

# 협대역 제거형 공간필터와 그의 응용

전 승 환

한국해양대학교 해사수송학과

## 1. 머릿말

공간필터법이라고 하는 것은, 2차원적 또는 3차원적으로 분포하는 어떠한 물리량(量)에 대하여, 하중이 가해진 적분을 공간적 병렬처리에 의해 구한 출력신호를 이용하여, 필요한 정보를 얻는 신호처리 수법이다. 예를들면, 이동속도 계측의 경우<sup>(1)</sup>, 대상의 표면 패턴이 지닌 불규칙적인 얼룩을 slit列로서 구성된 공간필터에 의해 관찰하면, 대상의 속도에 비례한 주파수 성분을 지닌 신호가 얻어진다. 이것은 slit列의 핏치에 대응하여 선택하는 공간 주파수가 결정되는, 「협대역 통과특성」을 지닌 공간필터가 구성되기 때문이다.

본 연구에서는, 이 「협대역 통과특성」과 상반하는 특성으로서 「협대역 제거특성」을 생각하고, 대상이 지니고 있는 특정한 공간주파수성분을 제거하는 것이 가능한 협대역 제거형 공간필터를 제안한다. 아울러, 그의 응용으로서 대상이 주기적인 공간패턴을 하고 있는 경우, 이에 의해 생기는 공간주파수성분을 제거하고, 대상에 흠(결함)이 생겼을 때만이 출력 신호가 나타나게 함으로서 흠(결함)검출을 하는 방법에 관하여 검토한다.

## 2. 협대역 제거형 공간필터의 원리

### 2.1 필터의 구성

Fig.1에 나타낸 바와 같이, 동일한 크기의 slit를 평행하고 주기적으로 배열하고, 각 slit출력에 일정한 하중을 전기적으로 가한다. 이와 같은 구성에 의한 필터링 특성은, slit列의 핏치에 의해 결정되는 특정한 공간주파수만을 통과시키는 특성이 된다. 다음으로, 한 가운데의 單slit에는 slit列의 하중치의 총합과 같은 크기의 전기적 하중을 가한다. 이 單slit는 저역통과 필터링특성을 지니며, 이 單slit와 slit列의 差動구성에 의해 협대역 제거형 공간필터가 실현된다. 또한, 정부(正負)양쪽의 하중치의 합이 같으므로 직류성분이 제거되는 신호가 얻어진다.

Fig.2는 협대역 제거형 공간하중함수를 보여 주고 있다.

### 2.2 필터링 원리

협대역 제거형 공간필터의 특성에 관하여 검토한다.

하중함수를  $h(x,y)$ 로 표시하면, 이 하중함수는 (1)식과 같이 쓸 수 있다.

$$h(x,y) = h_x(x) \cdot h_y(y) \quad (1)$$

여기서,  $h_x(x)$ 는 x방향의 공간적 하중함수이며,  $h_y(y)$ 는 y방향의 공간적 하중함수이다.

$h(x,y)$ 의 공간영역에서의 2차원 Fourier 변환  $H(\mu,\nu)$ 는,

$$H(\mu,\nu) = \int_0^L dy \cdot \int_0^X dx \cdot h(x,y) \cdot \exp(-j2\pi(\mu x + \nu y)) \quad (2)$$

로 쓸 수 있으며, 여기서 (2)식의 절대치의 제곱을 하면,

$$|H(\mu,\nu)|^2 = (LNW)^2 \cdot \left\{ \frac{\sin(\pi\nu L)}{(\pi\nu L)} \right\}^2 \cdot \left\{ \frac{\sin(\pi\mu W)}{(\pi\mu W)} \right\}^2 \cdot \left\{ 1 - \frac{\sin(\pi\mu PN)}{N \sin(\pi\mu P)} \right\}^2 \quad (3)$$

단,  $\mu, \nu$  : 각각  $x, y$ 방향에 대한 공간주파수,  
 $L, X$  : 각각  $x, y$ 방향에 대한 공간필터의 길이,  
 $N$  : Slit의 총수로서 기수(奇數),  $P$  : Slit의 핏치,  
 $W$  : Slit의 폭

가 된다.

