล่าง)
- แสงรบกวนเกิดจากการสะท้อนของแสงเลเซอร์ภายในระบบสุญญากาศ และการสะท้อนบนแผ่นอิเล็กโทรด
- ส่งผลกระทบต่อการวัดสถานะทางควอนตัม เกิดความไม่เสถียร (instability) ของนาฬิกาอะตอมเชิงแสง

<u>หมายเหตุ</u>:EMCCD ย่อมาจาก Electron-Multiplying CCD (Charged-coupled device) เป็นกล้องที่มีคุณสมบัติในการเพิ่มจำนวนอิเล็กตรอนได้รวมทั้งลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากตัวกล้องเอง

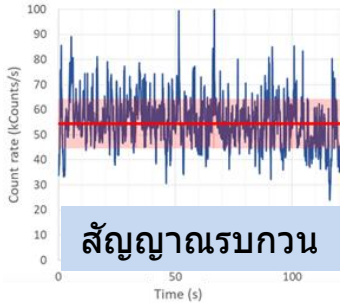


2

<u>การปรับปรุงระบบถ่ายภาพไอออนครั้งแรกในปี 2567</u> ประกอบด้วยชุดเลนส์ที่มีกำลังขยาย 8.3 เท่า และอุปกรณ์ตรวจวัด คือ กล้อง Electron-multiplying Charge Coupled Device (EMCCD) และหลอดทวีคูณแสง (Photon Multiplier Tube :PMT)
<u>ปัญหาที่ยังพบ</u> แม้นกำจัดแถบสีขาวได้แต่ยังคงเห็นแสงรบกวนจากเลเซอร์ที่ความยาวคลื่นอื่น ๆ และแสงไฟจากภายนอกยังเข้ามารบกวนการถ่ายภาพ

