การสร้างชั้นซิลิกอนคาร์ไบด์ในซิลิกอน โดยใช้เทคนิคไอออนอิมพลานเตชัน

เสวต อินทรศิริ[1,2], ธีรศักดิ์ คำวรรณะ[1], Anders Hallen[3], ยู เหลียงเติ้ง[1], โฉม ทองเหลื่อม[2], Goeran Possnert[4] และสมศร สิงขรัตน์[1,2]

[1]FNRF, Department of Physics, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[2]Institute for Science & Technology Research & Development, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[3]Department of Microelectronics and Information Technology, Royal Institute of Technology, SE-164 40 Kista-Stockholm, Sweden

[4]The Angstrom Laboratory, Division of Ion Physics, Uppsala University, SE-75121 Uppsala, Sweden

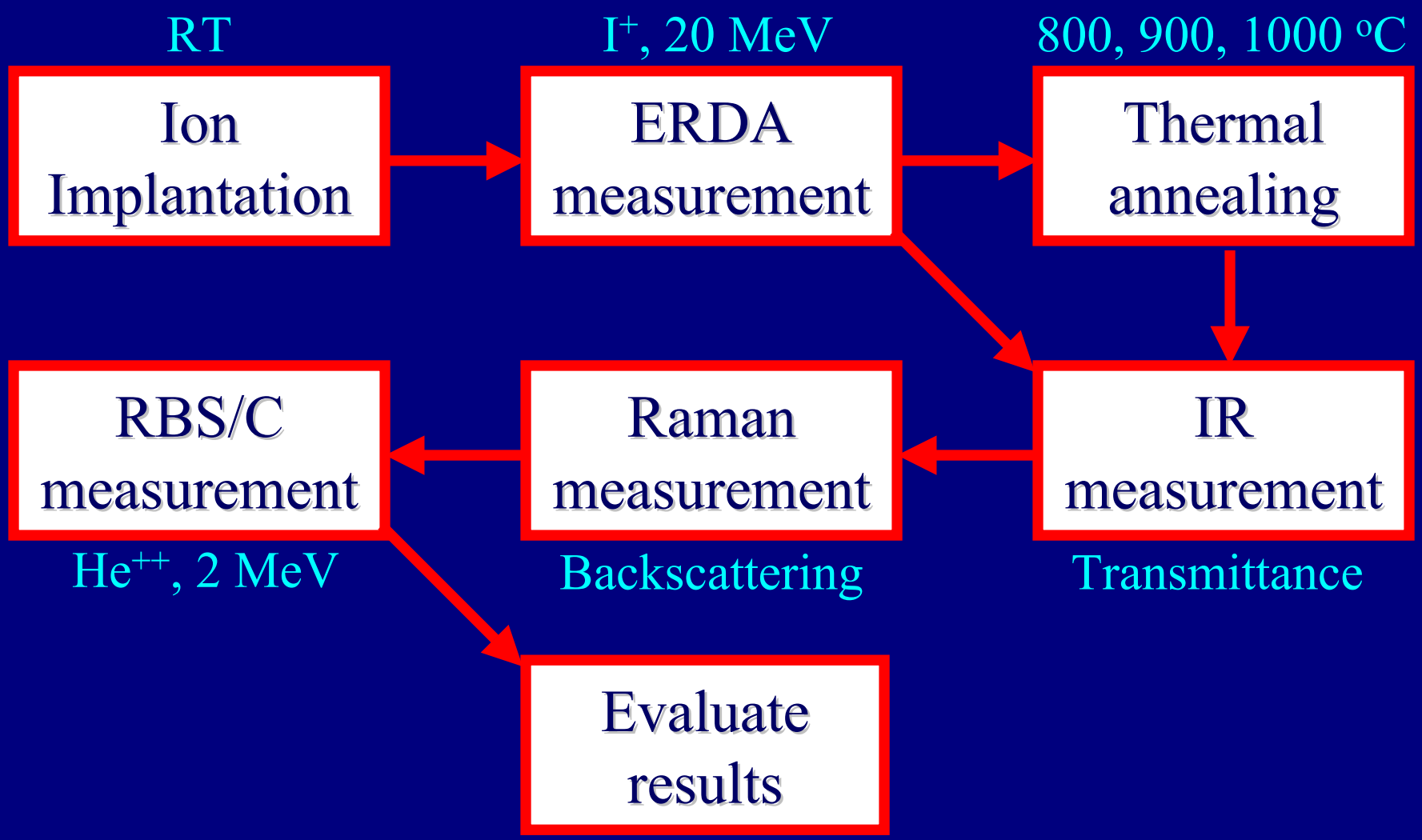
แรงจูงใจ

- มีแนวคิดในการนำซิลิกอนคาร์ไบด์เข้ามาแทนที่ซิลิกอน
  - แต่ยังคงมีความยุ่งยากในการปลูกผลึกซิลิกอนคาร์ไบด์ให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานเชิงอุตสาหกรรม
- ชั้นซิลิกอนคาร์ไบด์สามารถสร้างในซิลิกอนได้ โดยวิธี Ion beam synthesis (IBS)
  - แต่กลไกการฟอร์มซิลิกอนคาร์ไบด์ในซิลิกอนโดยวิธีนี้ยังไม่กระจ่าง

วัตถุประสงค์

- เพื่อสังเคราะห์ชั้นซิลิกอนคาร์ไบด์ในซิลิกอน
- เพื่อให้รู้กลไกการฟอร์ม phase ในระหว่างการฝังไอออนคาร์บอน ด้วยโดสสูง ($>10^{17}$ ions/cm^2)
- เพื่อให้รู้ถึงผลของ thermal annealing ที่มีต่อการ re-crystallization ของซิลิกอนคาร์ไบด์
- เพื่อหาตัวแปรที่จะทำให้สามารถสังเคราะห์ซิลิกอนคาร์ไบด์ ที่มีผลึกที่สมบูรณ์ที่สุด

วิธีการทดลอง

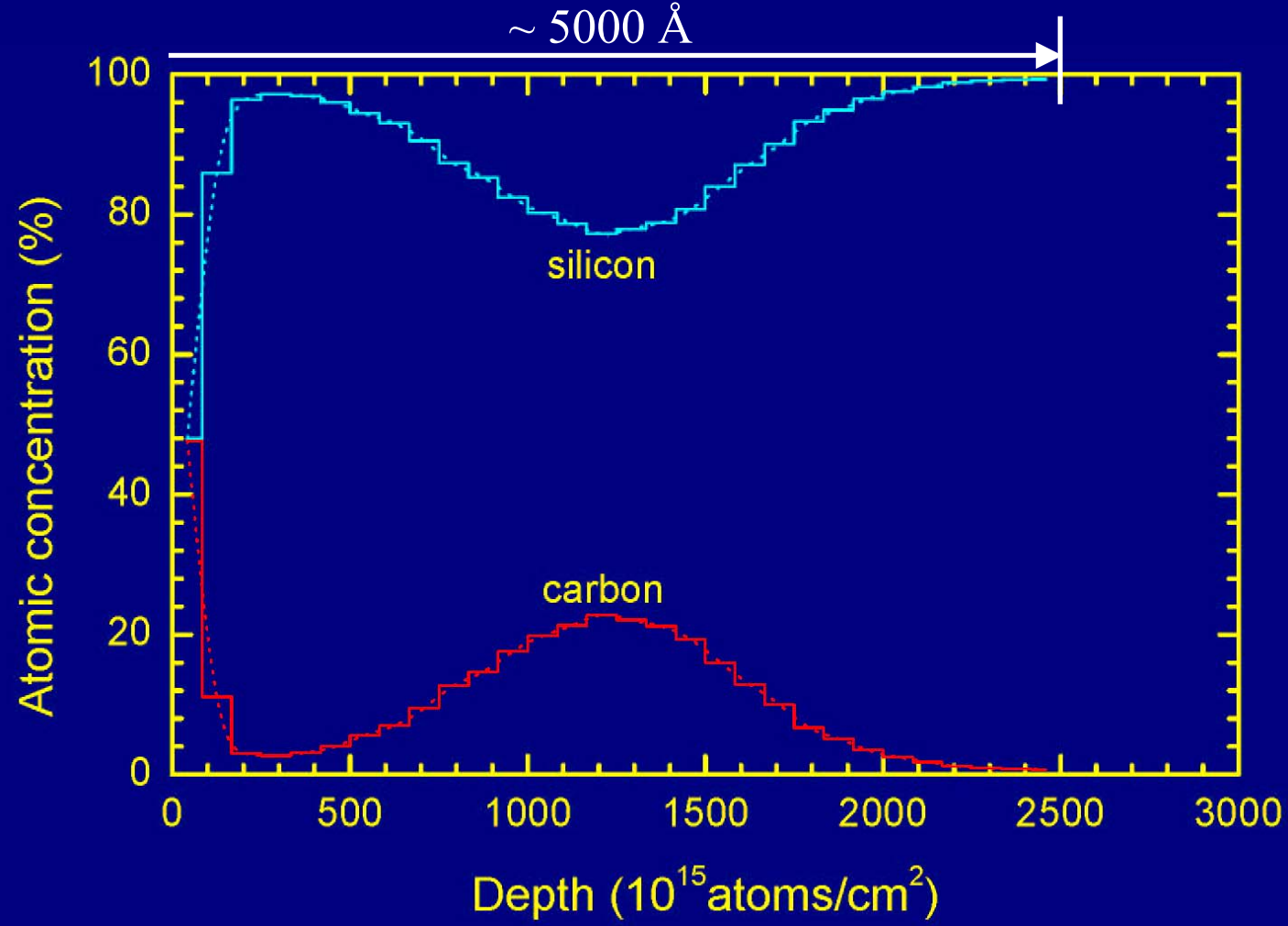

RT
Ion Implantation
I+, 20 MeV
ERDA measurement
800, 900, 1000 oC
Thermal annealing
RBS/C measurement
He++, 2 MeV
Raman measurement
Backscattering
IR measurement
Transmittance
Evaluate results

รายละเอียดวิธีการทดลอง

การฝังไอออน :

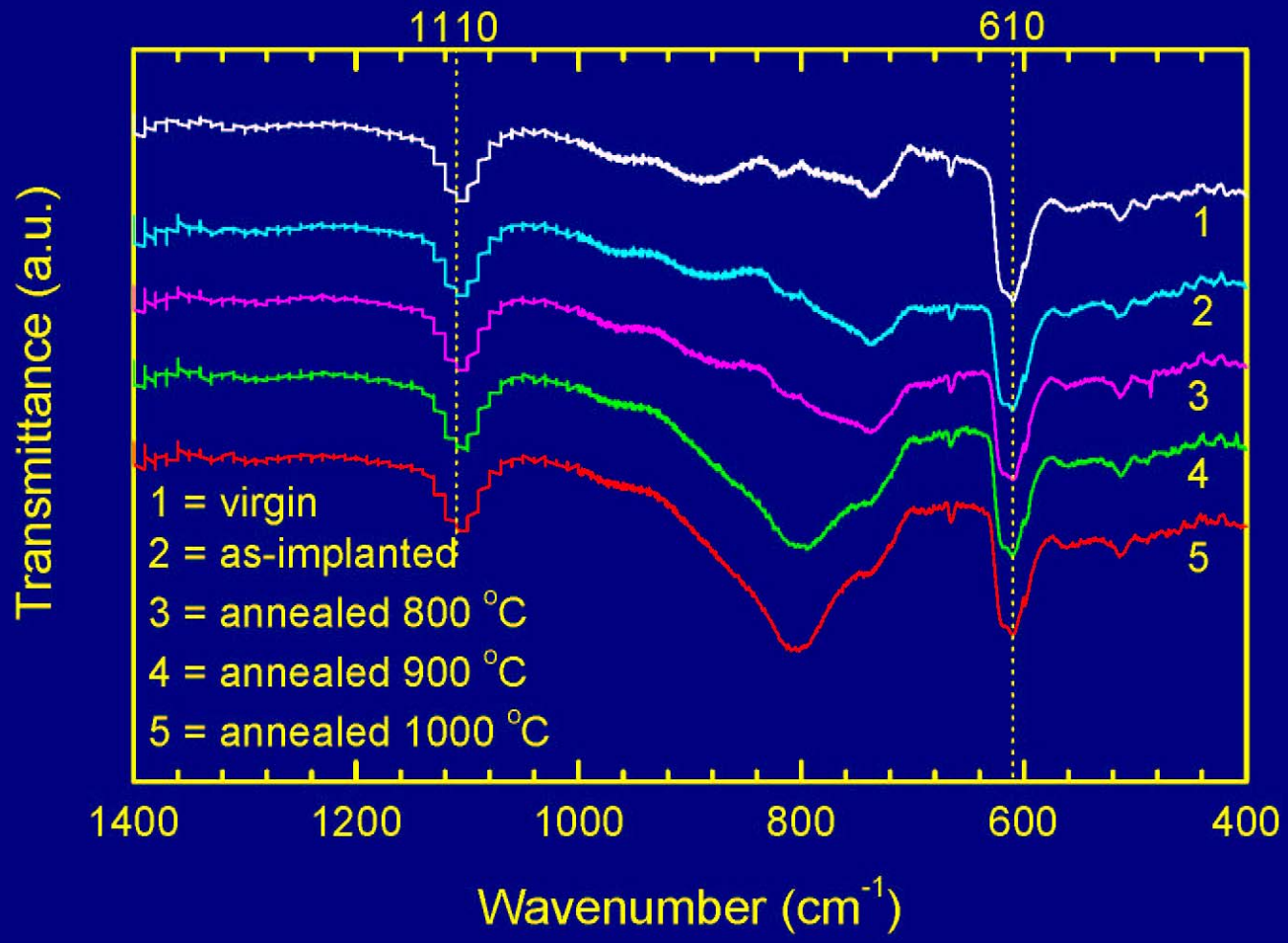
- ✓ ไอออนพลังงาน 80 keV
- ✓ ลำบีม C^+ คัดเลือกจากการ discharge ของ CO_2
- ✓ โดสประมาณ 2.7×10^{17} ions/cm^2
- ✓ ฝังไอออนที่อุณหภูมิห้อง
- ✓ โดยใช้เครื่อง Varian ion implanter ที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ERDA