$L$ 이 어느 정도 이상 클 경우,  $\nu = 0$ 의 부근에서만 (3)식의 2번째 항이 큰 값을 가지게 되며, 그 외에서는 조그마한 값을 가지게 되므로<sup>(1)</sup>, (3)식은 (4)식 또는 (5)식으로 고쳐 쓸 수 있다.

$$|\tilde{H}(\mu)|^2 = L(NW)^2 \cdot \left\{ \frac{\sin(\pi\mu W)}{(\pi\mu W)} \right\}^2 \cdot \left\{ 1 - \frac{\sin(\pi\mu P)}{N \sin(\pi\mu P)} \right\}^2 \quad (4)$$

$$= LW^2 \cdot \left\{ \frac{\sin(\pi\mu W)}{(\pi\mu W)} \right\}^2 \cdot \left\{ \sum_{n=0}^{N-1} 2(1 - \cos(2\pi\mu Pn)) \right\}^2 \quad (5)$$

따라서 협대역 제거형 공간필터의 필터링특성은 (4)식 또는 (5)식에 의해 나타낼 수 있다.

### 2.3 필터링 특성

(4)식의 각성분에 대하여, 그 특성을 그래프로 나타낸 것이 Fig.3이다. 첫번째항의 성분은 정수(定數)이고, 2번째항은 곡선 ①에서 보이는 바와 같이 저역통과필터의 특성을 지닌다. 3번째항의 후부는 협대역 제거형 필터의 특성(곡선②)을 지니며, 이 특성을 1에서 뺀 후 저역통과형 필터의 특성을 곱한것이 곡선③으로서, 협대역 제거형특성을 나타내고 있다.

Fig. 4는  $|\hat{H}(\mu)|^2 / L(NW)^2$ 을 파라미터 N과 W의 값을 바꾸어가면서 나타낸 것이다. 이러한 각 파라미터는 측정대상의 고유한 성질에 따라 결정할 필요가 있다.

각 파라미터가 필터링특성에 미치는 영향에 대하여는 문헌(1)에 자세히 설명되어 있으므로 여기서는 생략한다.

#### 2.4 협대역 제거형 공간필터의 특성개선

공간필터법에서는 계측목적에 따라 신뢰성이 가장 높은 정보를 얻기 위하여 공간적 하중 함수를 설계할 필요가 있다. 예를들면, 협대역 통과형 공간필터의 경우 「공간하중의 최적치는 slit列의 중앙에서부터 하중함수의 포락선이 대칭적으로 점점 작아지도록 하는 하중이다」<sup>(2)</sup>라는 것이 알려져 있다. 협대역 제거형 공간필터는 單slit와 slit列의 差動구성으로 실현된다는 것을 고려한다면, slit列이 위에서 언급한 포락선과 같은 하중치를 가지도록 설계하면 협대역 제거형 공간필터의 필터링 특성이 향상될 것으로 예상된다. 이러한 형태를 지닌 함수로서는 여러가지가 있으나, 여기서는 Hamming window함수를 slit列의 하중함수로서 이용하기로 한다. 이 경우 협대역 제거형 공간필터의 필터링 특성은 (6)식으로 나타낼 수 있다.

$$|\hat{H}(\mu)|^2 = W^2 \cdot \left\{ \frac{\sin(\pi\mu W)}{(\pi\mu W)} \right\}^2 \cdot \left\{ \sum_{n=0}^{N-1} M(n) \cdot 2(1 - \cos(2\pi\mu Pn)) \right\}^2 \quad (6)$$

$$\text{단, } M(n) = 0.54 + 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right)$$

파라미터 N과 W의 값을 바꾸어가면서,  $|\hat{H}(\mu)|^2 / L(QW)^2$ 를 그래프로 나타낸 것이 Fig. 5이다.

$$\text{단, } Q = \sum_{n=-(N-1/2)}^{N-1/2} M(n)$$

Fig. 5와 Fig. 4를 비교해보면,  $1/p$ 을 포함한 그 부근에서는 거의 같은 특성을 보여주고 있으나, 그외의 대역에서는 Hamming window함수를 이용한 쪽이 ripple이 적은 것으로 필터링특성이 개선된 것을 알 수 있다.

### 3. 협대역 제거형 공간필터를 이용한 흠(결함)검출

이 절에서는 협대역 제거형 공간필터법이 흠(결함)검출에 응용이 가능함을 시뮬레이션을 통해 검토한다.