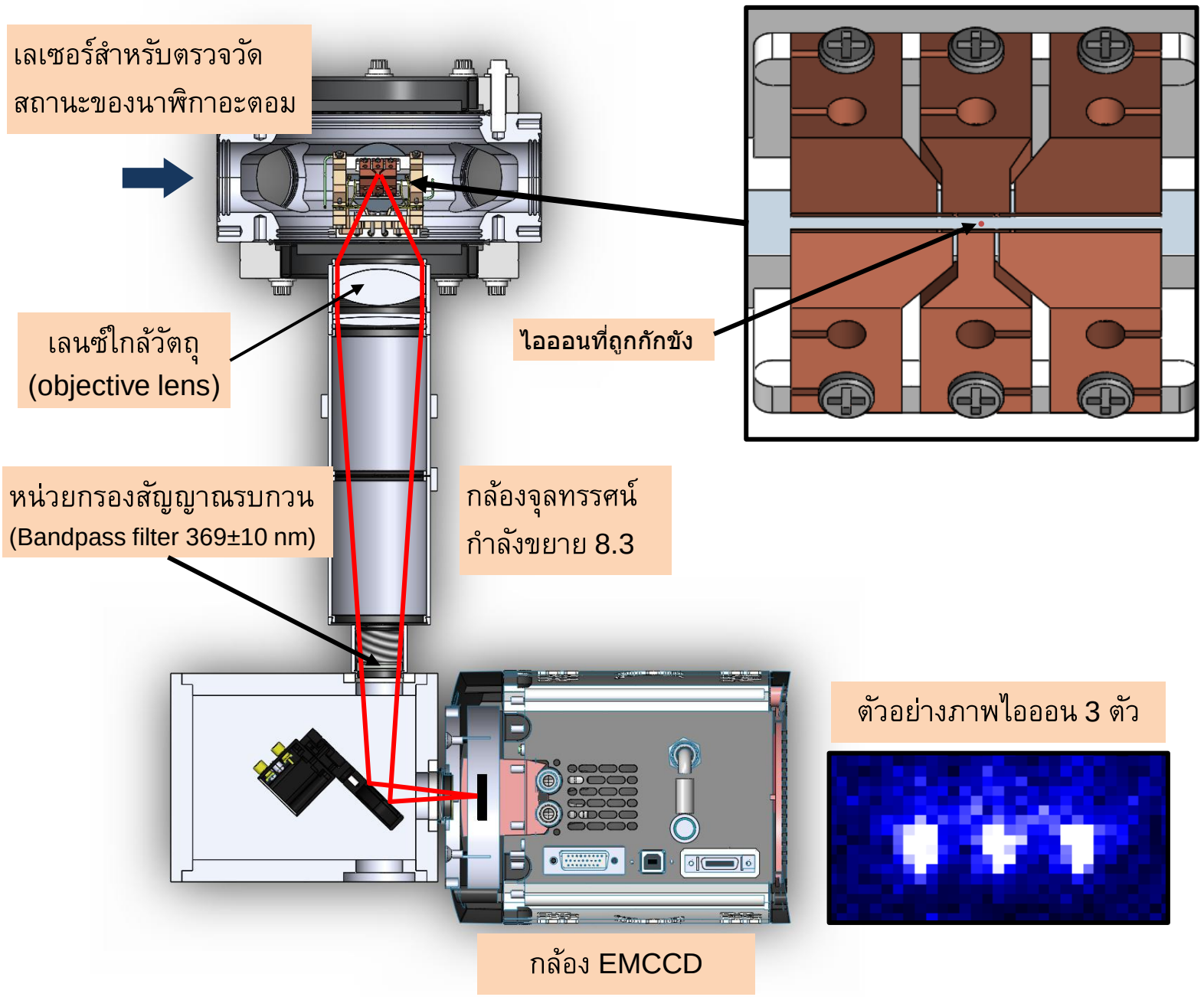


ภาพจากกล้อง EMCCD

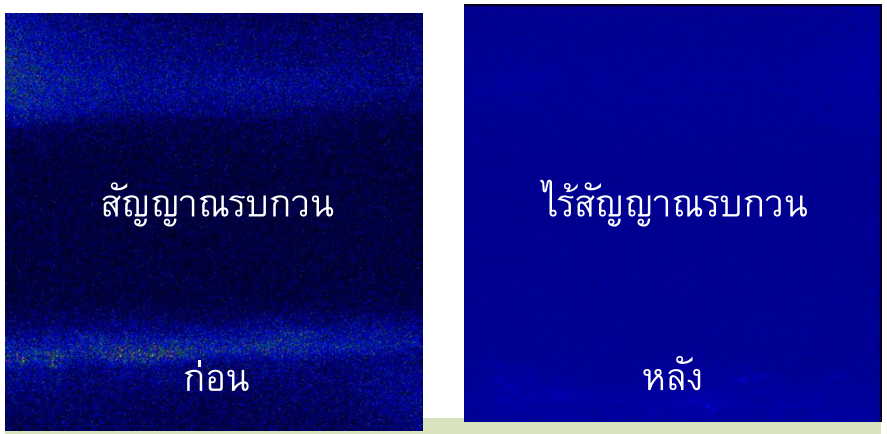


สัญญาณอ่านจาก PMT :หลอดทวีคูณแสง

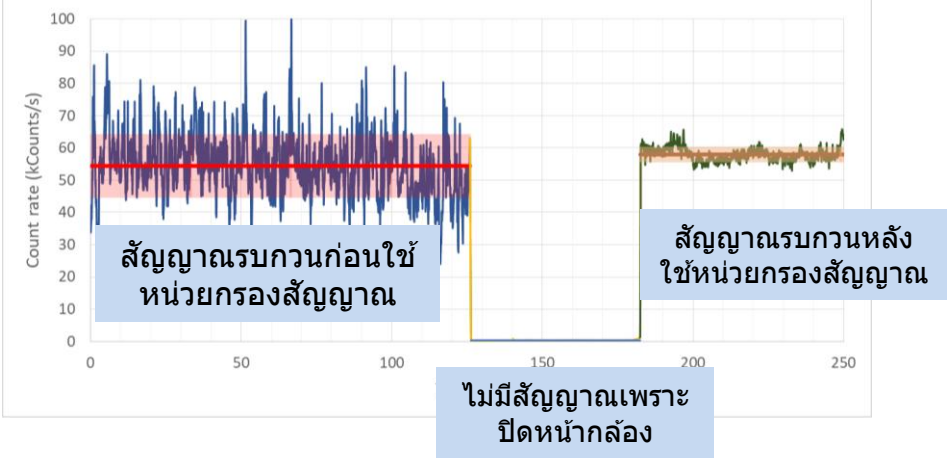
3. ความก้าวหน้าในปี 2567 (3/7): ปรับปรุงระบบการถ่ายภาพ เพื่อลดสัญญาณรบกวนจากแสงภายนอก