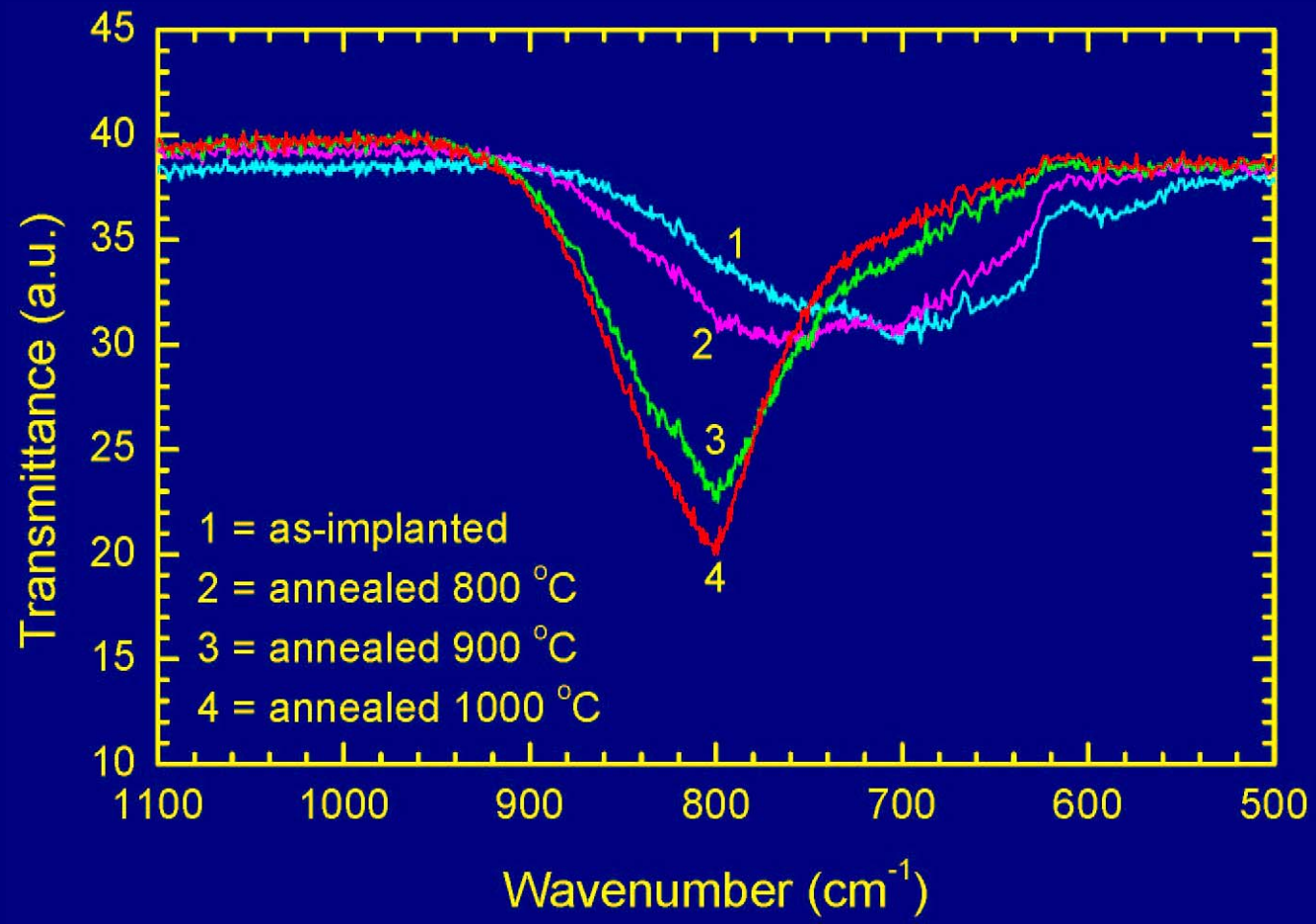
RT, C^+ implantation, dose = 2.7×10^{17} ions/cm^2, Energy = 80 keV

Infrared spectroscopy



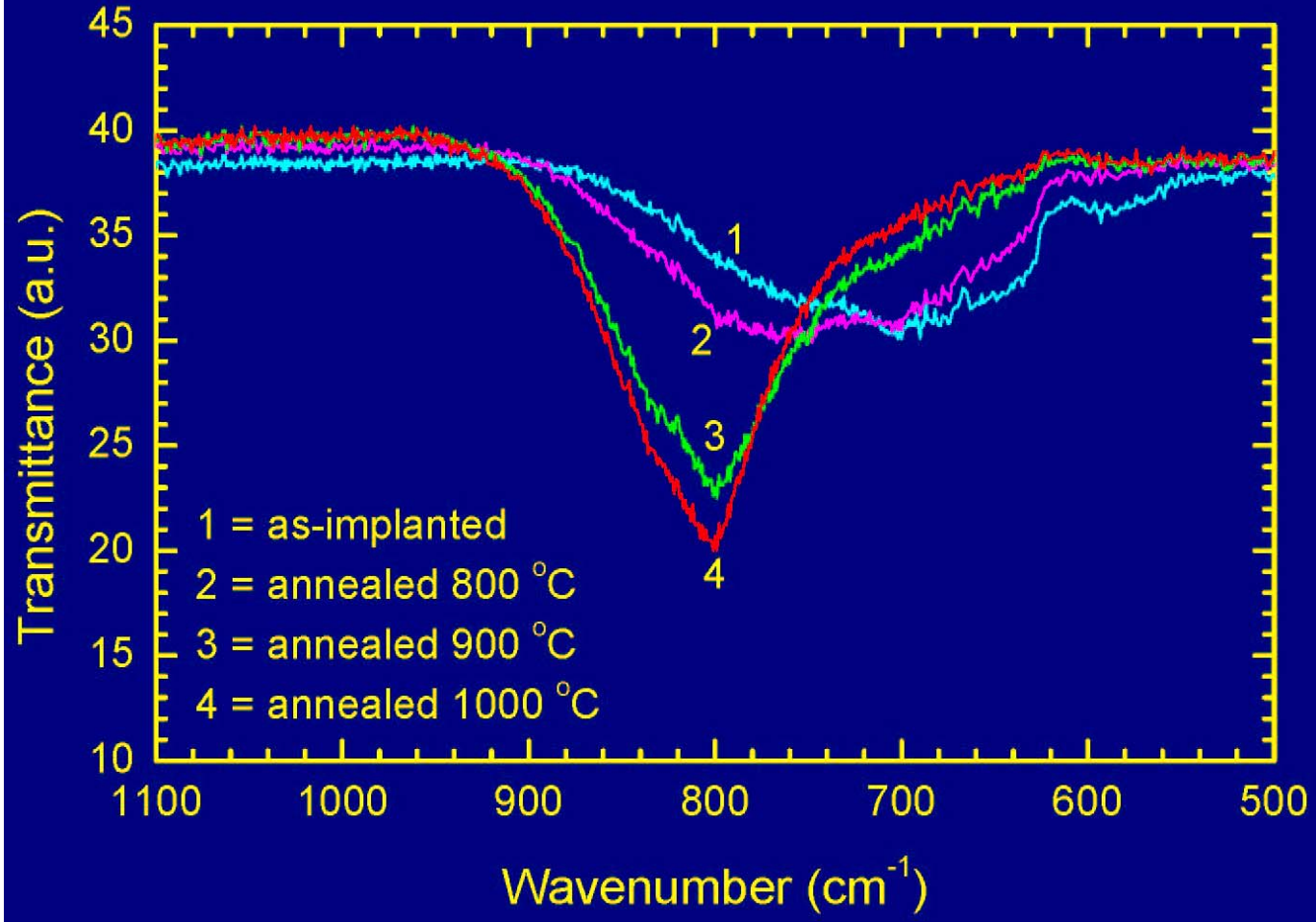
RT, C^+ implantation, dose = 2.7×10^{17} ions/cm^2, Energy = 80 keV

Infrared spectroscopy



RT, C^+ implantation, dose = 2.7×10^{17} ions/cm^2, Energy = 80 keV

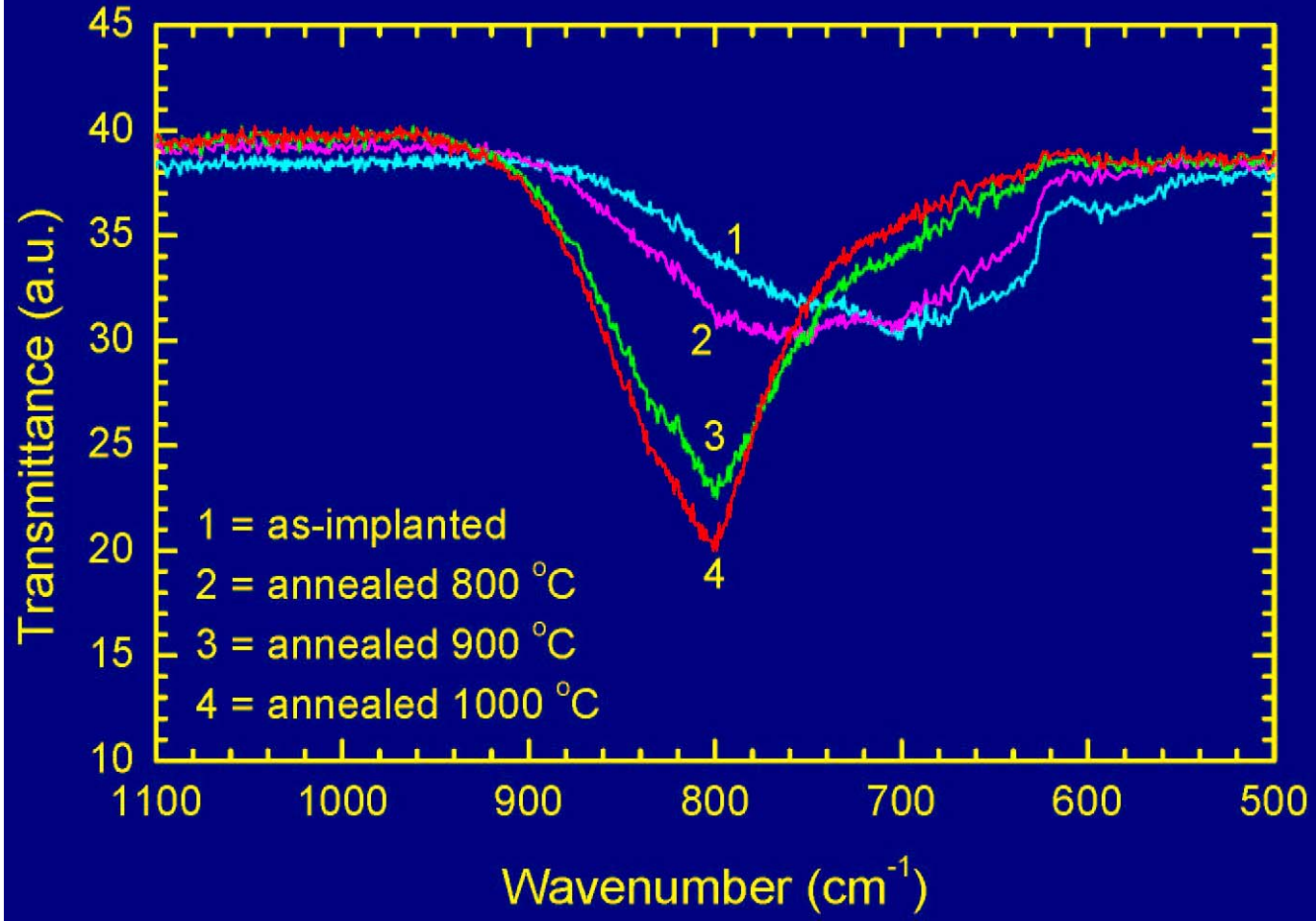
Infrared spectroscopy



Peak characteristics	
Samples	Position (cm^{-1})
As-implanted	702
Annealed 800 °C	767
Annealed 900 °C	799
Annealed 1000 °C	801