우선 Fig. 6(i)과 같은 구조를 한 측정대상이 있다고 한다. 여기에 흠이 발생하였을 경

우, 측정대상이 본래 지니고 있는 주기적 패턴에 의한 신호를 제거시킬 수 있는 공간필터를 이용한다면, 흠(결합)에 의한 신호만이 남게 되어 이 파형을 분석함으로써 흠(결합)검출이 가능하게 된다.

이상의 흠검출 프로세스를 그래프를 이용하여 설명하면 다음과 같다.

먼저 Fig. 6(i)와 같은 모형의 측정대상이 있고, 여기에 가늘고 긴 單slit(Fig. 6(ii))를 이용하여 대상에 대하여 일정한 속도로 scan시키면, slit로부터는 Fig. 6(iii)와 같은 파형이 얻어지고, 이를 주파수 분석한 것이 Fig. 6(iv)이다. 그래프에서 알수 있듯이 직류성분을 포함한 기본공간주파수( $\mu_1$ )와 이의 고주파수가 나타나있다. 다음에 같은 대상에 Fig. 7(ii)와 같은 협대역 제거형 공간필터를 이용하면, 출력신호로서는 아무 파형도 나타나지 않는다(Fig. 7(iii)). 그러나, Fig. 8(i)와 같은 흠(결합)이 발생하였을 경우 Fig. 8(iii)와 같은 파형이 나타나며, 이를 주파수분석한 것이 Fig. 8(iv)이다. 이 두파형을 분석함으로써 흠(결합)검출이 가능하게 된다.

#### 4. 맺음말

본 연구에서는 협대역 제거형 공간필터를 제안하고, 아울러, 본 공간필터법은 주기적인 공간패턴의 대상에 발생한 흠(결합)검출에 유용한 것을 시뮬레이션에 의해 확인하였다.

#### 참 고 문 헌

- (1) 内藤, 狼, 小林 : 空間フィルタによる速度計測, 計測と制御, 7-11, 761/772 (1968)
- (2) 小林, 内藤 : 計測のための狭帯域通過型最適空間フィルタ, 計測自動制御學會論文集, 5-2, 142/149 (1969)