3 การปรับปรุงระบบถ่ายภาพไอออนครั้งที่ 2 ในปี2567: เพิ่มแผ่นกรองความยาวคลื่น (Bandpass filter) ของสัญญาณรบกวน และปรับทิศทางของเลเซอร์ เพื่อไม่ให้เกิดการสะท้อนภายในระบบสุญญากาศทำให้กำจัดคลื่นรบกวนที่ไม่ต้องการออกไปได้

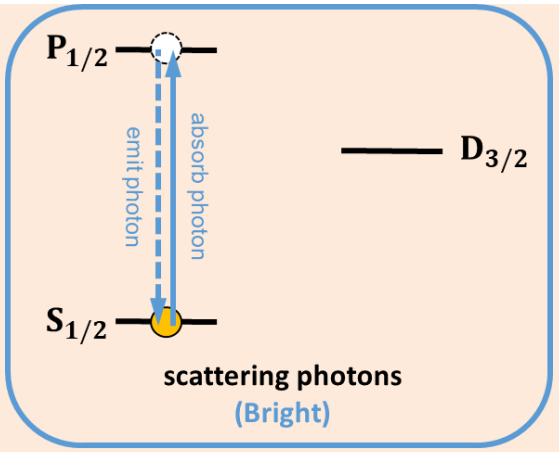


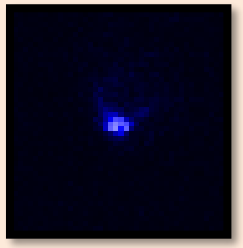
ภาพจากกล้อง EMCCD ก่อนและหลังการปรับปรุง



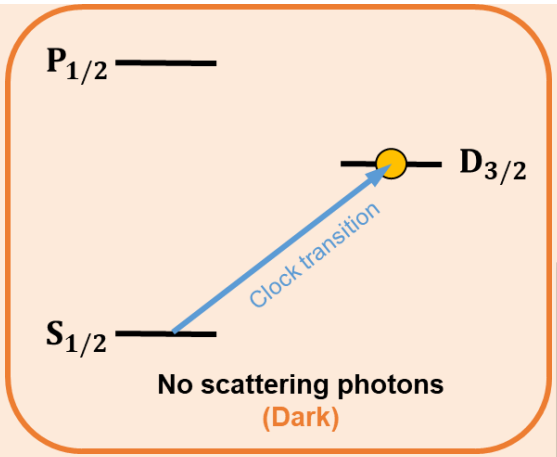
สัญญาณจากหลอดทวีคูณแสง (PMT)

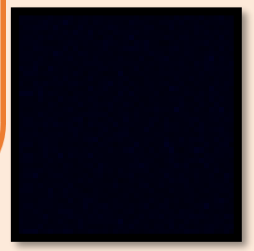
3. ความก้าวหน้าในปี 2567 (4/7): การตรวจวัดสถานะทางควอนตัมของนาฬิกาอะตอม



