



การตรวจสอบวัตถุทางชีวภาพและทางการแพทย์โดยเทคนิคการถ่ายภาพดาร์กฟิลด์ด้วยรังสีเอกซ์
**INVESTIGATION BIOLOGICAL AND MEDICAL SPECIMEN USING X-RAY
 DARK FIELD IMAGING**

วันวิสา พัฒนศิริวิสา¹, ฮิโรชิ สุกิยามา^{2,3}, แอนทอน มาสซิเมนโก², คาซึยูกิ เฮียวโด^{2,3} และ
 มาซามิ อันโด^{2,3,4}

Wanwisa Pattanasiriwisawa¹, Hiroshi Sugiyama^{2,3}, Anton Maksimenko², Kazuyuki Hyodo^{2,3}
 and Masami Ando^{2,3,4}

¹ National Synchrotron Research Center, Surapat 3 Build, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand.

² Department of Photon Science, School of Advanced Studies, Graduate University for Advanced Studies (GUAS), Shonan International Village, Hayama, Miura, Kanagawa 240-0193, Japan.

³ Photon Factory, Institute of Materials Structure Science, KEK, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan.

⁴ Department of Materials Structure Science, Institute of Materials Structure Science, GUAS, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan.

บทคัดย่อ: การถ่ายภาพดาร์กฟิลด์และไบรท์ฟิลด์ย่านรังสีเอกซ์ในเชิงเรขาคณิตแบบเลาเอได้ถูกสร้างขึ้น ในการถ่ายภาพได้ใช้ตัวทำแสงเอกรงค์สมมาตรแบบกรณิแบรกก์ซึ่งสะท้อนรังสีเอกซ์ที่มีไดเวอร์เจน 0.3 ไมโครเรเดียน ฉายผ่านวัตถุ และใช้ตัววิเคราะห์เชิงเรขาคณิตแบบเลาเอในการถ่ายภาพดาร์กฟิลด์ และไบรท์ฟิลด์ขึ้น เทคนิคการถ่ายภาพดาร์กฟิลด์เป็นเทคนิคที่ไม่ได้มีการนำเสนอมาก่อน นั่นคือเส้นสว่างที่อยู่ ส่วนกลางซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขของแบรกก์ได้ถูกกำจัดออกด้วยตัววิเคราะห์ผลึก และรังสีพื้นหลังที่เป็นสาเหตุทำให้ภาพไม่ชัดเจนจึงไม่ถูกบันทึกลงบนฟิล์ม แต่ในกรณีไบรท์ฟิลด์จะต้องบันทึกรังสีพื้นหลังที่ทำให้ภาพไม่ชัดเจนด้วย อุปกรณ์เชิงทัศนศาสตร์ย่านรังสีเอกซ์ประกอบด้วยแผ่นเวเฟอร์เลี้ยวเบนแบบกรณิทั้งสองของเลาเอ ทำงานที่พลังงาน 35 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ได้ประยุกต์ใช้วิเคราะห์สารตัวอย่างได้แก่ งาช้าง เขา ฟัน แมลง และ แบบจำลองมะเร็งเต้านม สำหรับภาพงาช้าง เขา ฟัน แมลงวัน และ มด มีรายละเอียดชัดเจนถึงโครงสร้างภายใน ส่วนภาพของแบบจำลองมะเร็งเต้านมนั้นก็ให้รายละเอียดดีเยี่ยม

Abstract: X-ray dark-field imaging (DFI) and bright-field imaging (BFI) in the Laue geometry has been successfully demonstrated. Using a Bragg-case asymmetric monochromator which produces an x-ray beam with a 0.3 μ rad divergence incident onto an object and a Laue geometry analyzer that can simultaneously provide DFI and BFI. The imaging technique of DFI is quite novel one that we did not have before in that the central bright line satisfying the Bragg condition is removed by the analyzer crystal and the background radiation obscuring the image of the object does not come to record film. This is not the case in BFI and the strong background radiation obscures the real image of the object. X-ray optics comprising two Laue case diffraction wafers working at 35 keV has been successfully applied to some biological samples such as ivory, tusk, horn, tooth and a phantom of breast cancer. Images of ivory and others have shown very clear and informative inside structure. All pieces of the breast cancer phantom provide us with very fine images to simulate cancer.

