

플라즈마화상 계측 시스템에 있어서의 시준기특성의보정

Correction of Collimator Aperture in Plasma Image Measurement System

백 승 권*, 하 영 선**, 윤 상 호***
(Paek Seung Kuon, Ha Young Sun, Yoon Sang Ho)

요 약

플라즈마화상 계측 시스템에 있어서, 단층화상의 화질이 떨어지는 문제점 중의 하나로써 검출기의 시준기특성이 있다. 이것은 시준기가 길이를 가진 형태이기 때문에 생기는 것으로써, 화상에서는 천이변형의 왜곡으로 나타난다. 본 논문에서 보정법으로 측정데이터를 공간주파수상에서, 천이불변형태로, 디콘볼루션하는 방법을 제시하고, 시준기의 각도를 파라메타로 해서, 플라즈마 계측에 의한실제의 데이터에 그 보정법의 유효성을 검증하였다.

Abstract

In plasma image measurement and control system, one of the distortions of a reconstructed image is related to a collimator system. The distortion, which has a shift-variant property, is caused by a geometrical structure of the collimator. We developed a correction method considering this property. The correction is performed in the frequency domain. The conception of the correction method is that the blurring function is defined at the circular position of the polar coordinate in the frequency domain. The cyclic deconvolution of projection data with the shift-variant blurring function is effective to remove the distortion. In the paper, we considered the effect of aperture angle. The applicability to practical studies was discussed.

1. 서 론

플라즈마화상 계측은 플라즈마 현상에서 방출되는 전자파를 방전관에서 떨어진 곳에서서 광화이버 센서를 사용해서 플라즈마 단

층면을 영상화하는 방법이다.

방전관에서 방출되는 전자파는 검출기에 대해 여러 방향으로 부터 들어오기 때문에, 이렇게 검출된 투영데이터를 가지고는, 투영 단층 이론⁽¹⁾⁽²⁾에 적용할 수 없다. 전자파를 한방향으로 하기 위해서 검출기 앞에 시준기를 붙인다. 그러나 일반적으로 시준기는 일정한 길이를 가진 형태를 하고 있어 그 기능은 불완전하다. 즉, 전자파가 한방향으로 들어오는 것이 아니고, 한정된 각도

* : 인제대학교 전자공학과

** : 대림전문대학 전기공학과

*** : 유한공업전문대학 전기공학과

接受日字: 1993年 3月 16日

범위내에서 들어오기 때문에 투영데이타는 검출기에 가까운 곳은 공간적으로 좁게, 먼 곳은 넓게 존재 하는 전자파의 정보를 반영하게 된다. 그림 1에서 검출기에서 방향과 거리에 의존하는 것에 따라, 영상화했을 경우 화상의 위치에 따라 다르게 화상이 왜곡되는 현상이 생긴다. 이것은 시준기의 영향에 의해서 위치에 의존한 천이변형 화상으로 나타난다. 종래의 방법은 시준기영향이 천이불변적으로 가정해서 보정하는 방법⁽³⁾이 있었다. 그러나 위치에 따라 다르게 왜곡되는 화상을 위치에 의존되지 않는 화상으로 보정하기 위해서 새로운 보정법을 개발하였다. 그리고 실용적인 유효성을 검토하기 위해, 실제의 플라즈마화상 계측 시스템에서 얻어진 투영데이타에 본 논문에 제시한 보정법을 적용하였다.

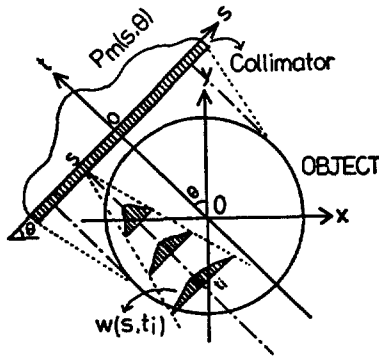


그림 1 시준기 구멍의 영향
Fig. 1 The effects of collimator aperture.