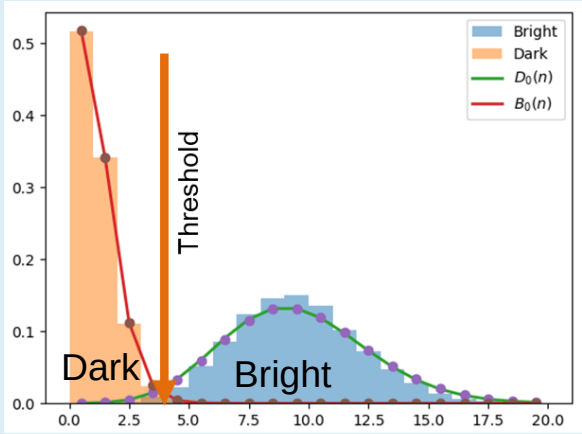


กรณีความถี่ไม่ตรงกับ Clock Transition





กรณีความถี่ตรงกับ Clock Transition



photon number

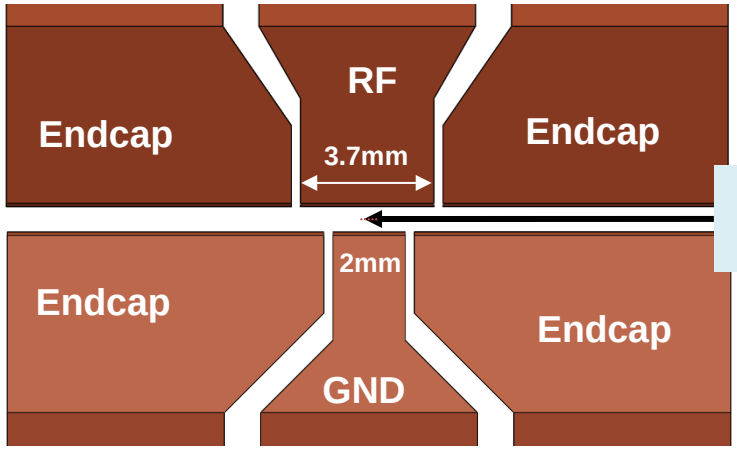
<u>การตรวจสถานะทางควอนตัมของไอออน</u>

- **<u>สถานะปกติ (สว่าง)</u>:** ปกติอิเล็กตรอนจะอยู่ที่สถานะ $S_{1/2}$และเราสามารถกระตุ้นให้เปลี่ยนจาก $S_{1/2}$ ขึ้นไป $P_{1/2}$ ด้วยความยาวคลื่น 369.5 นาโนเมตรแล้วมันจะหล่นกลับลงมายัง $S_{1/2}$ ด้วยตัวมันเองภายในเวลา 8.12 นาโนวินาทีพร้อมกับปลดปล่อยโฟตอนออกมาทำให้เราเห็น**<u>แสงสว่าง (bright) ดังรูปซ้าย</u>**ตราบใดที่ยังเกิดเหตุการณ์นี้เราเรียกว่า**<u>ยังไม่ได้ความถี่ของนาฬิกา(clock transition)</u>**
- **<u>สถานะความถี่นาฬิกา(มืด)</u>**:จากนั้นเราจะใช้ความถี่ของเลเซอร์**<u>ความยาวคลื่น 435.5 นาโนเมตรซึ่งเป็นความยาวคลื่นนาฬิกาที่เราต้องการปรับละเอียดจน</u>**อิเล็กตอนเปลี่ยนสถานะจาก $S_{1/2}$ ไปยัง $D_{3/2}$ ดังรูปขวามือและรักษาสถานะนี้ได้ 52.7 มิลลิวินาที ช่วงนี้จะเห็นความมืด (Dark) เป็นเวลาประมาณ 52.7 มิลลิวินาทีก่อนที่อิเล็กตรอนจะหล่นกลับไปยัง $S_{1/2}$ เราจึงได้ความถี่นาฬิกา ที่ความยาวประมาณ 435.5 นาโนเมตรเรียกว่า **<u>ความถี่นาฬิกา (clock transition)</u>**

- การตรวจวัดสถานะทางควอนตัมสามารถทำได้โดยอาศัยการวัดจำนวนโฟตอนด้วย Photon Multiplier Tube
- โดยกำหนดเกณฑ์ (threshold แบ่งสถานะ Bright และ Dark ที่จุดตัดของเส้นการกระจายตัว (distribution) ของจำนวนโฟตอน กล่าวคือ กราฟด้านบนจะตั้งเกณฑ์สถานะ Bright ที่จำนวนโฟตอนมากกว่า 4 ตัวและสถานะ Dark ที่จำนวนโฟตอนน้อยกว่า 4 ตัว

3. ความก้าวหน้าในปี 2567 (5/7): การกักขังไอออน Yb-171 และ Yb-174 เพื่อเตรียมสำหรับการวัด micromotion

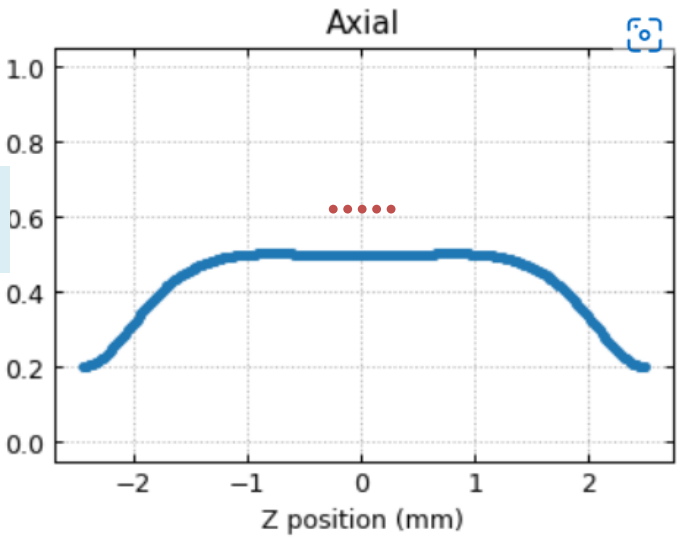
สถาบันมาตรวิทยา (NIMT,Thailand))