RT, C^+ implantation, dose = 2.7×10^{17} ions/cm^2, Energy = 80 keV

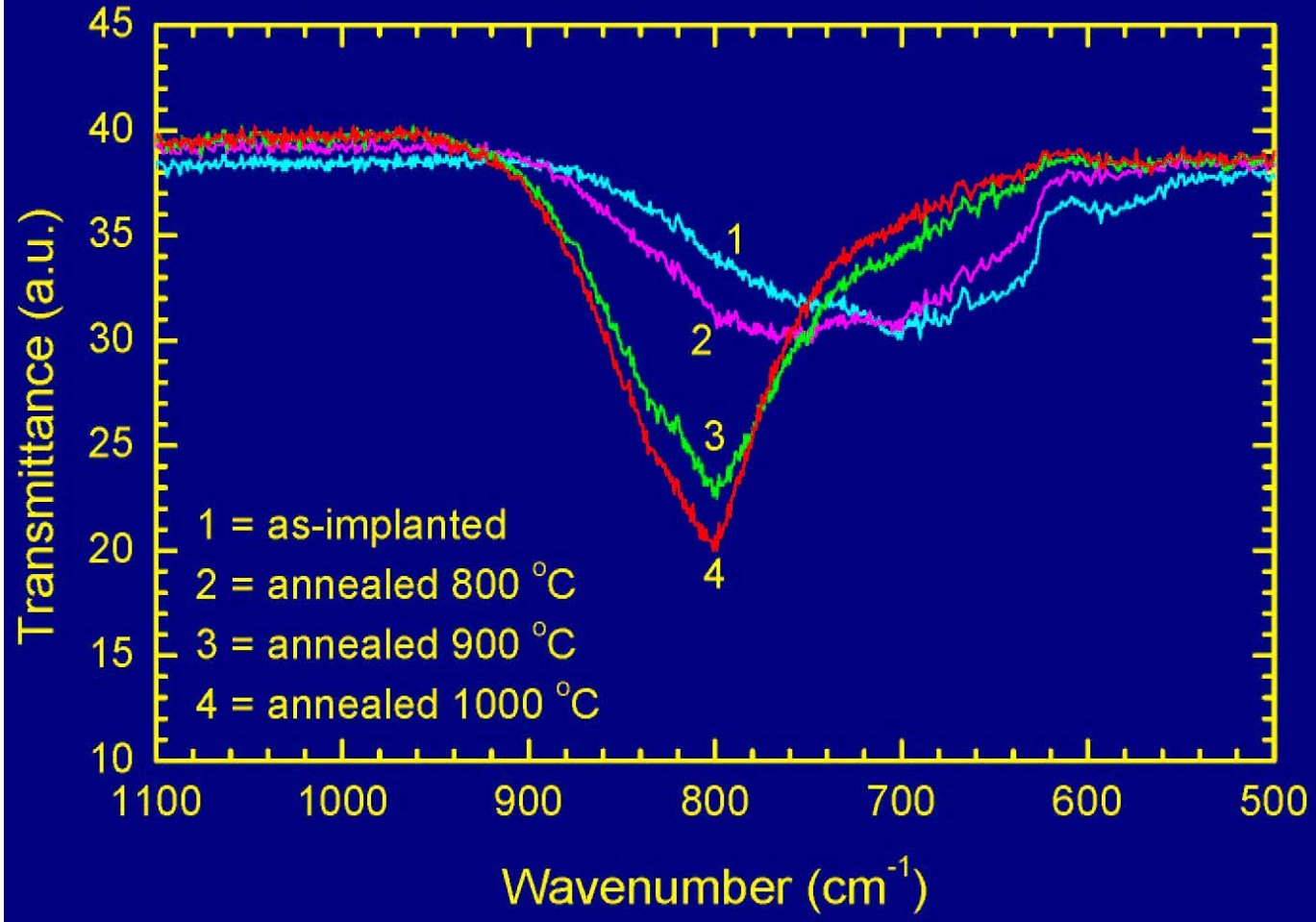
Infrared spectroscopy



Peak characteristics	
Samples	Area (a.u.)
As-implanted	1524
Annealed 800 °C	1718
Annealed 900 °C	2201
Annealed 1000 °C	2434

RT, C^+ implantation, dose = 2.7×10^{17} ions/cm^2, Energy = 80 keV

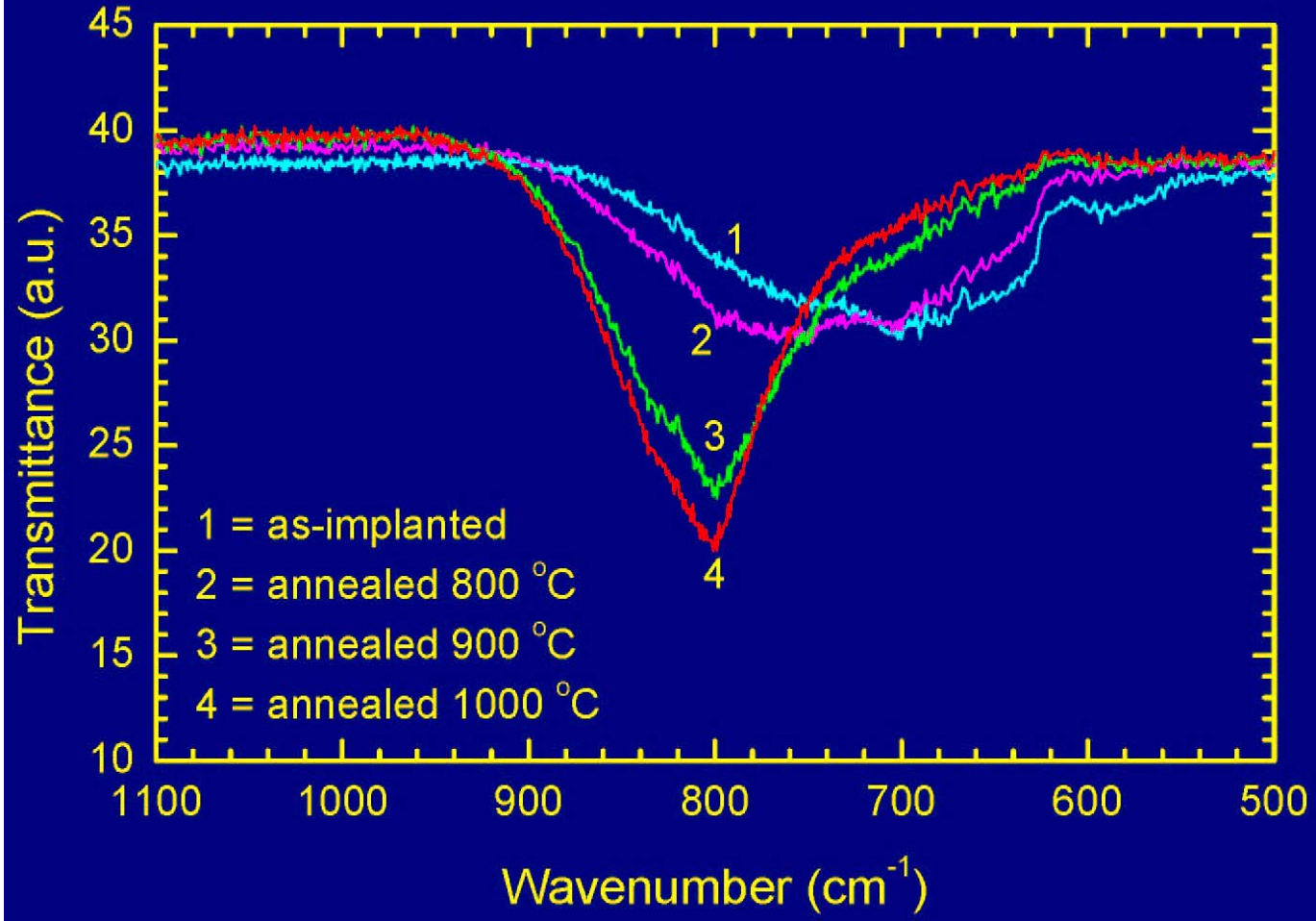
Infrared spectroscopy



Peak characteristics	
Samples	Height (a.u.)
As-implanted	8.4
Annealed 800 °C	9.1
Annealed 900 °C	17.0
Annealed 1000 °C	20.0

RT, C^+ implantation, dose = 2.7×10^{17} ions/cm^2, Energy = 80 keV

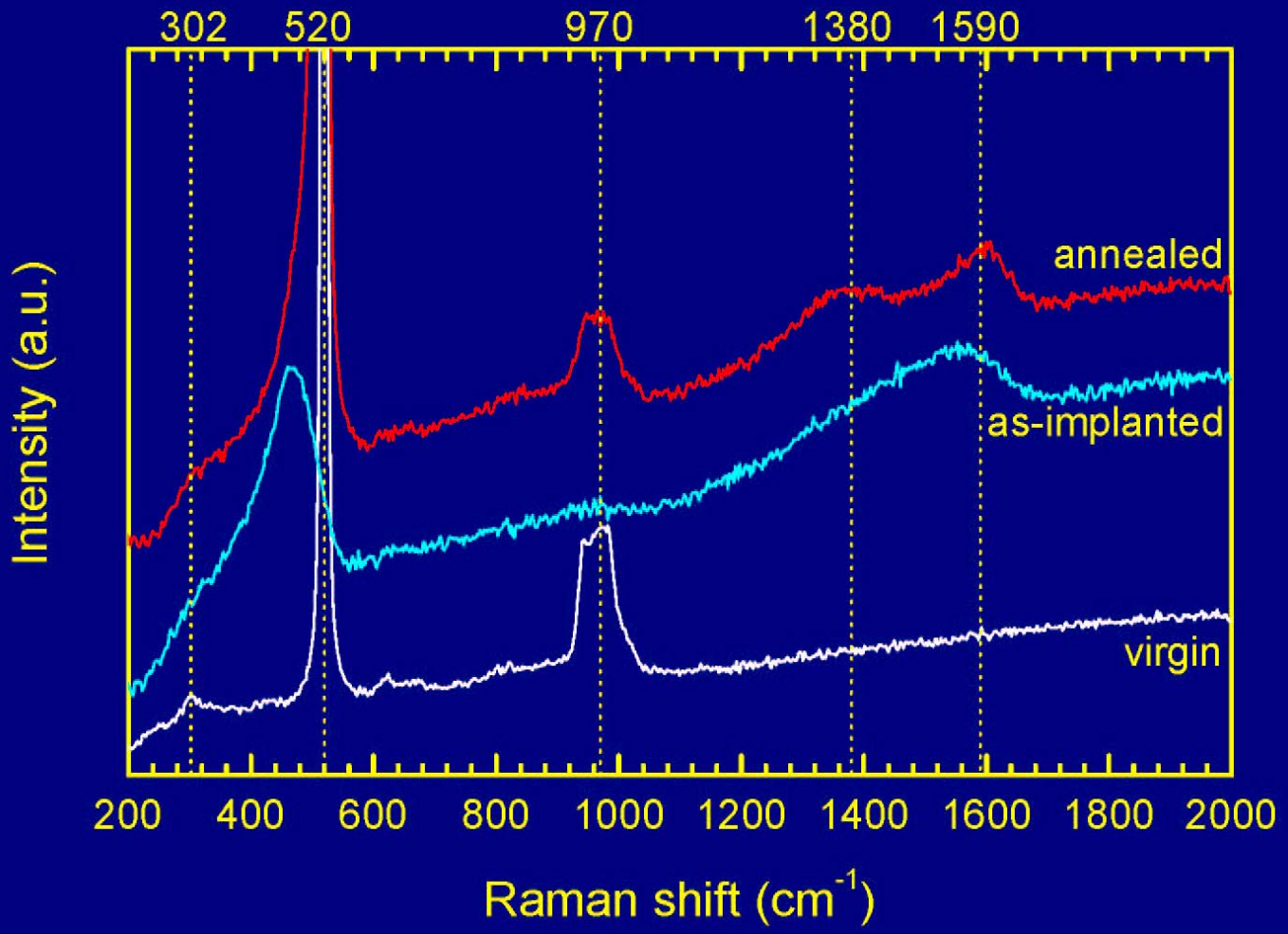
Infrared spectroscopy



Peak characteristics	
Samples	FWHM (cm^{-1})
As-implanted	179
Annealed 800 °C	197
Annealed 900 °C	110
Annealed 1000 °C	98