2. 위치의존성을 고려한 시준기의 보정법

그림 2에서, 시준기의 영향을 받은 투영데이타 $P_m(S, \theta)$ 와 이상적인 투영 데이타 $P_i(S, \phi)$ 의 관계는 (1)식과 같이 적분형으로 표현된다.

$$P_m(S, \theta) = \int_{-\phi}^{+\phi} P_i(S \cos \phi + L \sin \phi, \theta - \phi) d\phi \quad (1)$$

여기서 L 은 투영데이타의 회전 중심부터 검출기까지의 거리, $\omega(\phi)$ 는 시준기의 영향을 표현하는 함수, ϕ 는 전자파의 검출기에 대

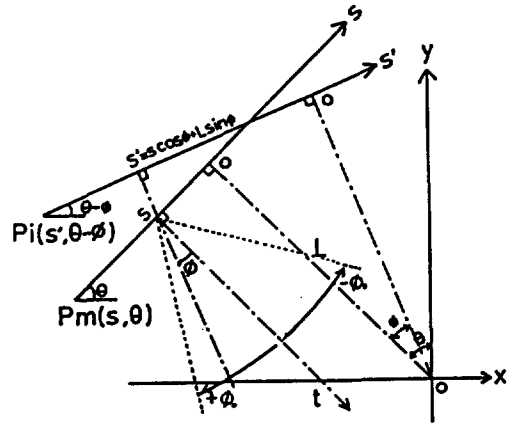


그림 2 이상적 투영데이타와 시준기 구멍의 영향을 받은 투영데이타와의 관계

Fig. 2 The relation between an ideal projection and an actual one observed under the existence of the aperture effect

한 각도이다. (1)식의 S 축에 관한 푸리에 변환이 $\cos \phi = 1$ 을 만족하는 범위에서

$$P_m(\xi, \theta) = \int_{-\phi}^{+\phi} P_i(\xi, \theta - \phi) H(\xi, \phi) d\phi \quad (2)$$

$$H(\xi, \phi) = \omega(\phi) \exp(j\xi L \tan \phi) / \cos \phi \quad (3)$$

가 된다. $P_m(\xi, \theta)$ 은 측정 데이타의 푸리에 변환, $P_i(\xi, \theta)$ 은 이상적인 투영데이타의 푸리에 변환이다. $P_m(\xi, \theta)$ 는 주파수 ξ 마다 천이불변적인 시준기 영향함수 $H(\xi, \phi)$ 를 $P_i(\xi, \theta)$ 에 콘볼루션한 형태로 된다. 따라서 주파수마다 $P_m(\xi, \theta)$ 를 각도방향에 대해서 $H(\xi, \phi)$ 로 디콘볼루션하고, ξ 에 대해서 푸리에역 변환하여, 시준기영향이 제거된 투영데이타를 얻는 것이 가능하다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 시스템 과 실험조건