Introduction: An X-ray optics called 'Trinity' simultaneously capable of viewing three kinds of imaging, absorption contrast, phase contrast and refraction contrast is under development. It has been proven that the refraction contrast has a power of revealing clearly any fiber structure inside material unless otherwise not clearly visible by any other techniques in X-ray region. If only refraction contrast is appreciated among the above three contrast the X-ray optics 'Trinity' can be simplified to an 'Owl' which involves a monolithic X-ray optics comprising two wafers with certain thickness that splits the forward diffracted O-wave with almost no intensity and the diffracted H-wave with full intensity. Nevertheless the forward diffracted O-wave has high potential capability of receiving scattered and refracted signal from samples. After that it is consider using only plane parallel analyzer. Only one blade is used because only two images, bright and dark field images, are present. This is contrasted to case of the Owl optical system where three images bright field image, dark field image and phase contrast image are present. This is inconvenient. In this paper visual application of this technique is shown; one elephant tusk that are highly appreciated as a seal and its related specimens in use as substitute of ivory and second a phantom of breast cancer as a candidate of medical application of the above X-ray optics.

Methods: First in order to collimate monochromatic X-rays and to expand the beam cross section a collimation crystal with asymmetry geometry which receives monochromatic X-rays from the double crystal monochromator at the beamline has been properly aligned. Further the 'Owl' which comprises a monolithic X-ray optics has been installed. A specimen has been put into a channel in between two wafers of the 'Owl'. After that parallel analyzer is replace 'Owl' and take image using x-ray film.

Results: The internal structure of hard ivory (a) shows very periodic lines, while soft ivory and mammoth tusk shows less regular lines compared with (a). The latter even shows further additional structure with which one distinguish clearly. Dutch water buffalo (d) has many trees like structure in the center. Sperm whale (e) and Hippo (f) shows slant lines extending from edge to center. The slant lines in hippo are smoother than sperm whale. X-ray pictures of breast phantom showed very clear inner images of three kinds of inclusions such as fibers, speck and discs in all fifteen pieces.

Conclusion: This technique has been successful enough for visual observation biological samples such as ivory, tusk of mammoth, horn of Dutch water buffalo, teeth of sperm whale, teeth of hippo and breast cancer phantom as medical sample. Image of ivory and others is very clear image and easy to distingue including soft and hard ivory. Image of each piece of breast cancer phantom show good contrast; some of them have not been visible by an ordinary technique.

References:

- (1) Ando M, Sugiyama H, Zhang X, Hyodo K, Maksimenko A and Pattanasiriwisawa W (2001) *Jpn. J. Appl. Phys.*, **40**, L298-L301.
- (2) Ando M, Sugiyama H, Maksimenko A, Pattanasiriwisawa W, Hyodo K and Zhang X (2001) *Jpn. J. Appl. Phys.*, **40**, L844-L846.
- (3) Ando M, Hyodo K, Sugiyama H, Maksimenko A, Pattanasiriwisawa W, Mori K, Roberson J, Rubenstein E and Tanaka Y (2002) *Jpn. J. Appl. Phys.* **41**, p 4742-4749.
- (4) Ando M, Maksimenko A, Sugiyama H, Pattanasiriwisawa W, Hyodo K and Uyama C

- (2002) *Jpn. J. Appl. Phys.* **41**, L1016-L1018.
- (5) Pattanasiriwisawa W, Sugiyama H, Hyodo K, Maksimenko A, Muratsu S and Ando M (2001) *JSBB* **3B-1**, 105-110.
- (6) Ando M, Hashimoto E, Hashizuke H, Hyodo K, Inoue H, Ishikawa T, Kunisada T, Maksimenko A, Pattanasiriwisawa W, Rubenstein E, Roberson J, Shimao D, Sugiyama H, Takeda K, Ueno E and Wada H (2004) *Nuclear Science and Techniques*, **15-3**, 123-133.
- (7) Ando M, Yamasaki K, Toyofuku F, Sugiyama H, Ohbayashi C, Li G, Pan L, Jiang X, Pattanasiriwisawa W, Shimao D, Hashimoto E, Kimura T, Tsuneyoshi M, Ueno E, Tokumori K, Maksimenko A, Higashida Y and Hirano M (2005) *Jpn. J. Appl. Phys.*, **44**, L528-L531.