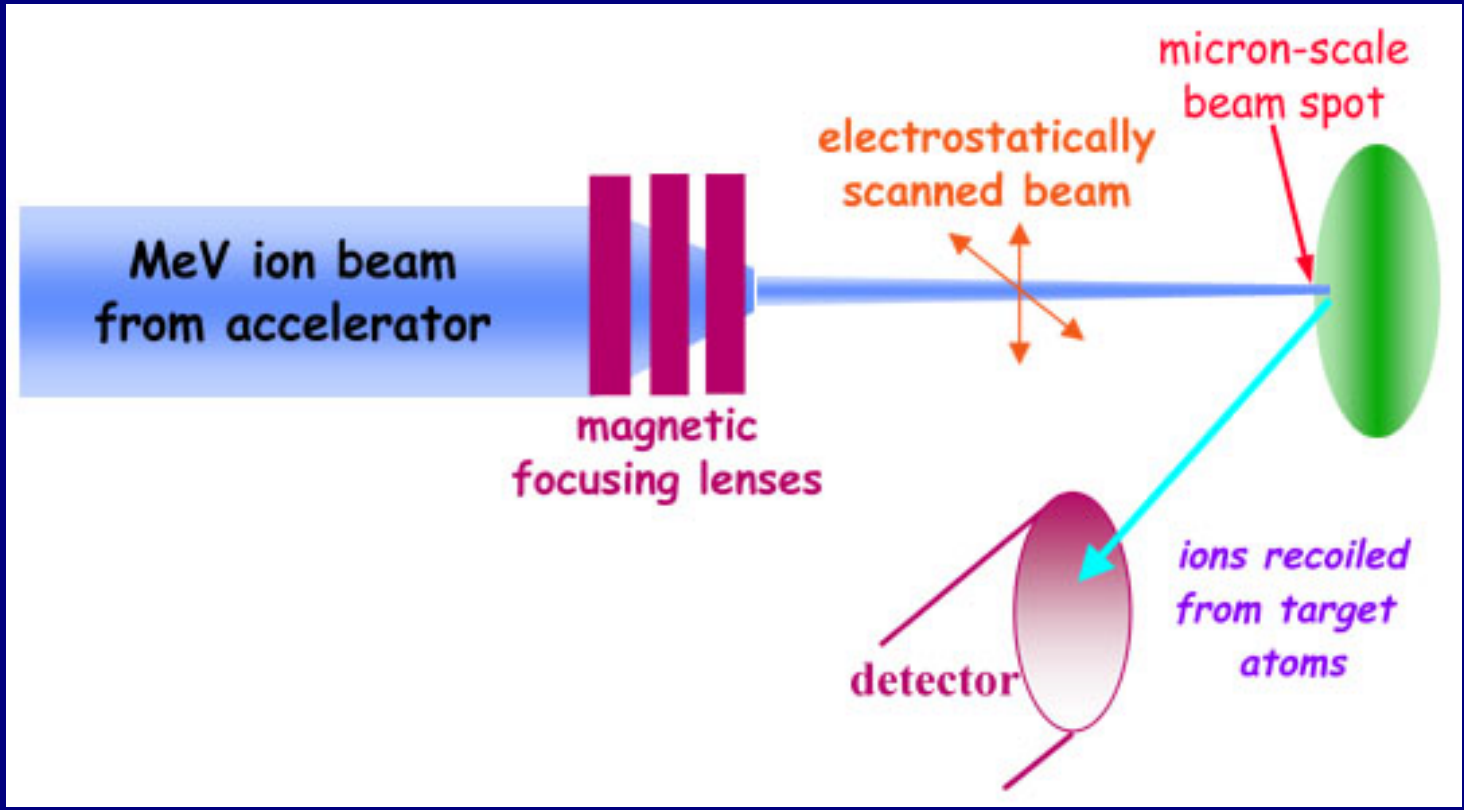
RT, C^+ implantation, dose = 2.7×10^{17} ions/cm^2, Energy = 80 keV

Raman Spectroscopy



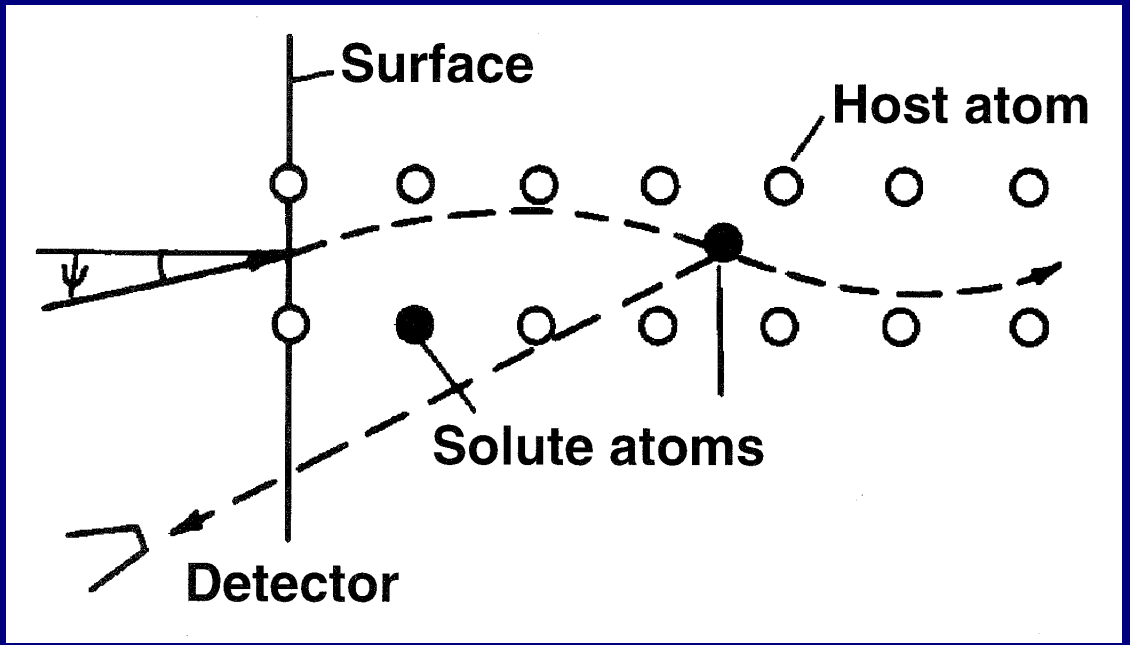
RT, C^+ implantation, dose = 2.7×10^{17} ions/cm^2, Energy = 80 keV

RBS/C Analysis



ใช้ไอออน He^{++} พลังงาน 2.1 MeV เป็นอนุภาคกระสุนทดสอบ

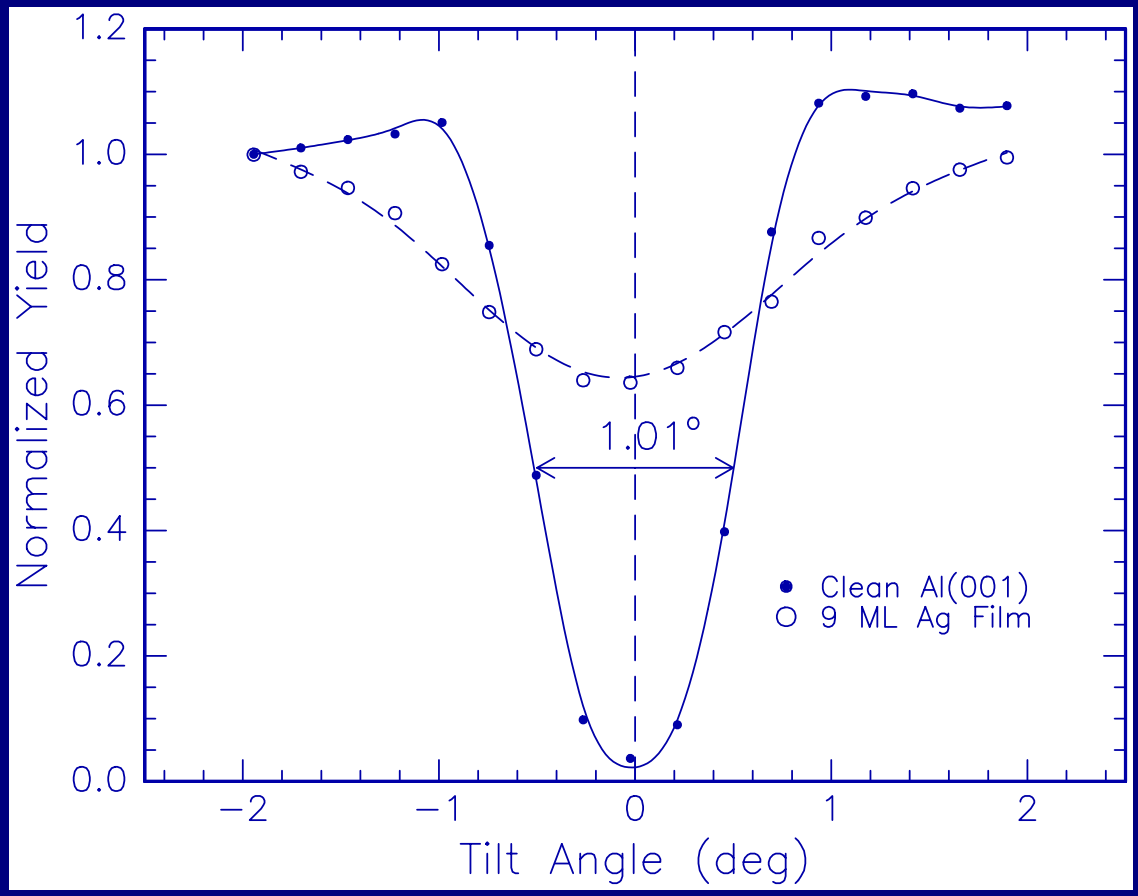
RBS/C Analysis



Channeling profile

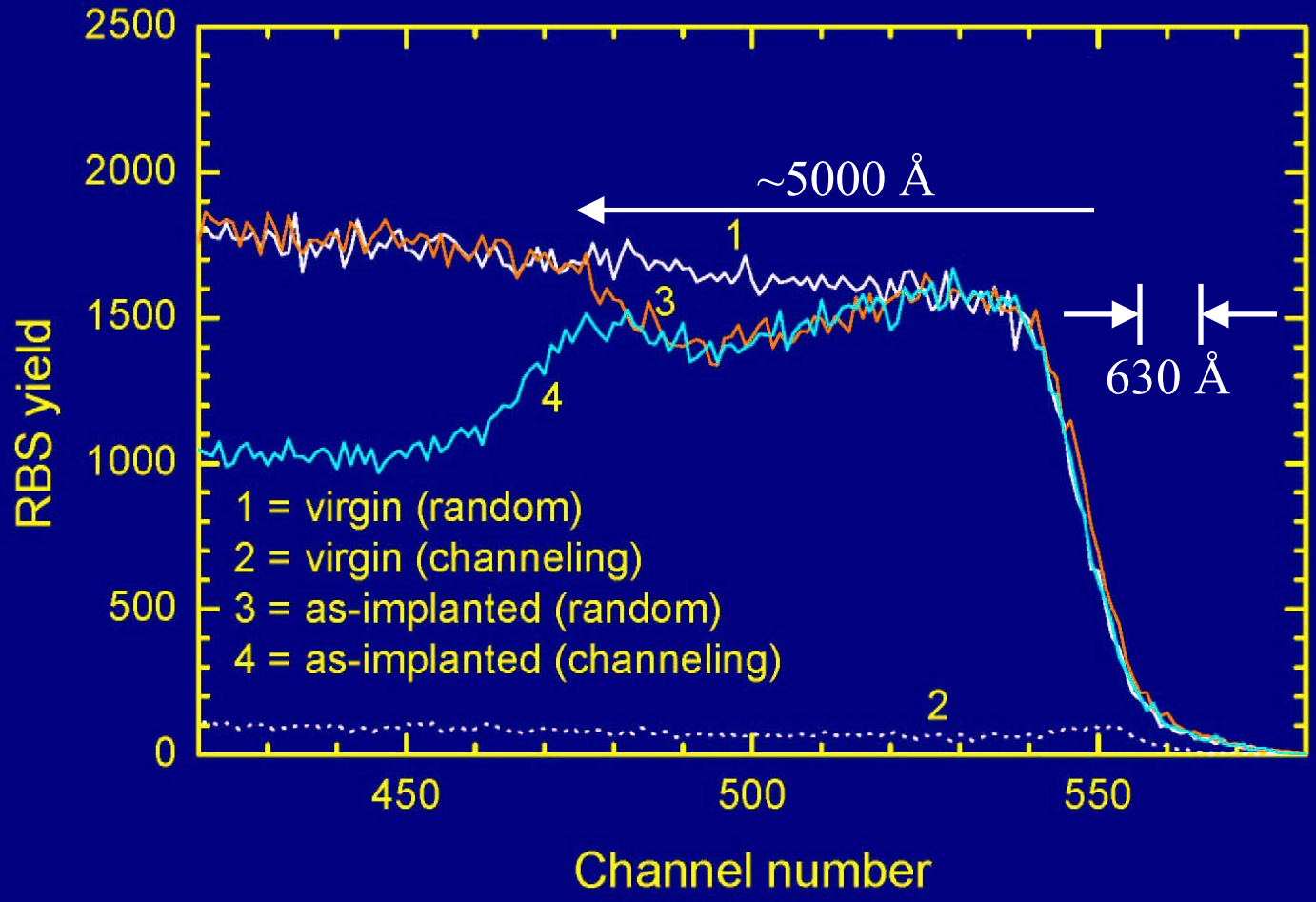
ใช้ไอออน He^{++} พลังงาน 2.1 MeV เป็นอนุภาคกระสุนทดสอบ