본 보정법의 유효성을 플라즈마화상 계측 시스템을 사용하여 검토하였다. 그림 3에서

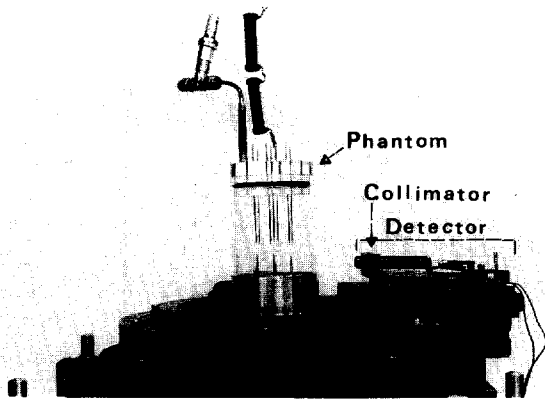


그림 3 데이터 수집 시스템
Fig. 3 The data collection system

중앙부에 플라즈마 현상을 고정하여, 그 주위를 검출부가 팬빔 형식으로 데이터를 수집하면서 회전하는 구조로 되어있다. 플라즈마 현상은 전극간의 거리가 5mm의 텅스텐선 전극을 가진 방전관(그림 4)을 이용하였다. 방전조건은 방전관내의 압력을 250 Torr, 방전전압을 DC 2500[V],전극수를 4개로하였다. 팬빔 데이터는 시준기의 회전 각도가 0.75도씩 64방향으로 움직이고, 투영 데이터수는 360도에 대해서 128 이다. 플라즈마 방전관 중심과 검출기면과의 거리는 90mm이다. 시준기는 그림 5와 같이 원형 파이프의 중앙에 직경 200 μ m의 광화이버 센서를 설치하고, 앞부분에 0.5mm간격의 Slit를 접착하였다. 시준기각도는 수평방향에 대하여 13도가 된다.

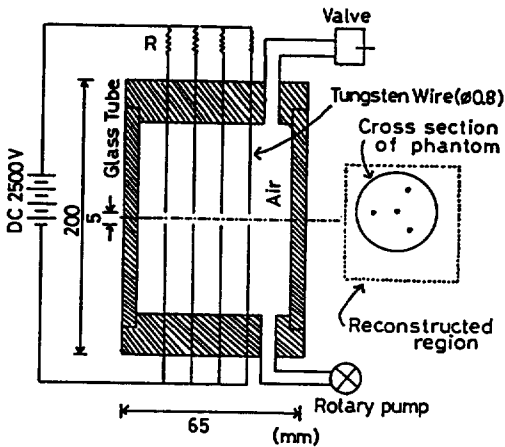


그림 4 실험장치의 단면도
Fig. 4 The cross sectional view of the experimental apparatus

3.2 실험결과

보정법으로 얻어진 결과를 그림 6에 제시

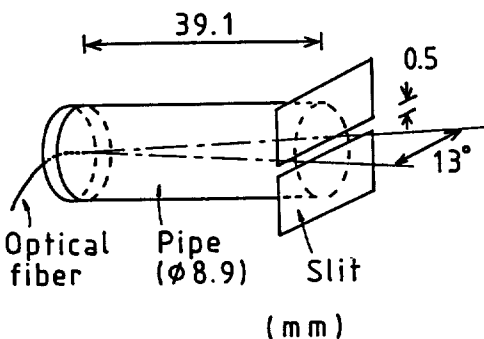


그림 5 시준기
Fig. 5 The collimator

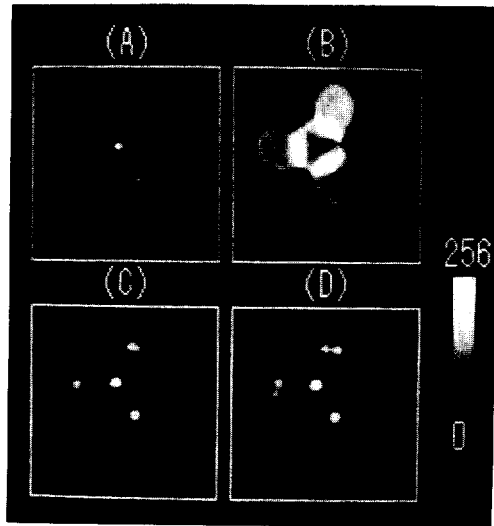


그림 6 보정된 이미지상
Fig. 6 Reconstructed images

한다. 그림 6(A)는 각도가 0.5도의 경우로 시준기의 영향을 거의 받지 않은 이상적인 투영데이터의 화상으로 콘볼루션법을 이용하고 있다. 그림 6(B)는 각도 13도의 시준기를 이용한 화상으로 보정을 하지 않은 화상이다.그림 6(C)는 본 논문에 제시한 보정

