

<b>Thesis Title</b>	Design and Construction of an Ion Beam Deceleration Lens for Ultra-low-energy Ion Bombardment of Naked DNA	
<b>Author</b>	Mr. Prutchayawoot Thopan	
<b>Degree</b>	Master of Science (Physics)	
<b>Thesis Advisory Committee</b>	Assoc. Prof. Dr. Somsorn Singkarat	Advisor
	Assoc. Prof. Dr. Yu Liangdeng	Co-advisor
	Dr. Dusadee Suwannakachorn	Co-advisor

### ABSTRACT

This thesis consists of two main parts. The first part is on design, construction, test and installation of the deceleration lens system. The preliminary goal is to decelerate ion beam to reduce ion energy to orders of 10-1,000 eV. The deceleration lens was designed by using the SIMION program version 8.0. The second part is on studying DNA conformations change using gel electrophoresis after naked DNA was bombarded by nitrogen ion at an energy 64 eV and argon ion at an energy 242, 304, 407, and 510 eV at fluence  $10^{15}$  ions/cm<sup>2</sup>.

The deceleration lens consists of 6 electrodes. The shape of first 5 electrodes is cylindrical and the last electrode is cylindrical connected with a long tube. Aluminium was used to make the electrodes and Teflon insulator was used to separate the electrodes. Properties of electrodes are: the first 3 electrodes for focusing an ion

beam before entrance of the deceleration part of ion beam and the last 3 electrodes for deceleration of ion beam with the last electrode producing a parallel uniform exiting beam. The entire deceleration lens system have 3 subsystems: the first is the deceleration lens system, the second is for measurement of ion beam energy by an electrostatic field, and the third is for bombardment of DNA. The deceleration lens systems were installed inside the big chamber of the 30-kV vertical bioengineering ion implanter (CMU3) operated at a pressure order of  $10^{-4}$  torr. The chamber was supported by outside power supplies and a pumping system including a rotary pump and a turbo pump. A stepping motor was used for driving the sample holder and the ion energy measurement piece as well.

The second part of my research is on bombardment of naked DNA plasmid pGFP at ultra-low ion energy in order to study the conformation change of DNA by gel electrophoresis. In nature, conformations of DNA are supercoiled and sometimes have relaxed forms with the supercoiled form more than the relaxed form. The DNA was bombarded by a nitrogen ion beam at energy 64 eV, and after the bombardment DNA conformations were found to include supercoiled, relaxed and linear forms. Naked DNA was also bombarded by argon ion beam at energy 242, 304, 407, and 510 eV, and after the bombardment DNA conformations were found to include supercoiled and relaxed forms but without linear form with decreased supercoiled form and increased relaxed form. It is concluded that DNA can be damaged by ultra-low-energy ion bombardment with ion energy as low as only tens of eV.

**ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์**

การออกแบบ และสร้างเลนส์หน่วยลำอนุภาคสำหรับการ  
การระดมยิงดีเอ็นเอเปลือยด้วยไอออนที่มีพลังงานต่ำมาก

**ผู้เขียน**

นายปรัชญาวุฒิ โภป็น

**ปริญญา**

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ฟิสิกส์)

**คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์**

รศ. ดร. สมสร สิงขรัตน์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

รศ. ดร. เหลียงเค็ง ยู

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ดร. คุญฎี สุวรรณขจร

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

**บทคัดย่อ**

วิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วยสองส่วนหลัก โดยส่วนแรกคือการออกแบบ สร้าง ทดสอบ และติดตั้งระบบเลนส์หน่วยลำอนุภาค วัตถุประสงค์ของการสร้างเลนส์หน่วยลำอนุภาคคือหน่วยพลังงานของอนุภาคในอันดับของ 10 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์เหลือพลังงานในช่วง 10-1,000 อิเล็กตรอนโวลต์ ซึ่งการออกแบบใช้โปรแกรม SIMION version 8.0 ในการจำลองเลนส์หน่วยลำอนุภาค สำหรับส่วนที่สองคือการศึกษาการเปลี่ยนรูปร่างของ DNA ชนิด pGFP โดยวิธี gel electrophoresis ที่ถูกระดมยิงด้วยไอออนของไนโตรเจน พลังงาน 64 อิเล็กตรอนโวลต์ และไอออนอาร์กอน พลังงาน 242, 304, 407 และ 510 อิเล็กตรอนโวลต์ ตามลำดับ ฟลูเอนซ์  $10^{15}$  ไอออนต่อตารางเซนติเมตร

เลนส์หน่วยลำอนุภาคประกอบด้วยอิเล็กโทรดจำนวน 6 อิเล็กโทรด ซึ่ง 5 อิเล็กโทรดแรกมีรูปร่างเหมือนทรงกระบอก ส่วนอิเล็กโทรดสุดท้ายมีรูปร่างเหมือนทรงกระบอกเชื่อมกับท่อยาว อลูมิเนียมถูกนำมาใช้สร้างอิเล็กโทรดโดยใช้เทปลอนเป็นฉนวนในการเชื่อมต่อแต่ละอิเล็กโทรด สำหรับหน้าที่ของอิเล็กโทรด อิเล็กโทรด 3 อันแรกมีหน้าที่โฟกัสลำอนุภาคก่อนเข้าสู่อิเล็กโทรด 3 อันหลังซึ่งทำหน้าที่หน่วยพลังงานของอนุภาค และอิเล็กโทรดอันสุดท้ายยังมีหน้าที่ทำให้ลำอนุภาคออกไปมีลักษณะเป็นลำขนาน สำหรับระบบหน่วยลำอนุภาคถูกสร้าง 2 ระบบ คือ ระบบหน่วยลำ

อนุภาคเพื่อวัดพลังงานโดยใช้สนามไฟฟ้า และเพื่อการระดมยิง DNA ซึ่งถูกติดตั้งภายในห้องเป่าใหญ่ของเครื่องเคลือบผงไอออนในแนวตั้ง (CMU3) ความดันอากาศในระดับ  $10^{-4}$  ทอร์ร โดยมิอุปกรณ์สนับสนุนอยู่ภายนอก ตัวอย่างเช่น power supply, rotary pump, turbo pump และมอเตอร์ขับเคลื่อนเป่า เป็นต้น

ส่วนที่สองของวิทยานิพนธ์คือการระดมยิง DNA ชนิด pGFP ด้วยไอออนที่พลังงานต่ำมาก เพื่อศึกษาการเปลี่ยนรูปร่างโดยวิธี gel electrophoresis พบว่าโดยสภาวะปกติ DNA มีรูปร่างแบบ supercoiled และ relaxed ซึ่งปริมาณของ supercoiled มากกว่า relaxed เมื่อ DNA ถูกระดมยิงด้วยไอออนของไนโตรเจนที่พลังงาน 64 อิเล็กตรอนโวลต์มีรูปร่างเป็นแบบ supercoiled, relaxed และ linear ในขณะที่ DNA ถูกระดมยิงด้วยไอออนของอาร์กอนที่พลังงาน 242, 304, 407 และ 510 อิเล็กตรอนโวลต์มีรูปร่างแบบ supercoiled และ relaxed แต่จำนวนของ relaxed เพิ่มขึ้นในขณะที่จำนวนของ supercoiled ลดลง สรุปได้ว่าสามารถเกิดการแตกหักเกลียวของ DNA โดยใช้ไอออนพลังงานต่ำมาก