RBS/C Analysis



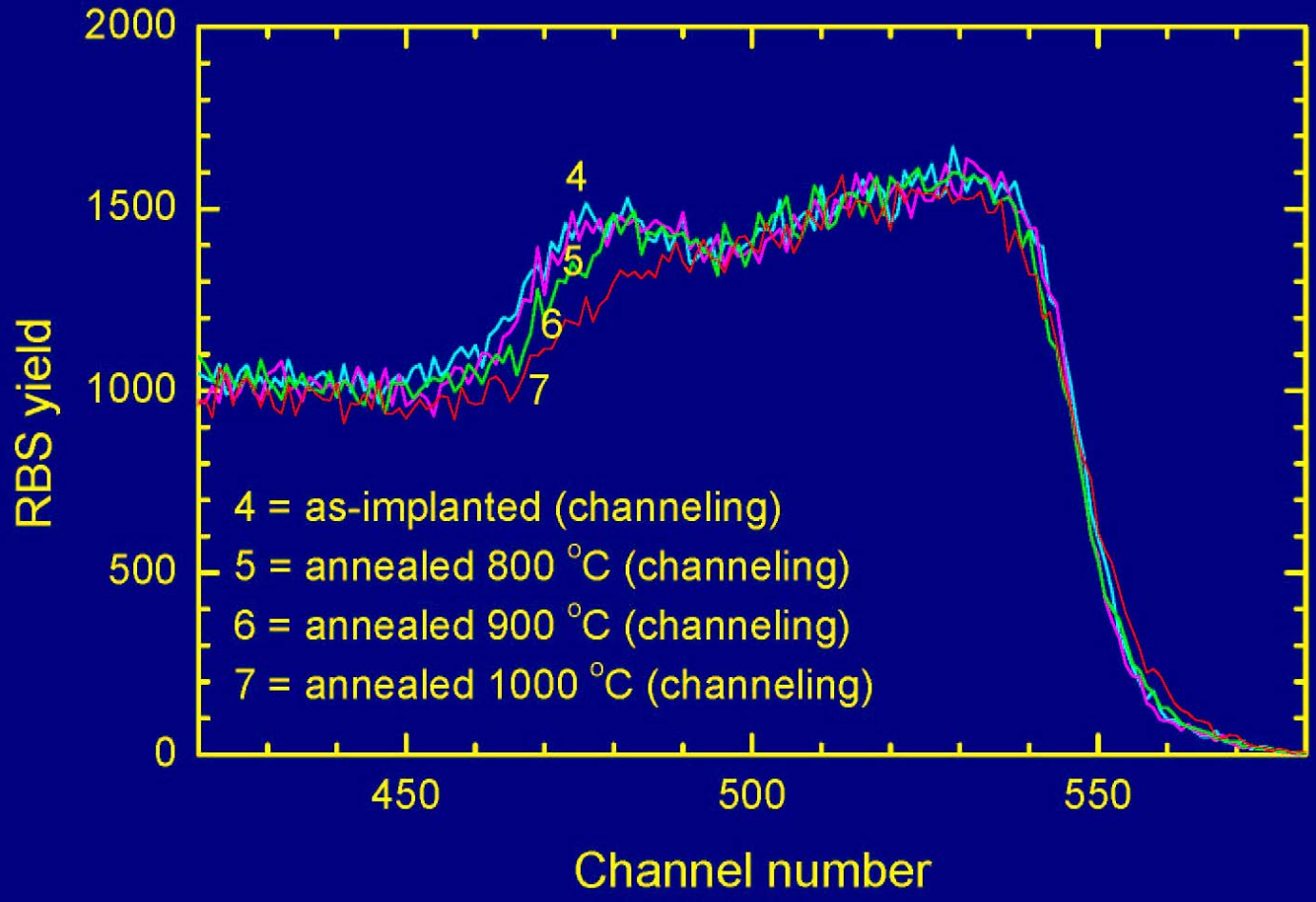
Angular Yield (Channeling dip)

RBS/C Analysis



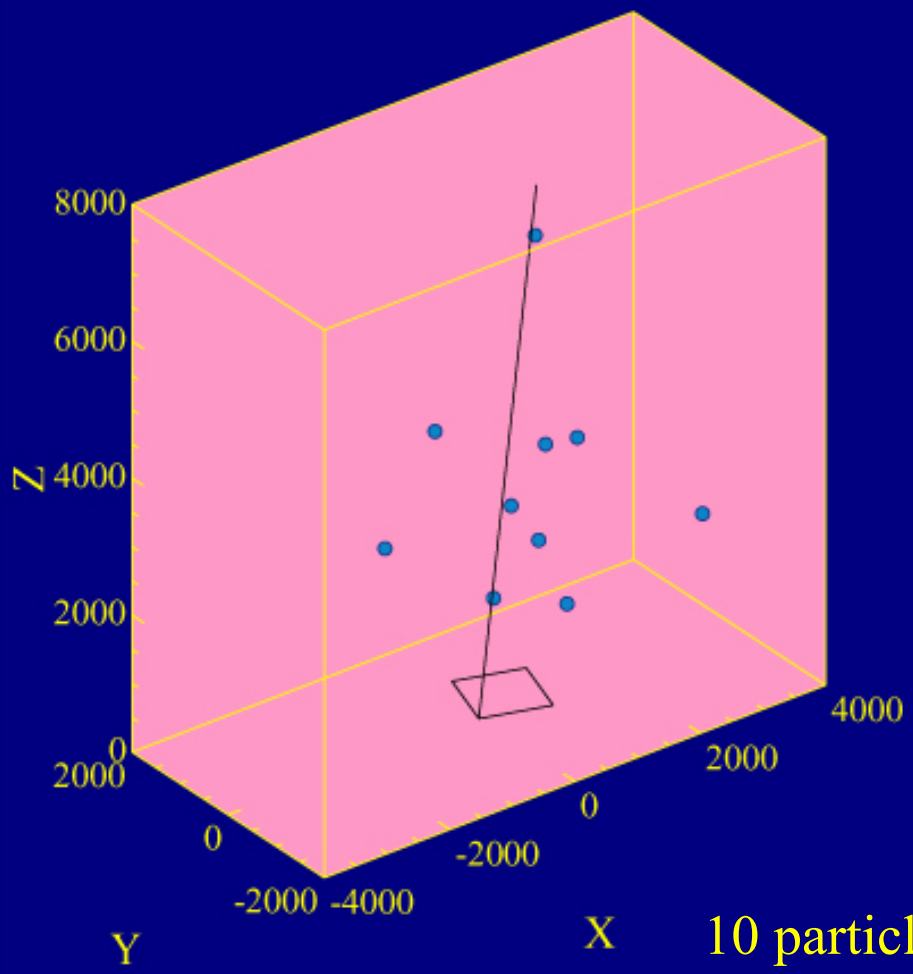
RT, C^+ implantation, dose = 2.7×10^{17} ions/cm^2, Energy = 80 keV