법으로 보정한 화상이다. 비교를 하기 위해 그림6(D)는 종래의 천이불변성 보정법으로, 화상중심에 방사원 한점을 놓고서, 계산되어진 함수로 디콘볼루션하여 얻어진 화상이다. 그림6은 각각의 화상값을 256단계로 양자화해서 표시하고 있다. 화질의 평가를 하기 위해 화상의 제곱에 대한 평균치의 평방근 오차(R.M.S.E)로 표시하고, R.M.S.E는 시준기의 각도 0.5도의 화상에 대한 각각의 화상 오차로써 다음식에 의해 계산하였다.

$$R.M.S.E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{46} \sum_{j=1}^{46} A_0(i,j)}{\sum_{i=1}^{46} \sum_{j=1}^{46} A(i,j)^2}} - \frac{A(i,j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{46} \sum_{j=1}^{46} A(i,j)^2}} \Bigg|^2 (46 * 46)$$

여기서, $A_0(i,j)$ 는 각도 0.5도의 시준기를 이용한 경우의 화상, $A(i,j)$ 는 13도의 시준기를 이용한 경우의 화상이다.

3.3 고찰

실험결과에 대한 본 보정법의 유효성을 검토하면, 본 보정법 및 종래의 보정법은 투영 데이터상에서 시준기의 영향을 보정하지만 보정후의 화질은 많은 차를 보이고 있다. 본 보정법을 적용한 화상이 0.5도의 시준기를 사용한 경우에 가까운 것을 알 수 있다. 종래의 보정법은 전극에 대하여 2개로 방전하고 있는 것으로 보인다. 이것은 시준기에 의한 투영데이터의 영향을 화상의 중심을 대표로 해서, 전체의 투영데이터를 디콘볼루션하기 때문에, 이와 같은 화질상의 문제가 발생한다. 화상의 R.M.S.E은 보정을 하지 않았을 경우는 0.0268, 본 논문에 제시한 보정법의 화상은 0.0156, 종래의 보정법은 0.0181이다. 보정을 하지 않은 화상에 대한 본 보정법은 42%, 종래의 보정법은 32%로 감소하고 있다. 이들의 수치는 화상

전체에 대한 수치로, 화상주위에 발생하는 노이즈의 영향을 받는다. 본 논문에 사용하는 플라즈마화상 계측 시스템은 방전관에서 나오는 가시광을 받아서 투영데이터로 쓰기 때문에 S/N의 비는 좋은 상태이다. 그러나 양자잡음이 많은 데이터 시스템에 대해서도, 본 논문에 제시한 보정법을 검토할 필요가 있다고 생각된다.

4. 결론

플라즈마화상 계측 시스템에 있어서, 측정된 투영데이터는 측정시 검출기의 시준기의 영향을 받아서, 화질이 떨어지는 문제가 발생한다. 본 논문에서는, 화상의 보정법으로 시준기의 영향을 고려한 천이변형적인 보정법을 제시하고, 보정법을 플라즈마화상 계측 시스템을 이용한 실제의 데이터에 적용하여 보정법의 유효성을 검토하였다.

참고 문헌

- (1) L.A.Shepp and B.F.Logan; "The Fourier reconstruction of a head section", IEEE Trans. Nucl.Sci., NS-21.3. pp 21-43 (June 1974)
- (2) H.H.Barret and W.Swindell; "Analog reconstruction methods for transaxial tomography", Proc. IEEE. 65.1. pp. 89-107 (Jan.1977)
- (3) R.C.Hsieh and W.G. Wee; "On methods of three-dimensional reconstruction from a set of radioisotope scintigrams", IEEE Trans. Syst.Man Cybern., SMC-6.12. pp.854-862 (Dec. 1976)
- (4) M.Hino, T.Aono, M.Nakajima, S.Yuda; "Light emission computed tomography system for plasma diagnostics", Appl.Opt., 26.22. pp.4742-4746 (Nov.1987)
- (5) Tanaka E; "Quantitative Image Reconstruction with Weighted Backprojection for Single Photon Emission Computed Tomography. J Comput