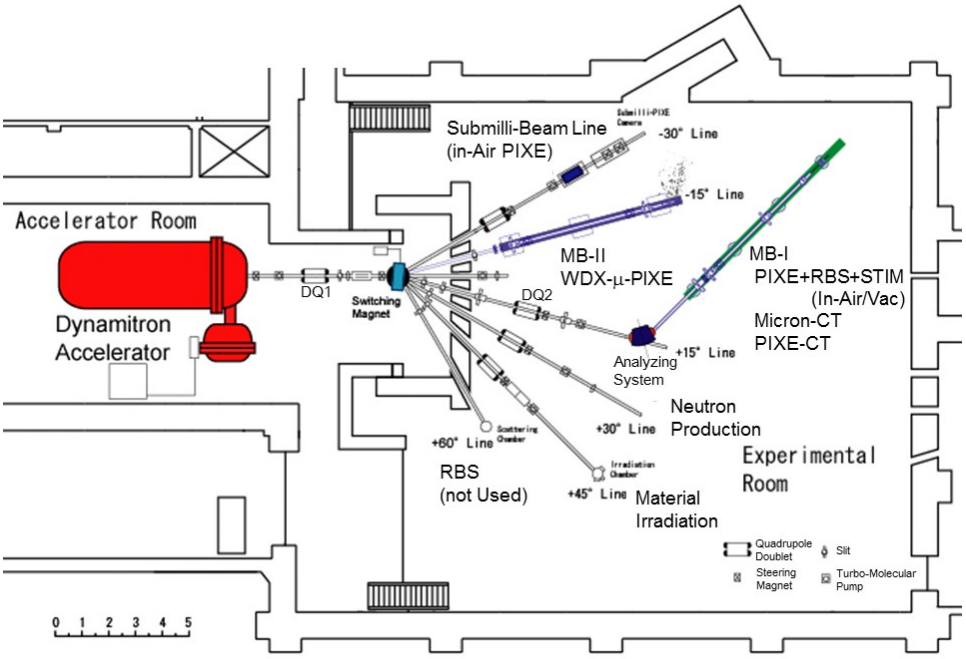
サブミクロンイオンビーム分析装置の開発と応用

Development and Application of Submicron Ion Beam Analysis System

東北大院　○松山成男，三輪美沙子、遠山翔、菊池洋平、
Tohoku Univ.[1], Shigeo Matsuyam, Misako Miwa, Sho Toyama, Yohei Kikuchi
E-mail: shigeo.matsuyama.a5@tohoku.ac.jp

高エネルギーマイクロビームは、様々な分析手法と組み合わせることにより、強力な分析ツールとなる。東北大学では、生体試料の微小領域のサブミクロンの分解能での分析を目指したマイクロビームシステムの開発を行ってた。本システムは、1mm^2 以下の領域において 1μm^2 以下の分解能で、真空中/大気中 PIXE,RBS,STIM,SEM 分析が可能で、種々の分野において応用してきた[1,2]。本システムは、400nm の分解能を達成したものの、加速器の輝度が十分ではなく電流値が 20pA 程度と少ないため、実際の分析は 1μm 程度の分解能でしか行うことができなかった。そこで、サブミクロンの分解能での分析を目指し、加速器のイオン源・加速管の更新を行うとともに、電圧安定度の向上をはかり、数 100nm の分解能での分析と、～1μm での分解で数 nA の電流を目指してきた。本マイクロビーム分析システムは、チャンバーの本体を変更することなく PIXE をはじめとする種々の実験に対応可能なように設計してあるため、最短のセットアップ変更時間で種々の実験に対応できる。しかしながら応用が進むにつれ、セットアップの変更時間が無駄になってきた。そのために高分解能 PIXE システムを導入することになったのに合わせ、新たにマイクロビームラインを開発するとともに、ビーム調整の時間を最小にするために自動ビーム収束システムを開発した。東北大学のマイクロビームシステムを図に示す。

マイクロイオンビームよる分析においては、RBS 法をのぞいて、ビームパスに沿っての積分値となるため、基本的に 2 次元の分析となる。そのために 3 次元の元素分布に着目し、ミクロン CT を開発した[3,4,5,6]。ミクロン CT では、基本的に密度イメージングであるが、2 色の X 線を用いた差分法と組みあわせることにより、元素イメージングが可能となった。しかしながら、本手法は分解能の制限のため、試料の大きさが 80 ミクロン程度以上に限られ、また、多元素同時分析でない欠点があった。そこで 2 次元分析手法であるマイクロ PIXE と CT 法を組みあわせた 3D-PIXE 法が開発した。



参考文献
[1] S.Matsuyama et.al., International Journal of PIXE, 20, 1&2 (2010), 11-19
[2] S. Matsuyama, International Journal of PIXE, 25, (3 & 4) (2015) 153-185
[3] Y.Kawamura,et.al., International Journal of PIXE, 19, 1&2 (2009), 29-37
[4] S. Matsuyama et.al., International Journal of PIXE, 24, 1&2 (2014), 67–75
[5] S Ohkura et.al., X-ray Spectrometry, 40 (2011), 191–193
[6] S.Matsuyama et.al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 348 (2015), 123-126

© 2021年 応用物理学会