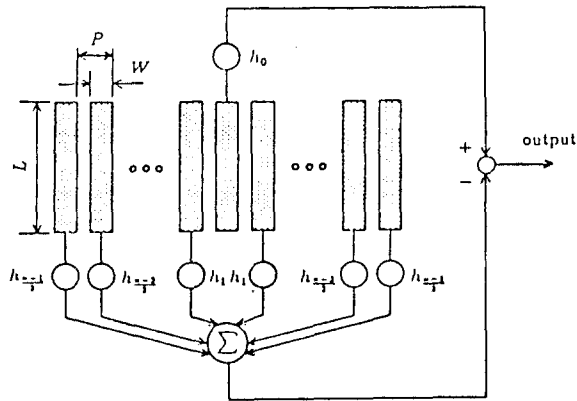


Fig. 1 협대역 제거형 공간필터의 구조

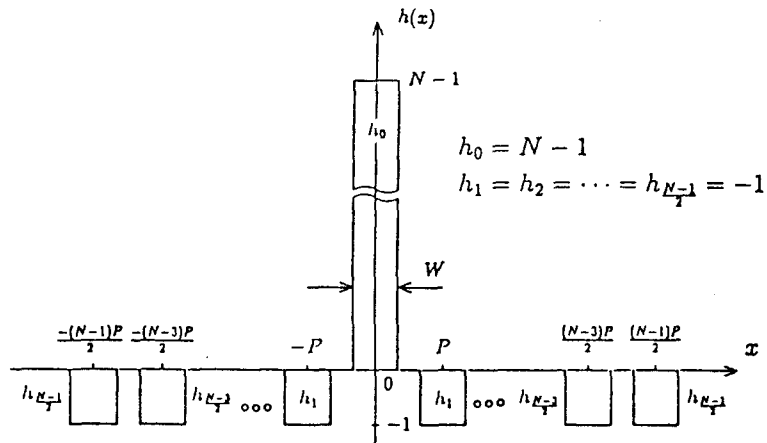


Fig. 2 공간적 하중함수

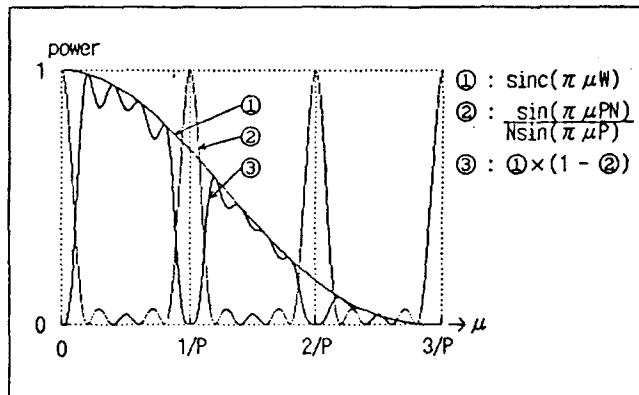
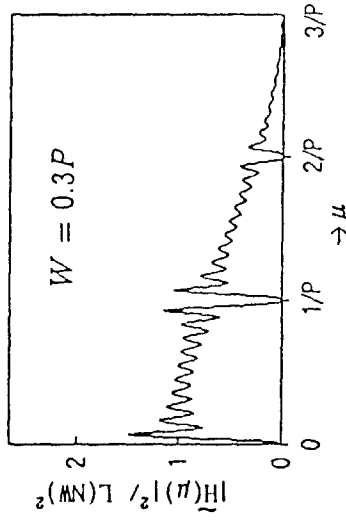
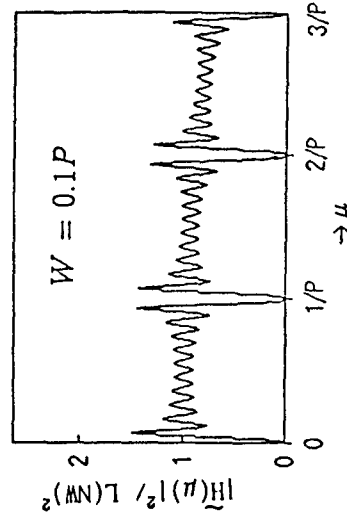
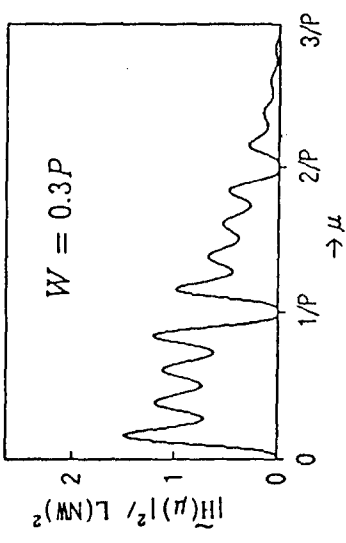
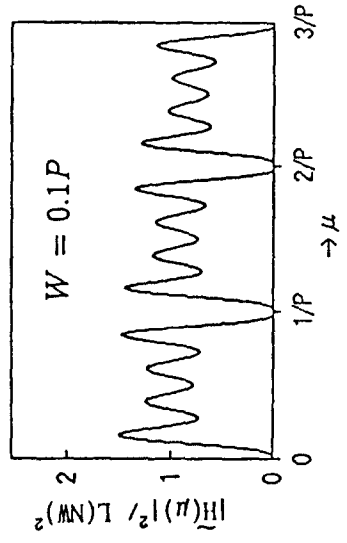


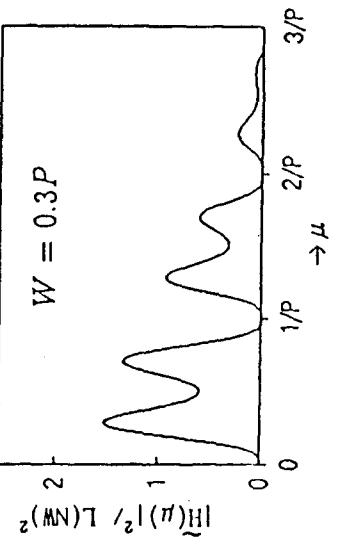
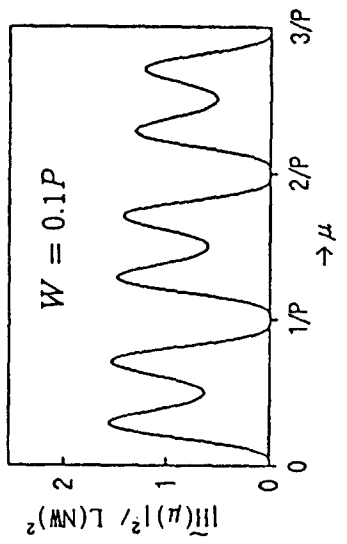
Fig. 3 협대역 제거형 공간필터의 구성