ไอออน
อิธเธอเบียม

ระบบกักขังไอออนแบบขั้วไฟฟ้าไม่สมมาตร
(Asymmetric sectioning blades)

ศักย์ไฟฟ้าแบนราบตรงกลาง
(Electric potential flat at the center)



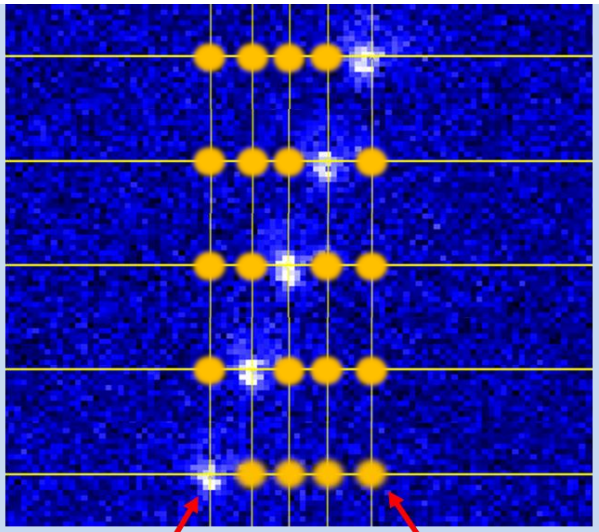
<u>ทฤษฎี</u>

- ระบบการกักขังไอออนที่มีขั้วไฟฟ้าไม่สมมาตรออกแบบด้วยการจำลองทางคณิตศาสตร์ ความพิเศษ คือ ศักย์ไฟฟ้าในแนวตามยาว (Axial) จะแบนราบตรงกลาง
- ลักษณะเช่นนี้ทำให้เกิด**<u>การสั่นของไอออน (micromotion)</u>** ที่มีค่าใกล้เคียงกัน ส่งผลให้การวัดความถี่จากไอออนหลายตัวสามารถทำได้

(**Micromotion** คือ การสั่นของไอออนเนื่องจากสนามไฟฟ้าสลับ (RF field) โดยจะเกิดขึ้นเมื่อไอออนไม่ได้ถูกกักขังที่บริเวณกึ่งกลางอันเนื่องมาจากสนามไฟฟ้าภูมิหลัง (Background Electric field))

<u>การทดลอง: ต้องทำการวัดว่าการสั่นของไอออนเป็นไปตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือไม่</u>

- การเตรียมการวัดเริ่มโดยการกักขังไอโซโทปของไอออนนาฬิกาYb-171 (สีขาว) จำนวน 1 ตัวไว้ตรงตำแหน่งที่ต้องการ โดยใช้ไอโซโทป Yb-174 จำนวน 4 ตัว(สีเหลือง) ช่วยกำกับ
- เนื่องจากความถี่ของเลเซอร์ที่ใช้กระตุ้นอิเล็กตรอนของแต่ละไอโซโทปมีค่าต่างกัน ทำให้เราสามารถเลือกวาง Yb-171 และ Yb-174 ได้
- จากนั้นจึงวัด micromotion ของ Yb-171
- การดำเนินงานในปีนี้ จะเริ่มทำการทดลองกักขังไอออน Yb-171 ให้อยู่ตรงตำแหน่งที่ต้องการ ด้วย Yb-174