RBS/C Analysis

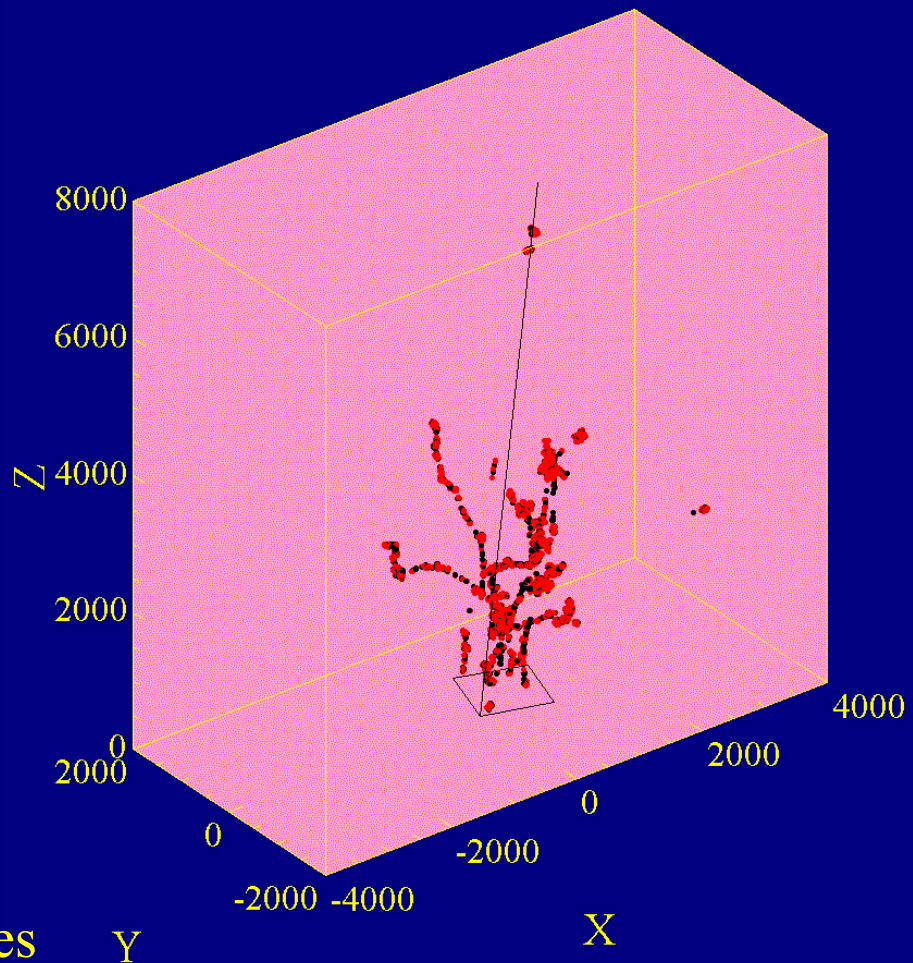


RT, C^+ implantation, dose = 2.7×10^{17} ions/cm^2, Energy = 80 keV

SIIMPL – simulation program



10 particles

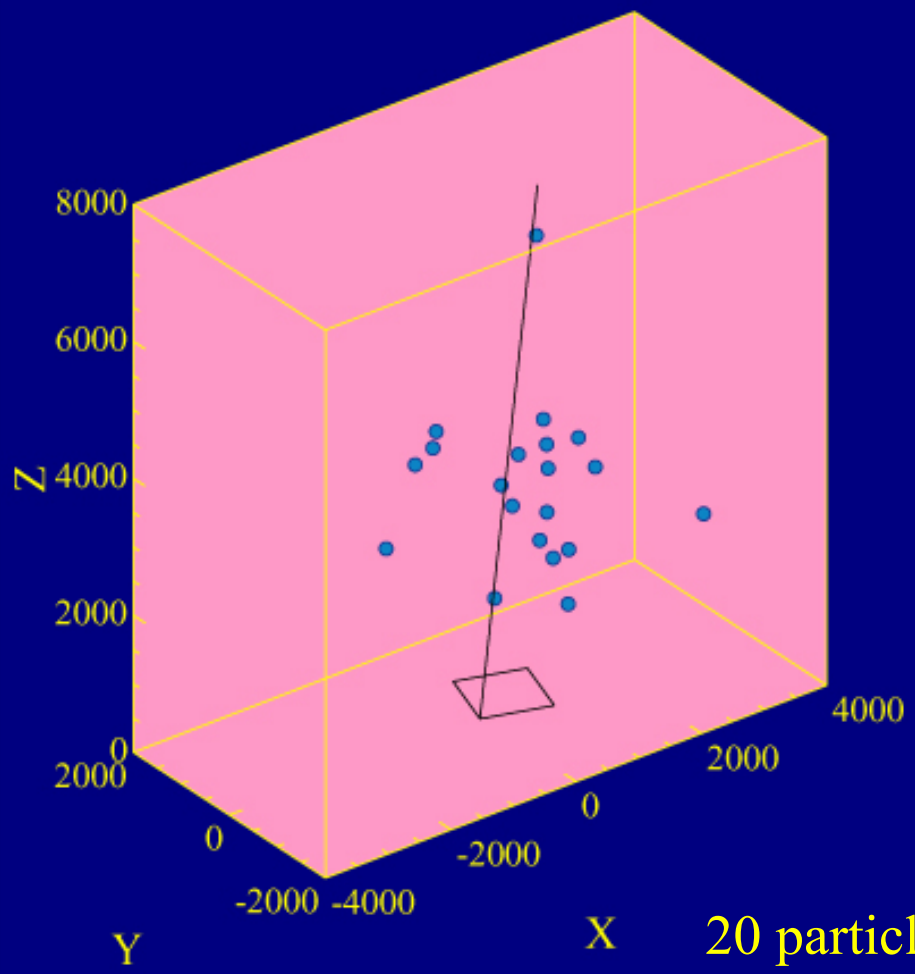


Ions

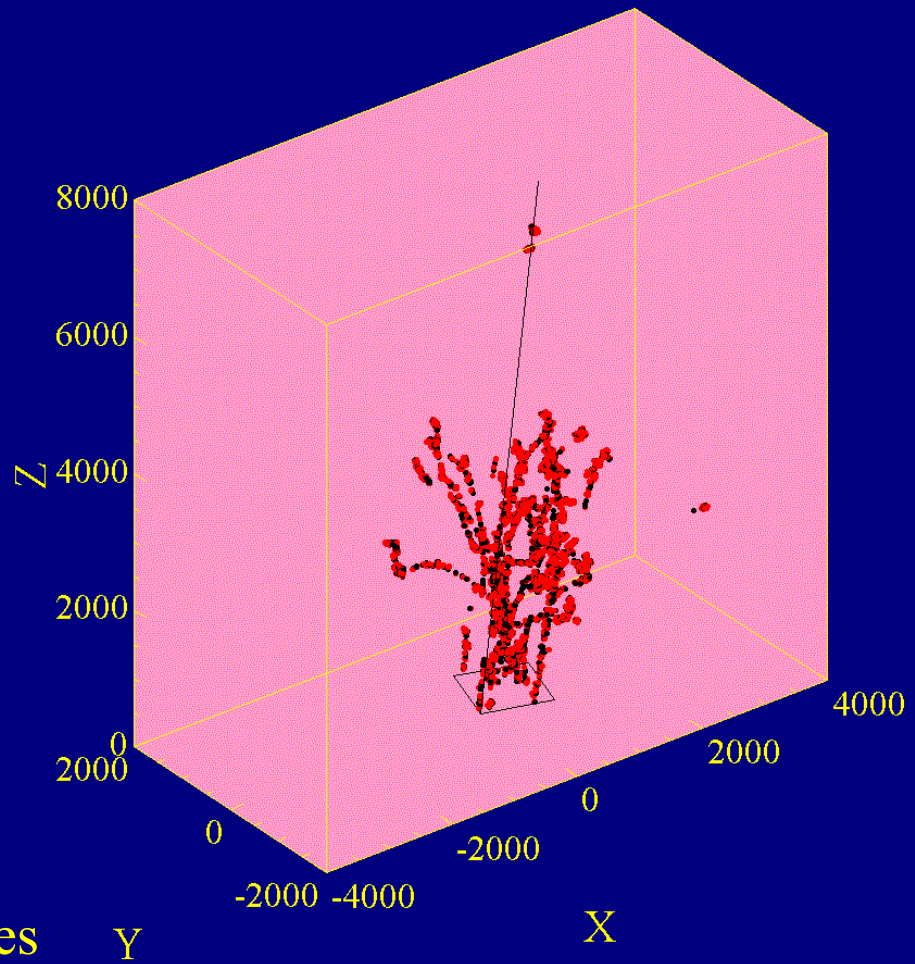
Self-interstitials, vacancies

การกระจายตัวของอะตอมคาร์บอนในซิลิกอน และลักษณะของ damage ที่เกิดขึ้น

SIIMPL – simulation program



20 particles

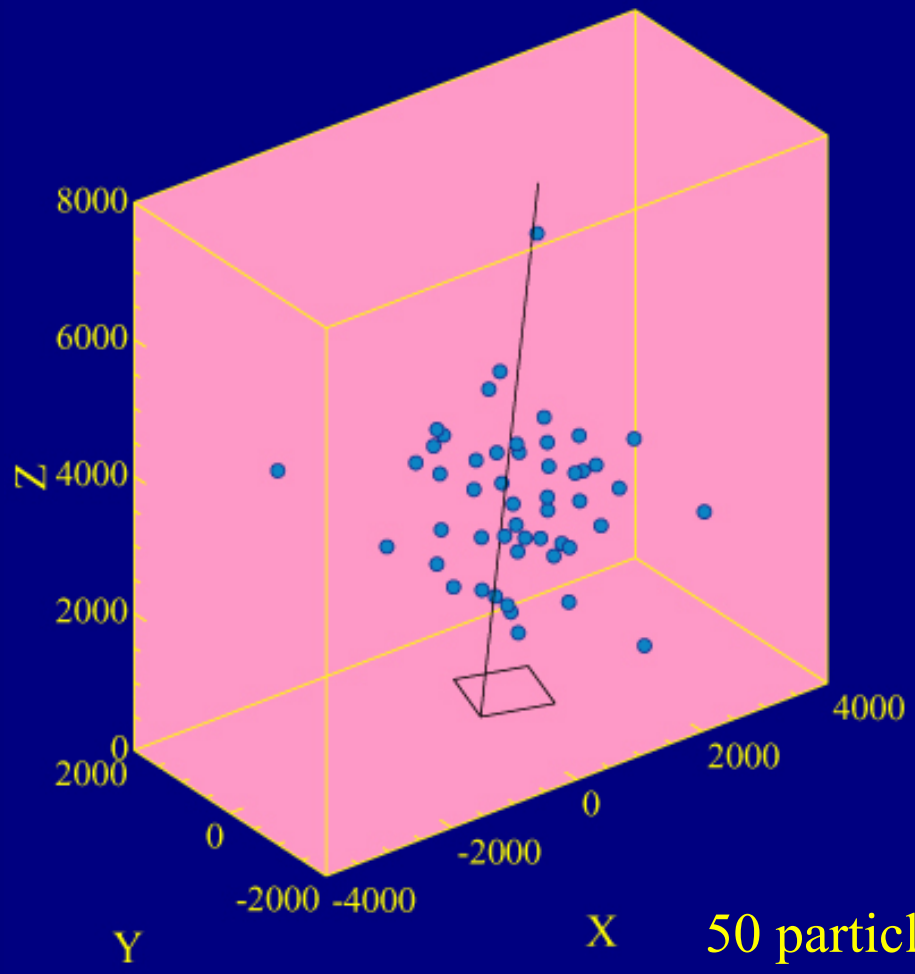


Ions

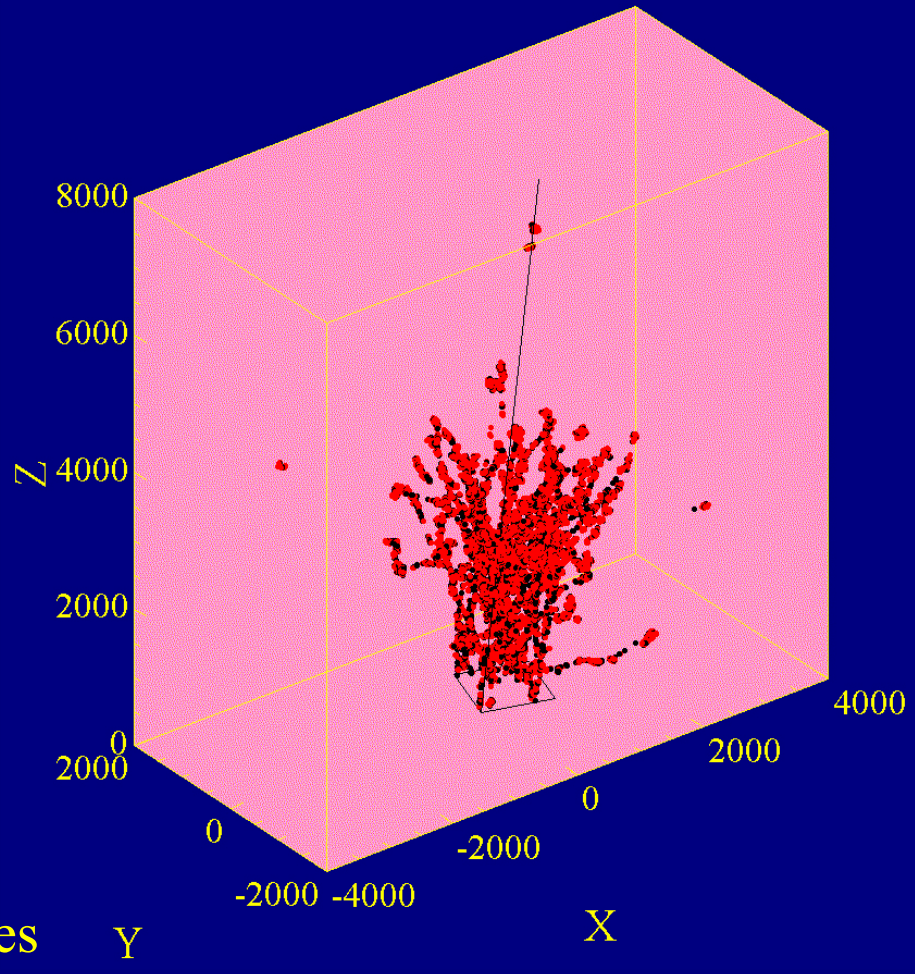
Self-interstitials, vacancies

การกระจายตัวของอะตอมคาร์บอนในซิลิกอน และลักษณะของ damage ที่เกิดขึ้น

SIIMPL – simulation program



50 particles

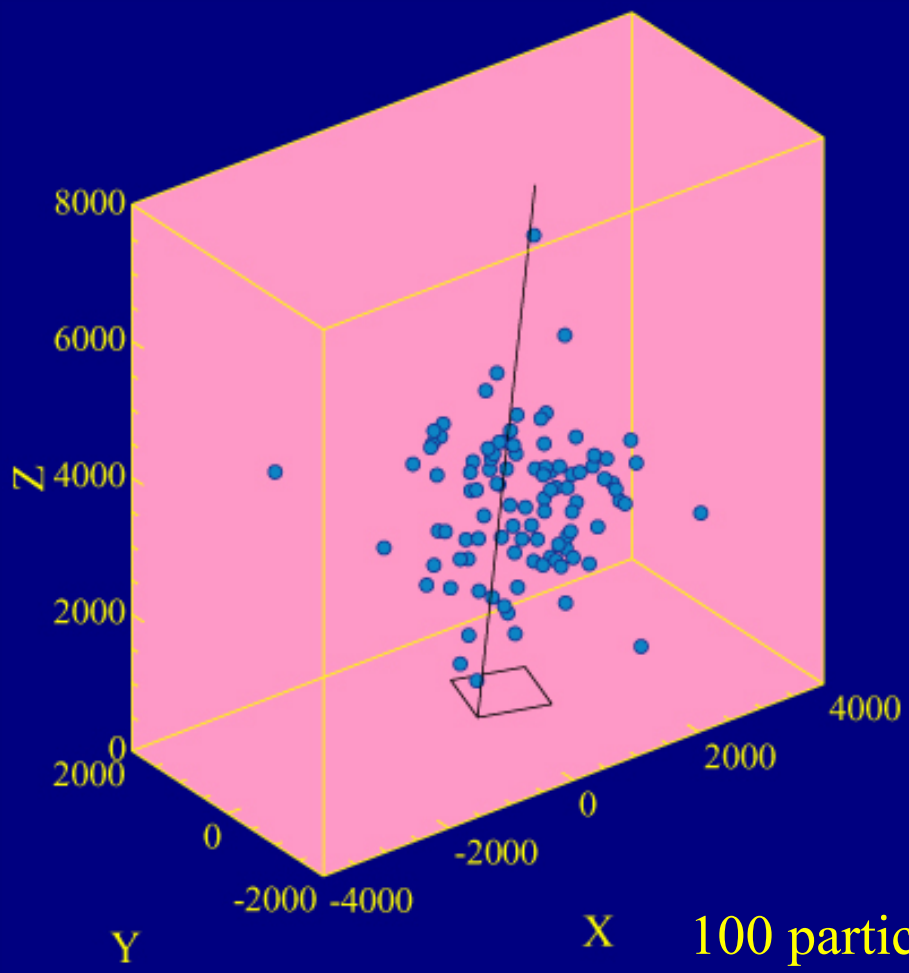


Ions

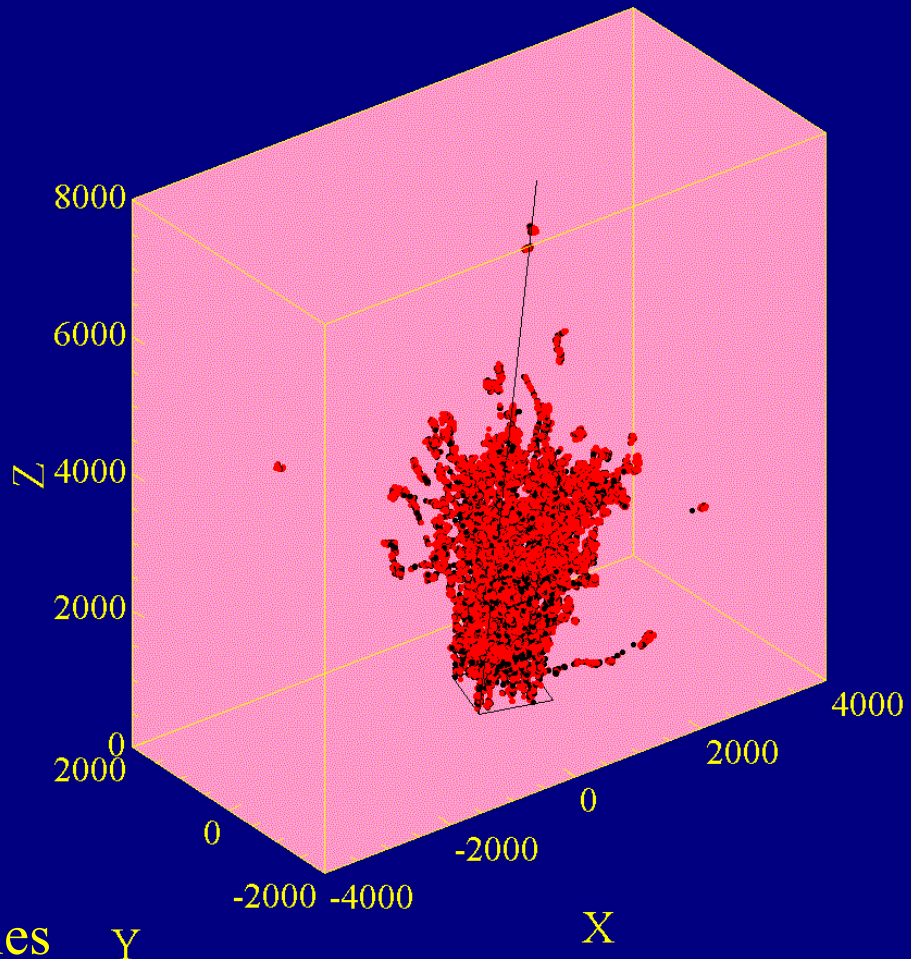
Self-interstitials, vacancies

การกระจายตัวของอะตอมคาร์บอนในซิลิกอน และลักษณะของ damage ที่เกิดขึ้น

SIIMPL – simulation program



100 particles

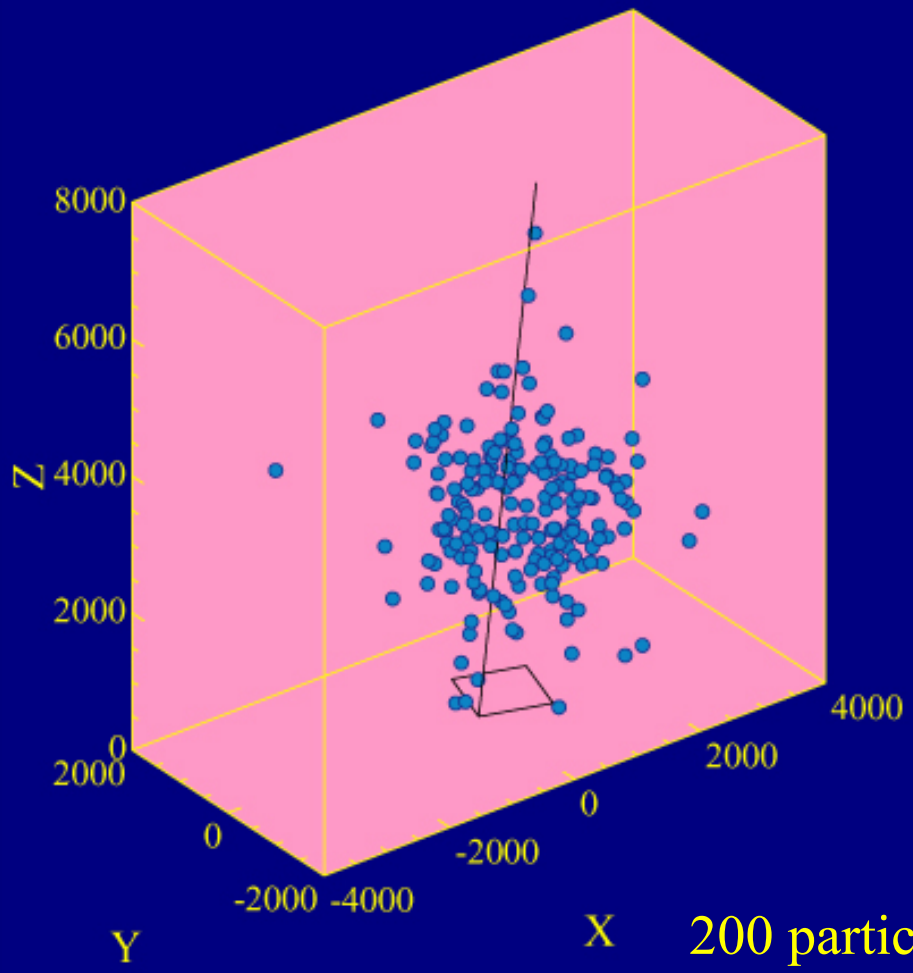


Ions

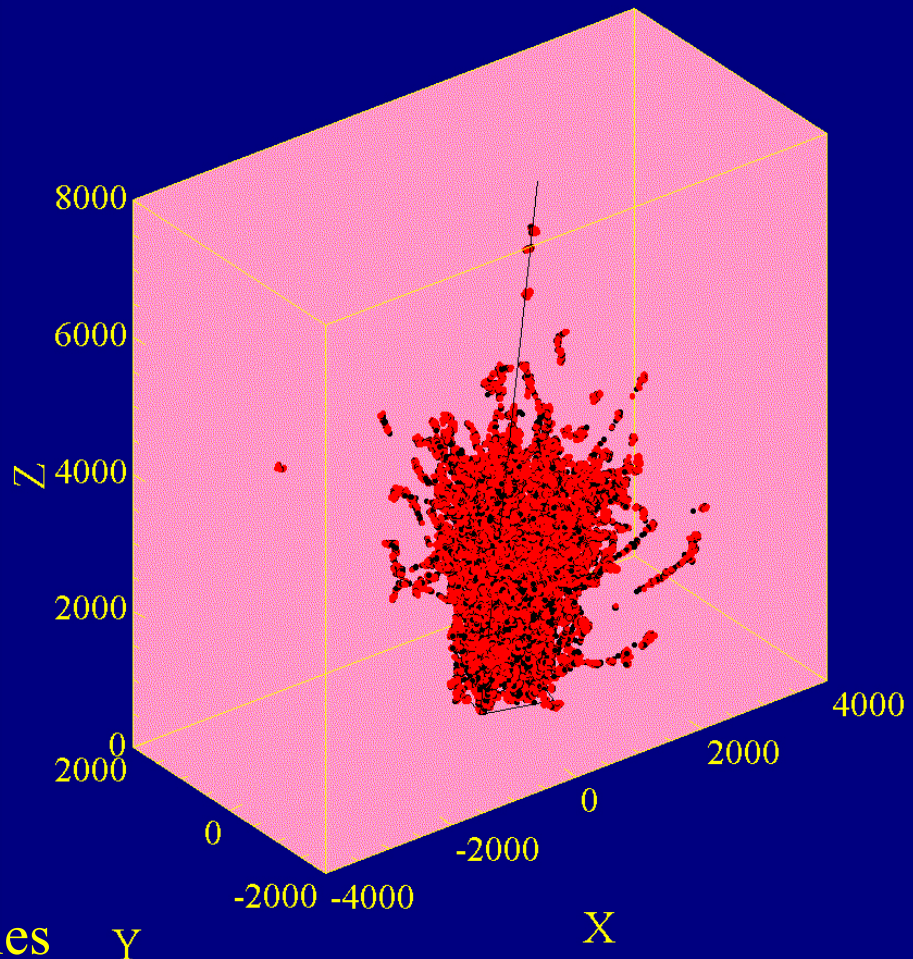
Self-interstitials, vacancies