(c)  $N=21, P=1$



(b)  $N=9, P=1$



(a)  $N=5, P=1$

Fig. 4 필터링특성(1)

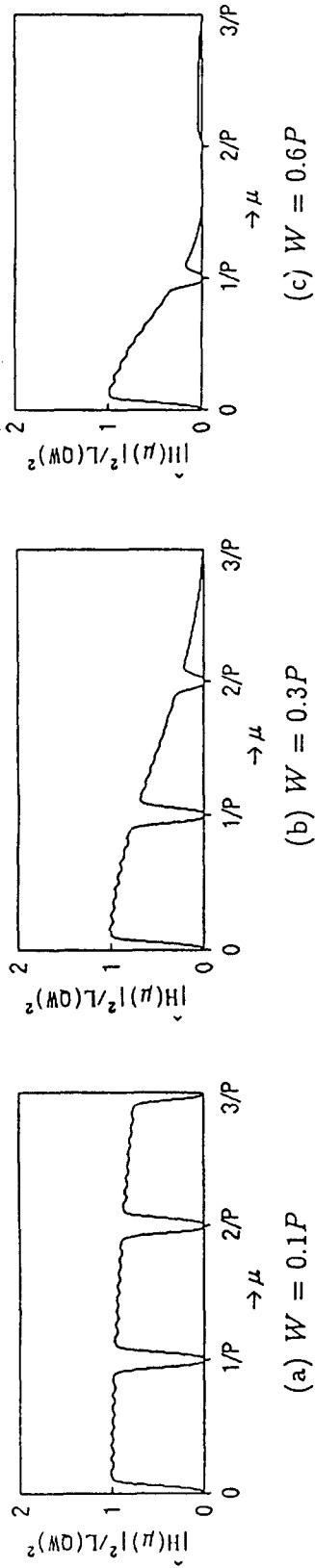


Fig. 5 필터링특성(2)

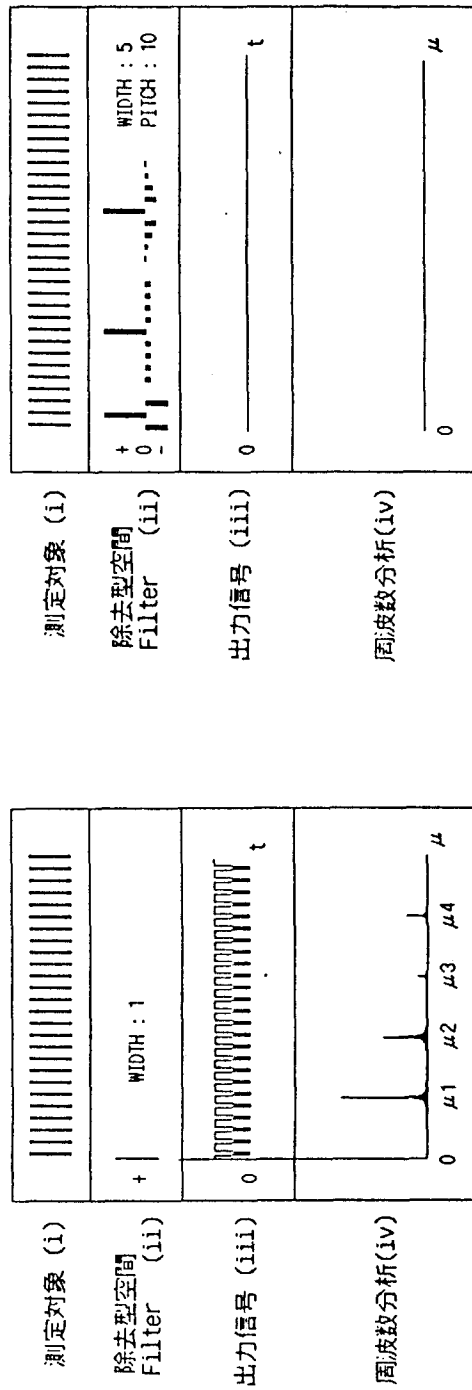


Fig. 6 측정대상의 고유공간주파수 검출

Fig. 7 음(결함)검출(1)