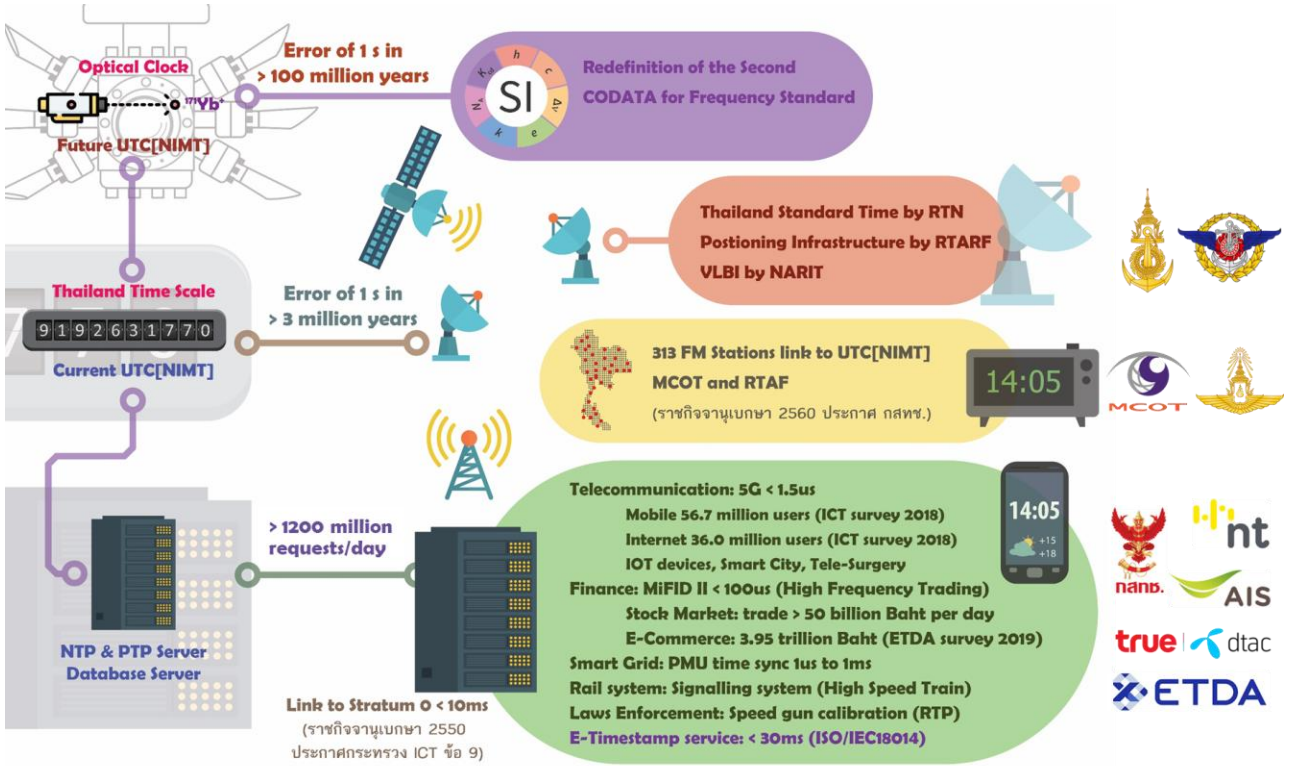
ขั้นตอนการกักขังไอออน Yb-171 ด้วย Yb-174

1. ปรับความถี่ของเลเซอร์ให้ตรงกับระดับชั้นพลังงานของ Yb-171 เพื่อกักขังไอออน Yb-171 จำนวน 1 ตัว
2. ปรับความถี่ของเลเซอร์ให้ตรงกับระดับชั้นพลังงานของ Yb-174 เพื่อไปกำกับ Yb-171

ขั้นตอนการวัด micromotion ด้วยเทคนิคสหสัมพันธ์ของโฟตอน (Photon correlation)

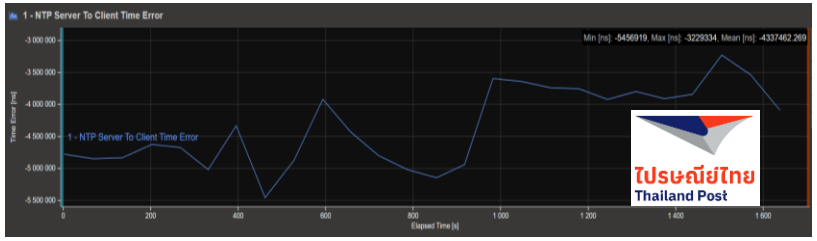
1. วัดเวลาที่โฟตอนซึ่งถูกปลดปล่อยออกมาจากไอออนแล้วเดินทางมาถึงหลอดทวีคูณแสง (PMT) เทียบกับเฟสของความถี่คลื่นวิทยุที่ใช้สร้างสนามไฟฟ้าสลับที่ทำหน้าที่กักขังไอออน
2. หากมี micromotion ช่วงเวลาที่วัดได้จะมีรูปแบบเป็นคาบตามความถี่ของ micromotion

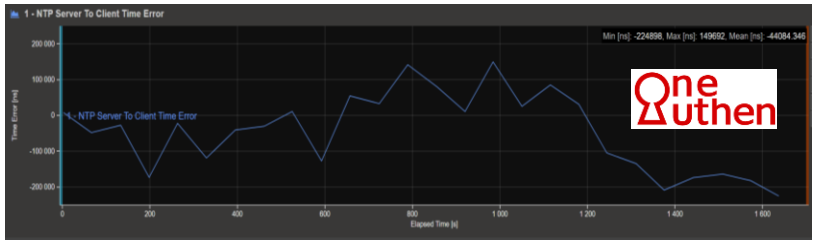
3. ความก้าวหน้าในปี 2567 (6/7): การนำเวลามาตรฐานประเทศไทยไปใช้งาน