การกระจายตัวของอะตอมคาร์บอนในซิลิกอน และลักษณะของ damage ที่เกิดขึ้น

SIIMPL – simulation program



200 particles

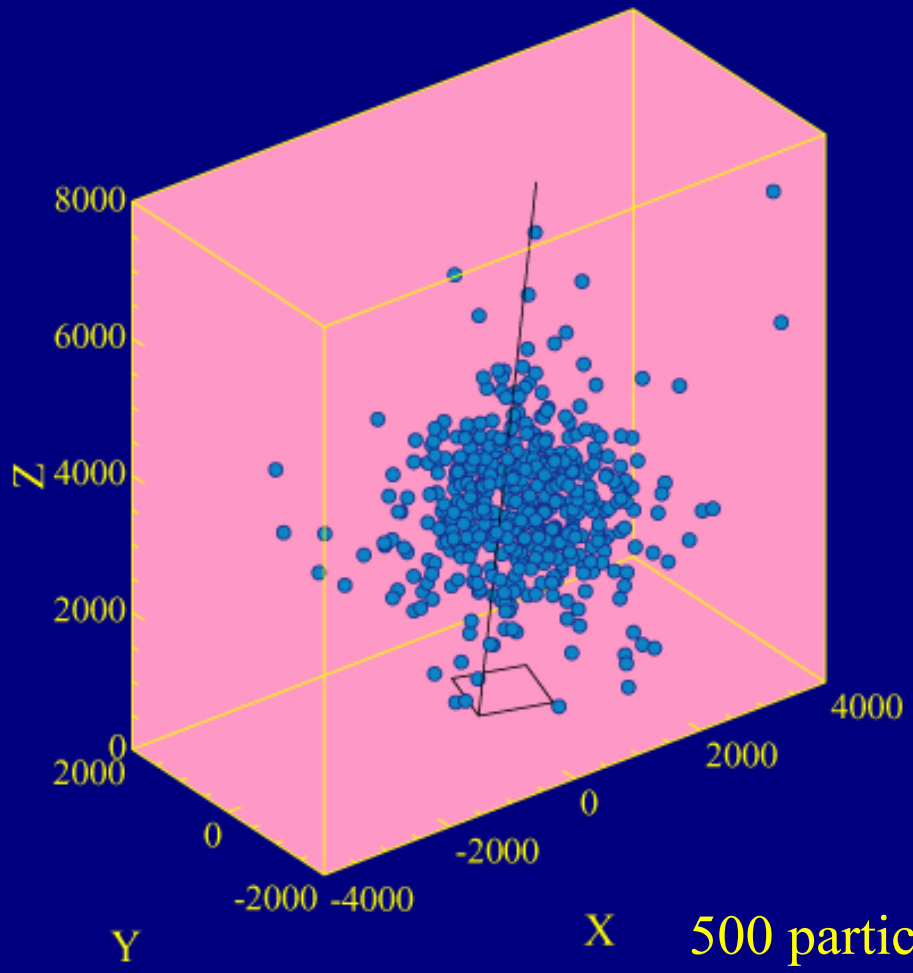


Ions

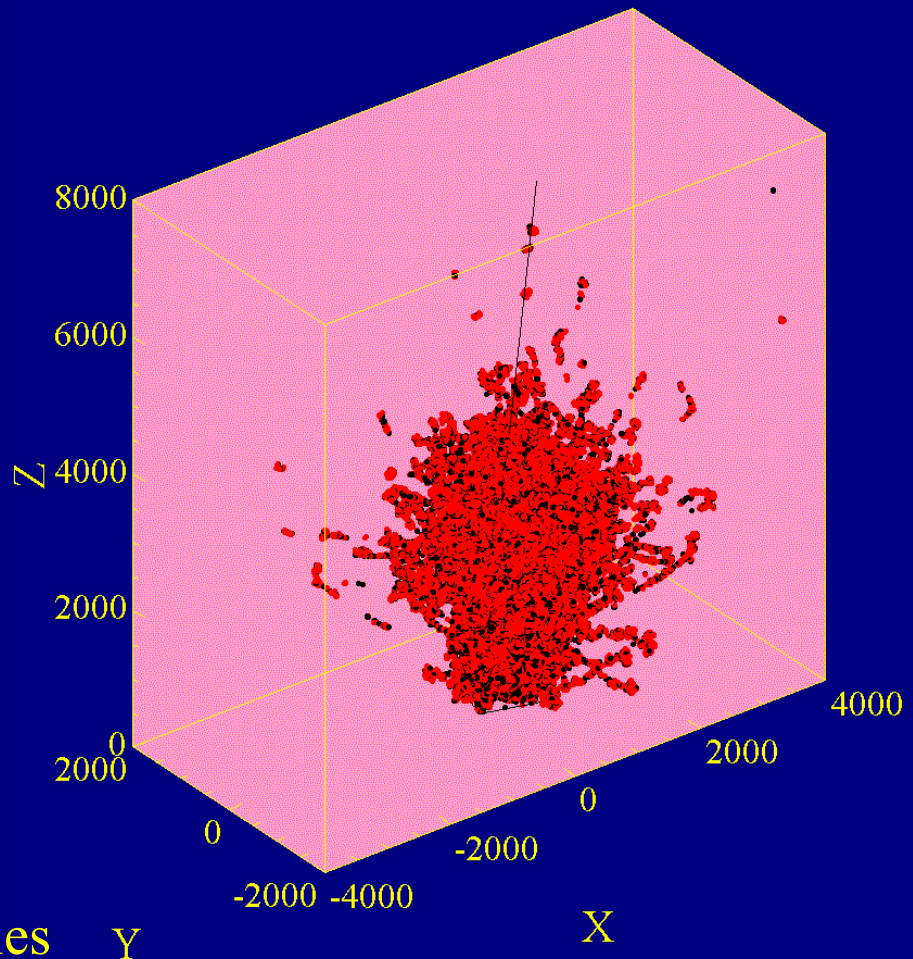
Self-interstitials, vacancies

การกระจายตัวของอะตอมคาร์บอนในซิลิกอน และลักษณะของ damage ที่เกิดขึ้น

SIIMPL – simulation program



500 particles

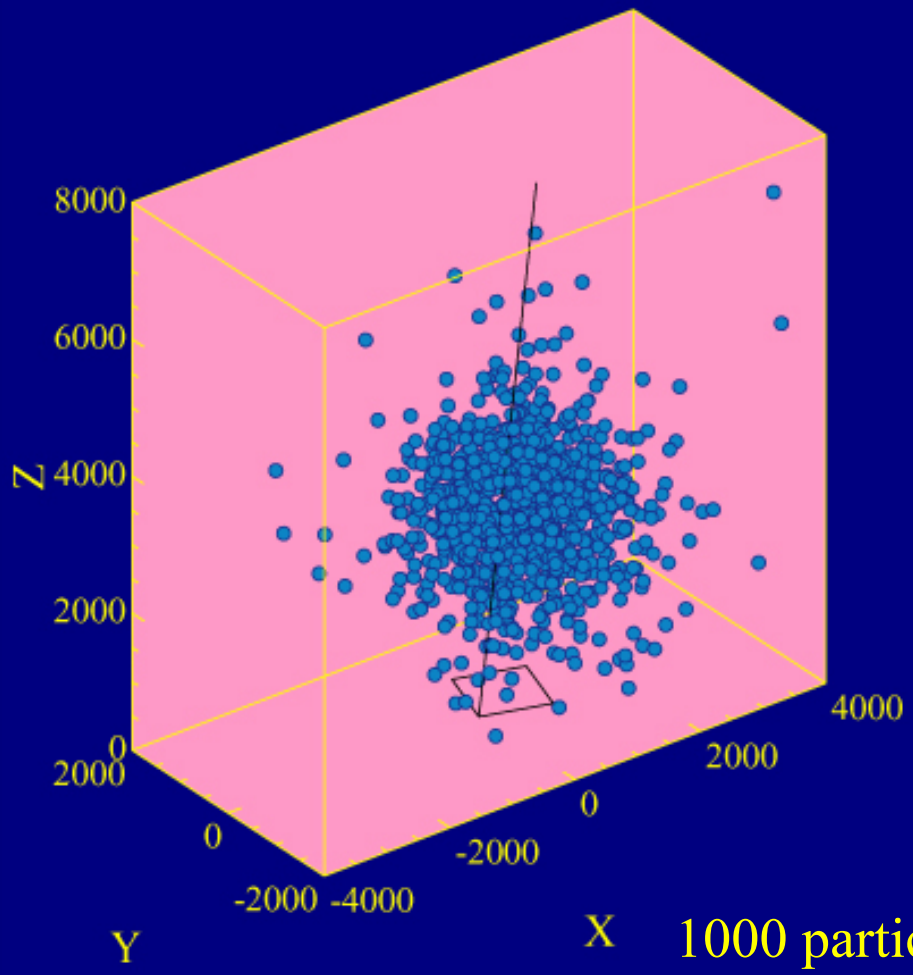


Ions

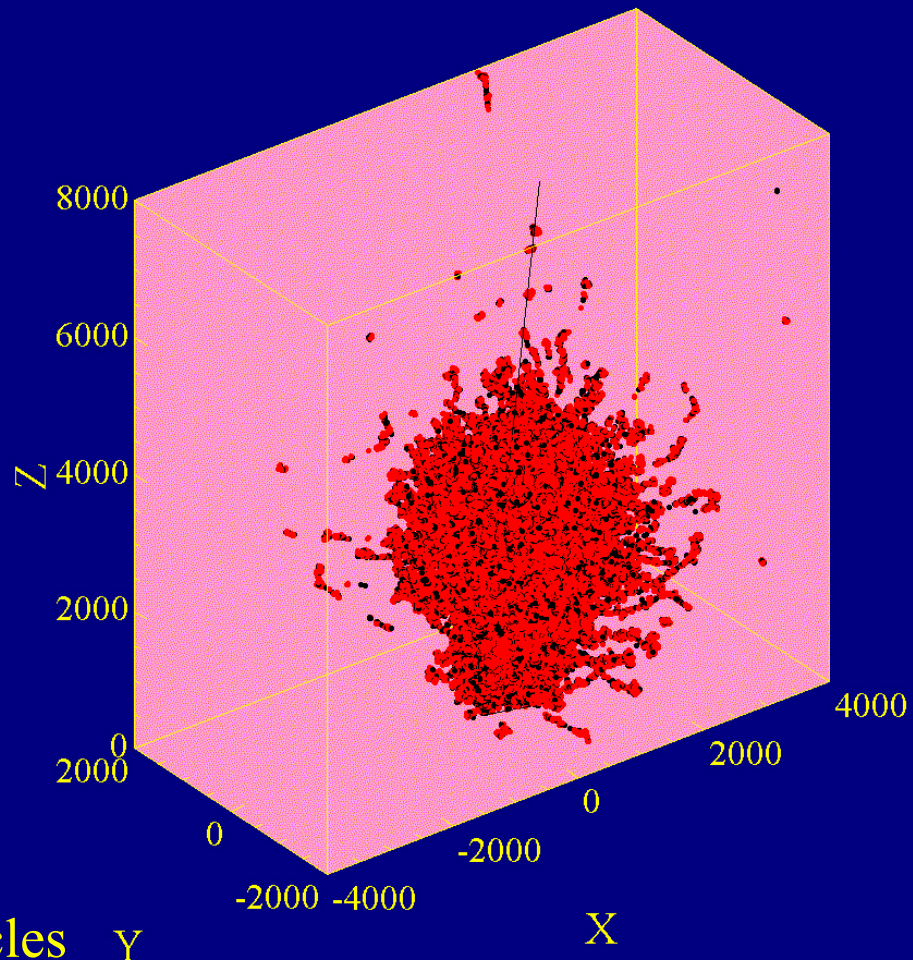
Self-interstitials, vacancies

การกระจายตัวของอะตอมคาร์บอนในซิลิกอน และลักษณะของ damage ที่เกิดขึ้น

SIIMPL – simulation program



1000 particles

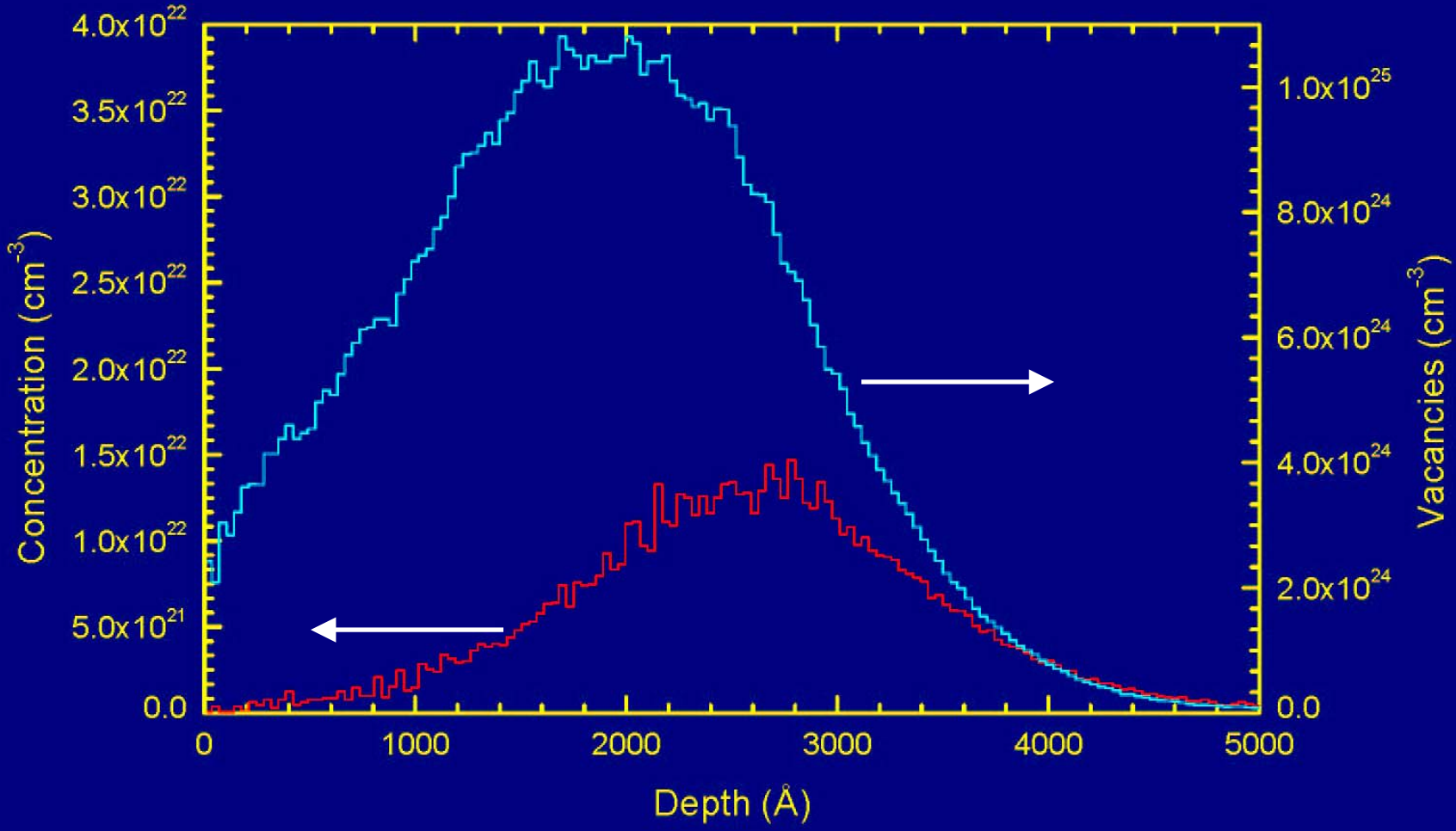


Ions

Self-interstitials, vacancies

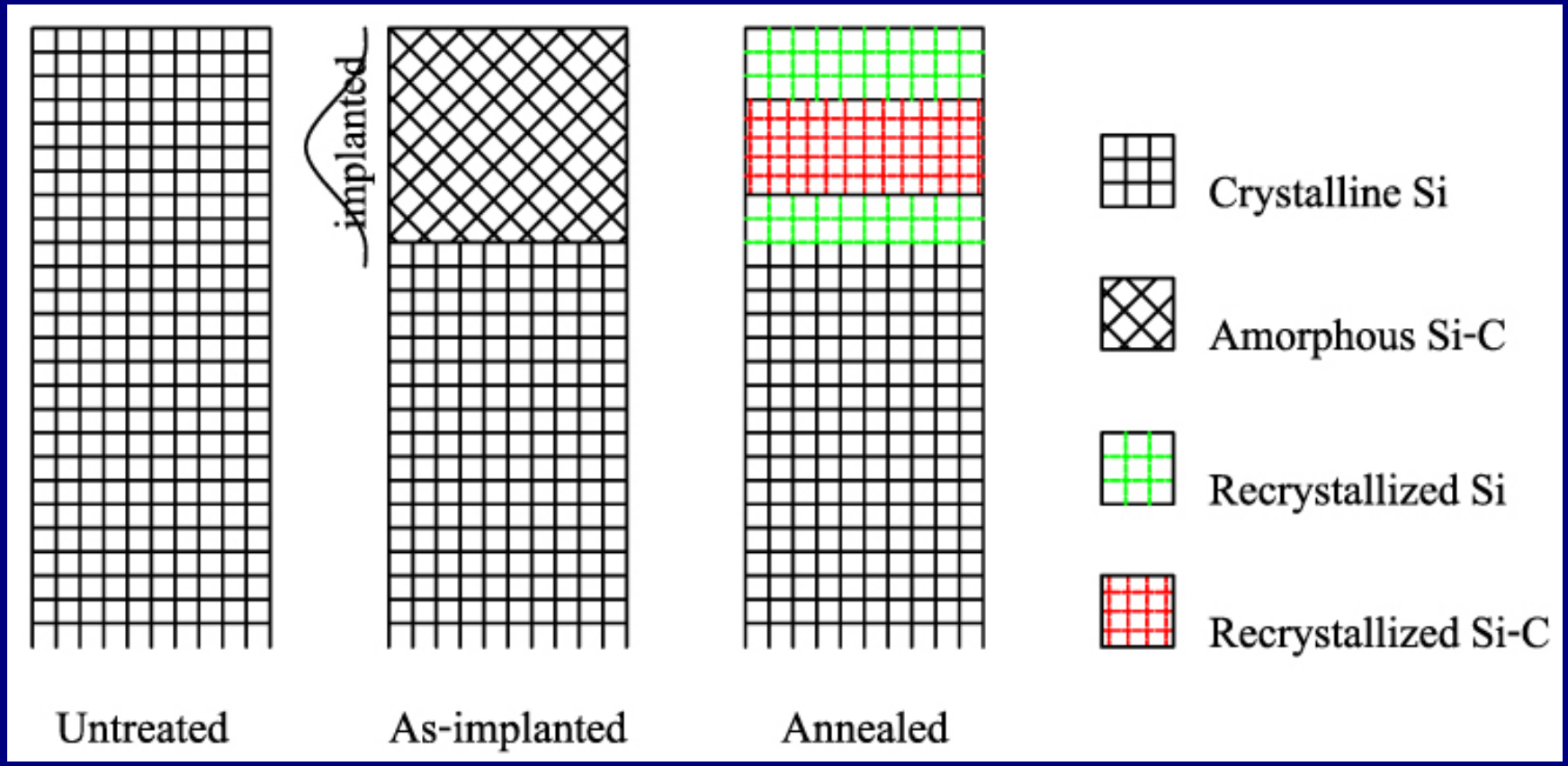
การกระจายตัวของอะตอมคาร์บอนในซิลิกอน และลักษณะของ damage ที่เกิดขึ้น

SIIMPL – simulation program



การกระจายตัวของอะตอมคาร์บอนในซิลิกอน และลักษณะของ damage ที่เกิดขึ้น

Model



แบบจำลองแสดงการ re-crystallization ของซิลิกอนคาร์ไบด์ในซิลิกอน

สรุปผลการทดลอง