Keywords: x-ray imaging, breast phantom, ivory

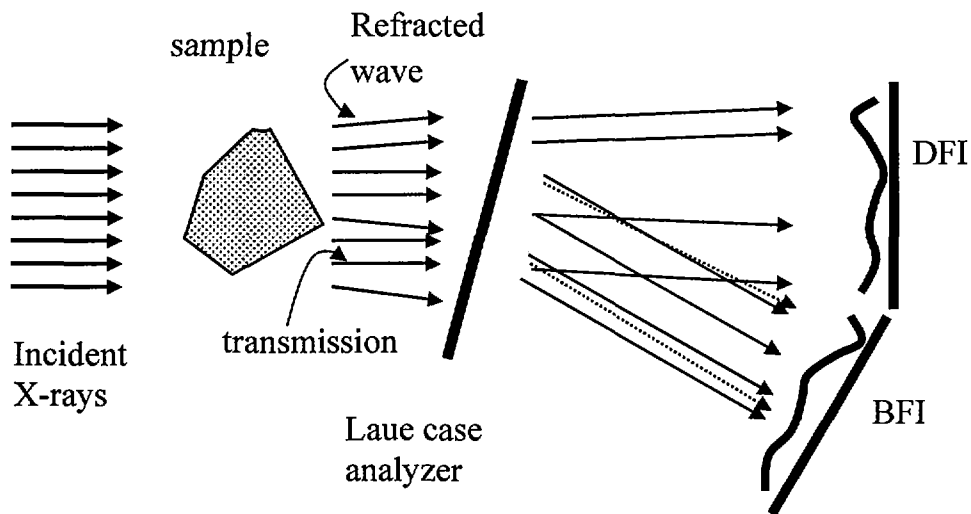


Fig. 1 Basic layout of optical elements in the dark filed imaging of x-rays.

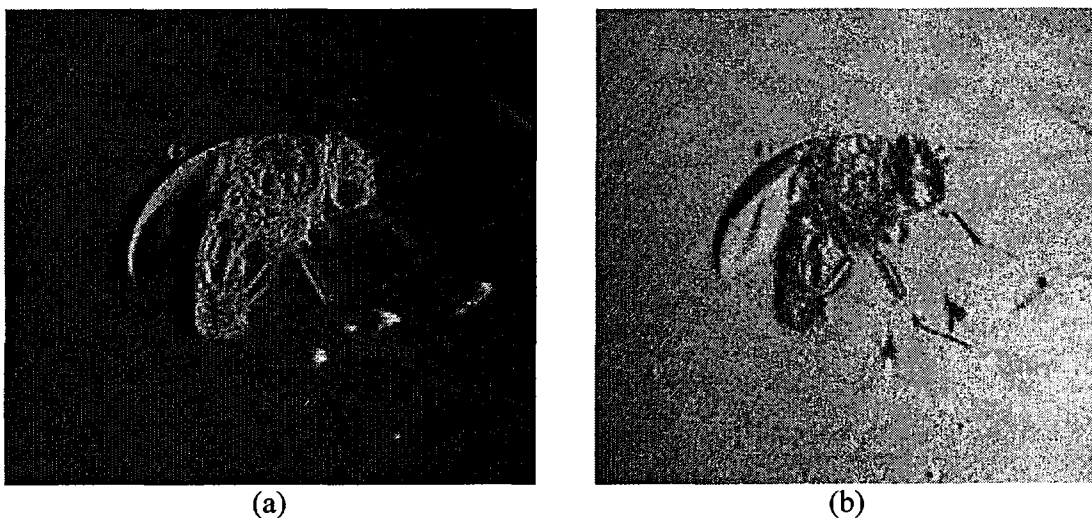


Fig. 2 (a) Dark-field images and (b) bright-field images of a fly in polymethymethacrylate. The cross section of the x-ray beam is 5 mm x 5 mm. Exposure time using a nuclear plate was approximately 60s. The dark-field images (a) have almost no background.