- ปัจจุบันทั้งภาครัฐและเอกชนนำเวลามาตรฐานประเทศไทยไปใช้งานผ่านทางช่องทางต่าง ๆ เช่น การสอบเทียบเครื่องมือ หรือการขอปรับเทียบเวลาผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เป็นต้น
- สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ และกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ได้ร่วมกันประสานเวลา เพื่อให้**เวลาที่ประกาศโดยกรมอุทกศาสตร์**มีความเชื่อมโยงกับเวลาสากลเชิงพิกัดของประเทศไทย (UTC[NIMT])
- **ในยุคดิจิตัล**นั้นต้องใช้การประทับเวลา (time stamp) บนเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ เช่น การออกใบกำกับภาษี การลงนามสัญญาซื้อขาย เป็นต้น
- ภาครัฐและเอกชน สนใจที่จะประกอบธุรกิจการประทับเวลา การประทับเวลาบนเอกสารนั้น สิ่งสำคัญ คือ มาตรฐานของเวลา โดยการอ้างอิงเวลาจะต้องมาจากแหล่งที่สามารถสอบย้อนกลับไปยัง SI unit ได้ หรือสามารถสอบย้อนไปยังเวลามาตรฐานของประเทศนั้น ๆ ได้
- สถาบันมาตรวิทยาได้ร่วมมือกับหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ช่วยวัดความคลาดเคลื่อนเวลาของ**ผู้ให้บริการประทับเวลา** ว่ามีค่าความแตกต่างเทียบกับเวลามาตรฐานสากลเชิงพิกัดเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนดหรือไม่ โดยตามมาตรฐาน ISO/IEC 18014-4:2015(E) ควรจะมีค่าไม่เกิน ±1 วินาที จึงจะสามารถให้บริการประทับเวลาได้

การประสานเวลากับ บ.ไปรษณีย์ไทย และบ.One Authen

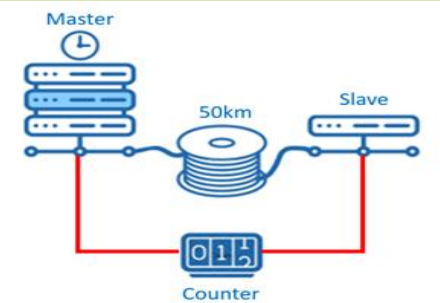


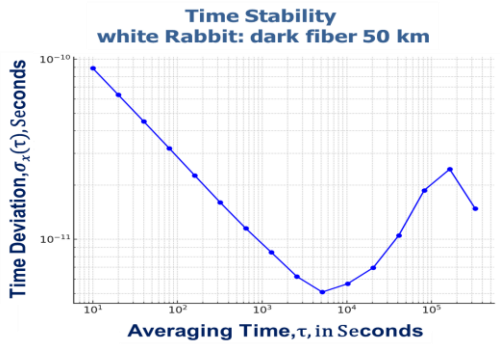


- การทดสอบการประสานเวลาผ่านอินเทอร์เน็ตด้วย Network Time Protocol จาก NTP Time Server ของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ไปยัง บ.ไปรษณีย์ไทย และ บ.One Authen ความถูกต้องในระดับต่ำกว่า 10 ms
- ทั้งสองบริษัทเป็นผู้ให้บริการประทับเวลาอิเล็กทรอนิกส์บนเอกสารดิจิทัล เช่น ใบกำกับภาษีดิจิทัลที่ใช้สำหรับการลดหย่อนภาษี เป็นต้น

การประสานเวลาในระดับนาโนวินาทีด้วย White Rabbit Protocol

- White Rabbit เป็นโครงการที่ CERN, GSI และมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ร่วมกันพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในโครงการวิทยาศาสตร์ขนาดใหญ่ที่ต้องจับเวลาอย่างแม่นยำ
- White Rabbit ยัง นำมาใช้การประสานเวลาในโครงข่ายโทรคมนาคม เป็นต้น
- การทดสอบ White Rabbit ในห้องปฏิบัติการพบว่า มีความถูกต้องของการประสานเวลาดีกว่า 1 ns และเสถียรที่ดีกว่า 0.1 ns
- บริษัทสนใจจะนำเวลามาตรฐานความถูกต้องสูงไปใช้งานกับระบบศูนย์ข้อมูล (Data center) ผ่านระบบ White Rabbit