- ประสพความสำเร็จในการสังเคราะห์ชั้นซิลิกอนคาร์ไบด์ในซิลิกอน
- รู้กลไกการฟอร์ม phase ในระหว่างการฝังคาร์บอนไอออนด้วยโดสสูง ($>10^{17}$ ions/cm^2)
- รู้ถึงผลของ thermal annealing ที่มีต่อการ re-crystallization ของซิลิกอนคาร์ไบด์
- ได้ตัวแปรที่จะทำให้สามารถสังเคราะห์ซิลิกอนคาร์ไบด์ที่มีผลึกที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) สำหรับการติดตั้งและพัฒนาเครื่อง Varian ion implanter, สภาวิจัยแห่งชาติ สำหรับการพัฒนาต่อเติมเครื่องแทนเดมแทนเดอตรอน และ ศูนย์ไทยไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC) สำหรับแผ่นซิลิกอนเวเฟอร์

ผู้เขียนหลัก (เสวต อินทรศิริ) ขอขอบคุณ International Programme in the Physical Sciences (IPPS) และ ห้องปฏิบัติการอังสตรอม ของมหาวิทยาลัยอุฟซาล่า ประเทศสวีเดน ในการช่วยส่งเสริมและเปิดโอกาสให้เข้าร่วมวิจัยเป็นเวลากว่า 1 ปี และโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก สำหรับการสนับสนุนการศึกษาระดับปริญญาเอก

ขอบคุณครับ !

นายเสวต อินทรศิริ

ที่ทำงาน: สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

E-mail: saweat@fnrf.science.cmu.ac.th