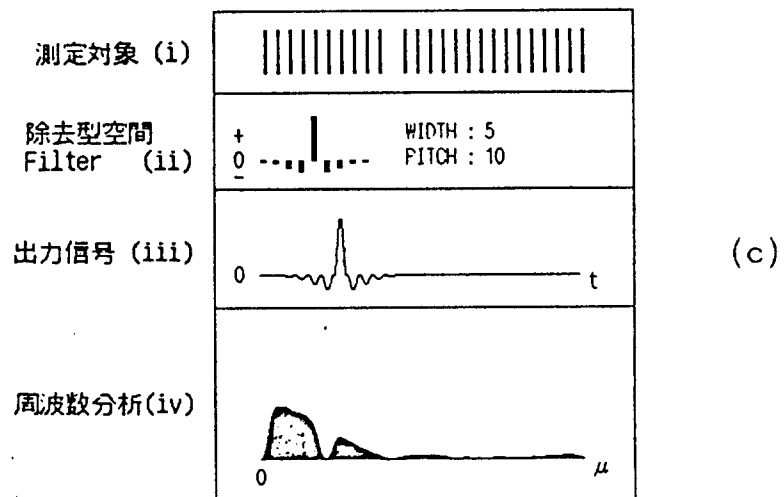
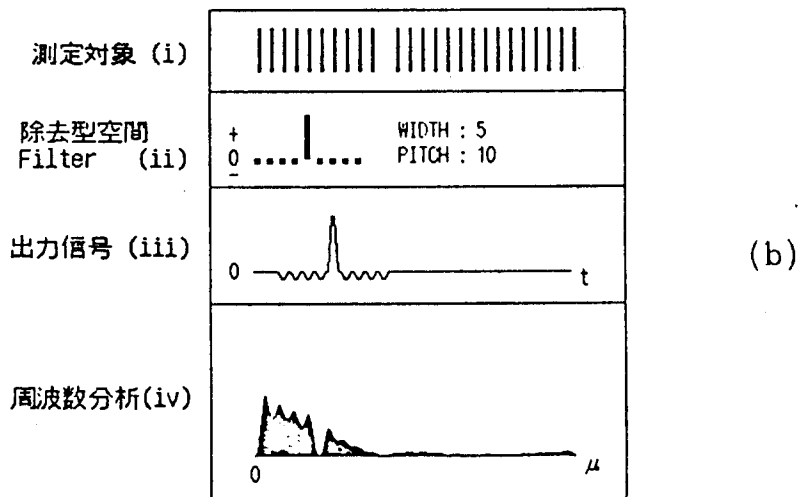
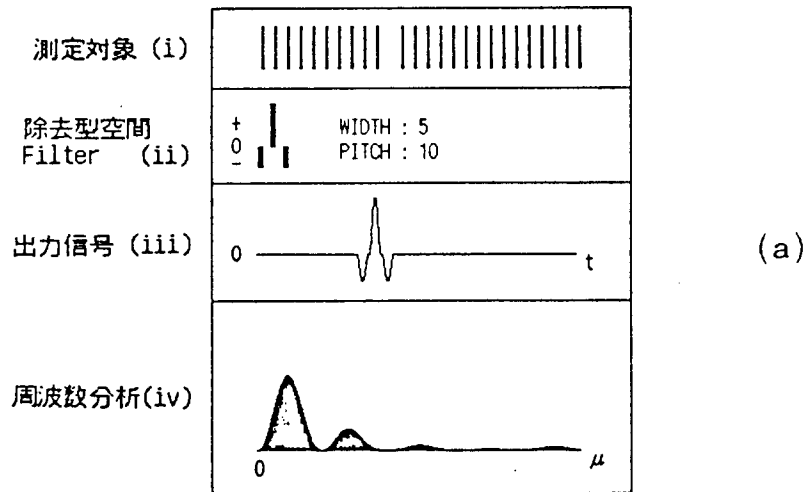


Fig. 8 흠(결함)검출(2)