4.สรุป

1. เมื่อ 20 มกราคม 2562 สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี เสด็จพระราชดำเนินไปยังศูนย์เทคโนโลยีควอนตัม มหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์ ทรงเป็นประธานในการลงนามความร่วมมือด้านการวิจัยทางด้านเทคโนโลยีควอนตัม ระหว่างสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (NIMT: National Institute of Metrology of Thailand)กับมหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์ (NUS : National University of Singapore)
2. นับตั้งแต่พ.ศ.2562-2565 ประเทศไทยสามารถสร้างระบบนาฬิกาอะตอมเชิงแสงสำเร็จและสามารถกักขังไอออนได้เป็นครั้งแรก โดยมีอุปกรณ์หลักคือ (1) อุปกรณ์ขยายสัญญาณคลื่นวิทยุ (Helical Resonator) และ (2) อุปกรณ์กักขังไอออน (Linear Quadrupole Trap) และกำลังสร้างระบบเลเซอร์ที่จะไปทำให้อะตอมเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานที่สามารถใช้ความถี่มาตรฐานได้
3. ในพ.ศ. 2566 สถานการณ์ COVID-19 คลี่คลายลง นักวิจัยไทยจึงได้เดินทางไปร่วมกับสิงคโปร์สร้างอุปกรณ์สำหรับกักขังไอออน ร่วมกับ CQT เป็นงานต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มโครงการ แต่หยุดชะงักไปเนื่องจากโควิด-19 ได้ต้นแบบ Linear Quadrupole Trap เพื่อนำมาทำการทดลองต่อในไทย เทียบผลกับสิงคโปร์
4. ในพ.ศ. 2567 ทีมนักวิจัยได้ร่วมปรับปรุงระบบการถ่ายภาพไอออน การตรวจวัดสถานะทางควอนตัมและการวัดการสั่นของไอออน (micromotion) นอกจากนี้ยังร่วมมือกับหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อนำเวลามาตรฐานไปใช้งาน
5. ปัจจุบันสถาบันมาตรวิทยามีนาฬิกาที่แม่นยำประมาณ 10^{-13} วินาทีต่อวินาที ส่วนนาฬิกาเชิงแสงที่กำลังทำใหม่นี้จะมีความแม่นยำประมาณ 10^{-16} วินาทีต่อวินาที ซึ่งนาฬิกาอะตอมเชิงแสงยังคงอยู่ในขั้นงานวิจัย ทำให้ไม่มีขายตามท้องตลาด มีหลายบริษัทที่พยายามทำออกมาขายเชิงพานิชย์ แต่ยังไม่ประสบผลสำเร็จ
6. นาฬิกาที่มีความแม่นยำจะทำให้โครงสร้างพื้นฐานทางด้านเวลาของประเทศดีขึ้น เป็นรากฐานที่สำคัญของระบบดิจิทัลของประเทศ นอกจากนี้ระบบการกักขังไอออนยังเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่สำคัญที่จะทำให้นักวิทยาศาสตร์ไทยสามารถทำการทดลองทางด้านควอนตัมฟิสิกส์ได้
7. แผนงานในอนาคต

- 2566 - 2568 CQT มีแผนที่จะพัฒนานาฬิกาอะตอมขนาดเล็กเชิงพานิชย์ ซึ่งเป็นโอกาสที่ดีของประเทศไทยที่จะได้ร่วมวิจัยและออกแบบระบบต่าง ๆ ของนาฬิกาอะตอมขนาดเล็ก
- 2569 - 2570 การเปรียบเทียบความถี่ด้วยระบบดาวเทียมนำทาง GNSS (Global Navigation Satellite System) เพื่อทำการเปรียบเทียบความถี่ของนาฬิกาอะตอมระหว่าง NIMT และ CQT
- 2571 - 2572 ทำการวัดความถี่ของนาฬิกาอะตอมเชิงแสงของทั้ง 2 หน่วยงาน (ไทยและสิงคโปร์) ซึ่งทั้งสองอิธเธอเบียม (Yb^+) ธาตุลูทิเทียม (Lu^+) นี้คาดว่าจะเป็นส่วนหนึ่ง ในการกำหนดมาตรฐานหน่วยวินาทีใหม่ของโลกในอนาคต
- 2573 จะเริ่มพิจารณานิยามใหม่ของหน่วยวินาที