Thesis Title Generation of Short Electron Bunches and Terahertz Radiation for Imaging Applications

Author Mr. Jatuporn Saisut

Degree Doctor of Philosophy (Physics)

Thesis Advisory Committee

Asst.Prof.Dr.Chitrlada Thongbai Advisor

Assoc.Prof.Dr.Somsorn Singkarat Co- advisor

Asst.Prof.Dr.Udomrat Tippawan Co- advisor

ABSTRACT

A femtosecond electron source (SURIYA project) has been established at the Plasma and Beam Physics Research Facility (PBP), formerly the Fast Neutron Research Facility (FNRF), Chiang Mai University, Thailand. The aim of the project is to generate short electron bunches in the order of femtoseconds for high intensity THz radiation production as well as femtosecond parametric X-rays. The system consists of an s-band thermionic RF electron gun, an alpha magnet as a magnetic bunch compressor, a SLAC-type linear accelerator (linac), focusing and steering magnets. Through the α-like trajectories in the alpha-magnet, higher energy electrons at the head of the bunch follow a longer path while lower energy electrons follow the

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

shorter one. The lower energy electrons, exiting at a later time, therefore have a chance to catch up with the higher energy electrons in the front. The electron bunches are then accelerated in a linear accelerator to 10 MeV and guided to the experimental station where the bunches are compressed to less than 1 ps. The electron bunch length can be determined using an autocorrelation of the coherent transition radiation emitted from the electron bunches. The measurement results indicate an electron bunch length of $\sigma_z \approx 200$ fs which may be further reduced by lattice optimization.

The THz radiation is generated by the short electron bunches in the form of coherent transition radiation. The frequency range of the radiation power spectrum depends on the electron bunch length. The shorter the bunch length, the broader the radiation can be generated. Coherent THz radiation up to 80 cm^{-1} wavenumber can be detected by a room temperature pyroelectric detector.

The THz radiation is used as a source of a transmission mode THz imaging system which was successfully developed and tested. The performance of the system is demonstrated through THz imaging of Al-foil patterns which reflect the THz radiation and THz imaging of water content samples which absorb the radiation. When the system is operated with a 178 μm copper mesh filter, the system resolution is limited to about 2 mm.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การผลิตอิเล็กตรอนห้วงสั้นและรังสีเทร่าเฮิร์ตซ์สำหรับการประยุกต์สร้างภาพ

ผู้เขียน นายจตุพร สายสุด

ปริญญา วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต(ฟิสิกส์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.จิตรลดา ทองใบ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

รศ.ดร.สมศร สิงขรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ผศ.ดร.อุดมรัตน์ ทิพวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

แหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนความยาวห้วงเฟมโตวินาทีภายใต้โครงการสุริยา ได้ถูกพัฒนาขึ้น ณ ศูนย์วิจัยฟิสิกส์ของพลาสมาและลำอนุภาค (ศูนย์วิจัยนิวตรอนพลังงานสูงเดิม) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประเทศไทย จุดประสงค์ของโครงการคือ ผลิตอิเล็กตรอนความยาวห้วงเฟมโตวินาที สำหรับใช้ผลิตรังสีเทร่าเฮิรตซ์ความเข้มสูงและรังสีพาราเมตริกซ์เอ็กซเรย์ห้วงเฟมโตวินาที ระบบผลิตลำอิเล็กตรอนประกอบด้วยปืนอิเล็กตรอนอาร์เอฟแบบเทอร์มิออนิคคาโทดความถี่ 2856 เมกะเฮิรตซ์ แม่เหล็กบีบแบบแอลฟาและ เครื่องเร่งอนุภาคเชิงเส้น ในแม่เหล็กแบบแอลฟาอิเล็กตรอนพลังงานสูงที่อยู่ส่วนหัวของห้วงจะเคลื่อนที่ด้วยระยะทางที่ยาวกว่า ส่วนอิเล็กตรอนที่มีพลังงานต่ำที่อยู่ด้านหลังจะเคลื่อนที่เป็นระยะทางสั้นกว่าทำให้สามารถไล่ทันอิเล็กตรอนพลังงานสูงด้านหน้า จากนั้นห้วงอิเล็กตรอนจะถูกเร่งในเครื่องเร่งอนุภาคแบบเชิงเส้นและเคลื่อนที่ต่อไปยังสถานีทดลอง ซึ่งเป็นบริเวณที่อิเล็กตรอนจะมีความยาวห้วงน้อยกว่า 1 พิโควินาที ซึ่งความยาวห้วงของอิเล็กตรอนสามารถวัดได้โดยอาศัยเทคนิคออโต้คอรีเลชั่น ของรังสีอาพันธ์ที่ผลิตจากห้วงอิเล็กตรอนดังกล่าว ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอิเล็กตรอนมีความยาวห้วงเฉลี่ยประมาณ 200 เฟมโตวินาทีและน่าจะทำให้สั้นลงได้โดยการปรับค่าตัวแปรต่างๆในระบบลำเลียงห้วงอิเล็กตรอน

รังสีเทร่าเฮิรตซ์ถูกผลิตในรูปของรังสีทรานสิชั่นแบบอาพันธ์ มีช่วงความถี่ขึ้นอยู่กับความยาวห้วงของอิเล็กตรอน กล่าวคือ ยิ่งความยาวห้วงสั้นมากความกว้างของช่วงรังสีที่ถูกผลิตออกมาก็จะกว้างมาก โดยที่อิเล็กตรอนพลังงาน 10 เมกกะอิเล็กตรอนโวลท์ต่อพัลส์และมีความยาวห้วง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประมาณ 200 เฟมโตวินาที สามารถผลิตรังสีเทร่าเฮิรตซ์แบบอาพันธ์ที่ตรวจวัดได้ด้วยหัววัดอุณหภูมิห้องได้ถึง 80 เลขคลื่น

ระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเทร่าเฮิรตซ์ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้รังสีเทร่าเฮิรตซ์จากอิเล็กตรอนห้วงเฟมโตวินาทีที่ผลิตได้เป็นแหล่งกำเนิด ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงภาพถ่ายเทร่าเฮิรตซ์ของอะลูมิเนียมบางตัดเป็นรูปต่างๆ ซึ่งสะท้อนรังสีและสารตัวอย่างที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบซึ่งจะดูดกลืนรังสี เมื่อระบบทำงานร่วมกับตาข่ายทองแดงขนาดช่อง 178 ไมโครเมตรสำหรับกรองรังสี ความละเอียดของของภาพถ่ายจะถูกจำกัดอยู่ที่ประมาณ 2 มิลลิเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved