

투영된 회전식 직선격자를 이용한 새로운 유속계 모델

이진철 · 조재홍[†] · 장 수 · 임천석

한남대학교 자연과학부 광 · 전자물리학 전공

Ⓣ 306-791 대전광역시 대덕구 오정동 133번지

(2001년 5월 11일 받음, 2001년 7월 19일 수정본 받음)

외부의 진동에 강하면서 시스템이 비교적 단순하도록 투과형 직선격자를 격자간격이 더욱더 좁은 부피격자로 축소하고 이를 회전시켜서 속도를 측정하는 새로운 유속계 모델을 제안하였으며, 이를 이용하여 chopper의 속도(V_{chop})를 측정하여 시스템의 정확도를 측정하였다. 그 결과 직각으로 배치된 두 광학계에서 투영된 직선 부피격자의 회전각을 각각 $\alpha=73^\circ$ 와 $\beta=81^\circ$ 만큼 회전시켰을 때, $V_{chop}=43.52\text{ cm/s} \sim 249.36\text{ cm/s}$ 에 대하여 0.5% 이하의 정확도로 속도를 측정하였다. 또한 두 광학계에서 측정된 속도 성분중 V_x 와 V_y 를 비교하여 이들이 같은지를 확인하여 이 새로운 유속계 모델의 신뢰도를 확인할 수 있었다.
분류코드 : SM.020, SM.030.

I. 서 론

유체의 유속을 측정하기 위한 방법으로 오래 전부터 기계적, 열적인 검출기가 많이 사용되어 왔으며, 그 대표적인 검출기로서는 정압과 동압을 검출함으로써 시간평균 유속을 산출하는 피토크관(pitot tube)과 순간 유속측정이 가능한 열선 유속계(hot wire anemometry)가 있다. 이 중에서 피토크관은 장치가 간단하고 유체의 유속을 정확하게 측정할 수 있어서 지금까지 폭넓게 사용되어져 왔지만, 주파수 응답(frequency response)과 공간분해능(spatial resolution)이 나쁘고, 이 측정장치에 의한 부가적인 유동장의 요동현상이 생기기 때문에 유체의 난류(turbulence)를 연구하는 분야에서는 사용하지 않고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 열선유속계가 뒤늦게 개발되어 유체의 교란을 연구하는 곳에서 여러해 동안 표준장비가 되어 왔다. 그러나 이 열선 유속계도 다음과 같은 근본적인 문제를 가지고 있다. 유체 속에 탐촉자(probe)를 삽입함으로써 생기는 물리적 교란을 피할 수가 없기 때문에 높은 정밀도의 유속측정이 어렵고, 따라서 피측정 대상유체와 유체속도의 측정범위에 제한을 받는다.^[1]

이러한 기계적 유속계의 단점을 보완하기 위하여 레이저를 이용한 레이저 도플러 속도계(Laser Doppler Velocimeter: LDV)와 입자 상 유속계(Particle Imaging Velocimeter: PIV)가 개발되었다.^[2,3] LDV는 단일점 측정으로 통계적 시간 평균에 의하여 알고 있는 거리의 시간 측정에 의한 속도를 측정하며, 분해능은 측정 체적의 크기로 수 μm 이다. 장점으로는 우수한 시공간 분해능, 빠른 반응 시간, 온도 및 압력에 무관하고 검출된 주파수 변화와 유속은 선형적이며, 단일점의 난류 측정에 용이할 뿐만 아니라 반복 유동에 용이하다는 것이다. 단점으로는 비정상류의 측정이 불가능하고, 전유동장의 순간적인

유동 형태를 볼 수 없으며, 시스템 구성은 비교적 복잡하며, 광의 간섭을 일정하게 유지해야한다는 어려움이 있고, 2차원이나 3차원 유속을 측정하기 위해서는 보다 복잡한 장치가 필요하며, 가격이 매우 고가이고, 전유동자의 측정 시간이 오래 걸린다는 것이다.^[4,5] 이러한 단점을 극복하고자 최근에는 반도체 레이저 광원의 되먹임 효과를 이용한 LDV가 제한된 범위 내에서 제안되고 있으나 아직 범용으로 사용되지 못하고 있다.^[6] 또한 밀봉형 CO₂ 레이저의 자체간섭을 이용한 레이저 속도계가 최근에 개발되기도 하였으나 외부의 진동에 여전히 민감하다는 단점이 있다.^[7] 이에 비해서 PIV는 한순간의 다점 측정으로 알려진 시간의 상변위 측정에 의한 속도를 측정할 수 있고, 공간 분해능은 두 번의 촬영시 소요되는 최대 상변위로 수백 μm 정도이다. 장점은 동시 다점 측정으로 비반복적 유동의 동시 포착, 유동의 재현성 확보, 측정 및 분석 시간 감소, 비정상 유동자의 2차원과 3차원 유동장의 속도 분포 계측으로 정량적인 유동을 가시화 할 수 있으나, 단점으로는 LDV에 비해 정밀도가 매우 낮다는 것이다.^[8]

본 논문에서는 이러한 LDV와 PIV의 단점들을 일부나마 제거하고 각각의 장점을 살릴 수 있도록 회전하는 부피격자를 사용한 새로운 유속계 모델을 제안하고자 한다. 이 방법은 LDV보다 훨씬 단순하게 2차원 및 3차원 속도를 측정할 수 있으며, LDV에서 필수적인 간섭현상을 이용하지 않으므로 백색광을 광원으로 사용할 수 있고, 이로 인하여 외부 진동에 강하고, 측정 시스템이 매우 단순해진다.

II. 이 론

회전하는 부피격자를 이용한 속도 측정법은 평면에 새긴 직선격자를 평행광으로 투영한 후, 이를 긴 초점의 결상렌즈로 결상하면 이 렌즈의 초점심도 내에서 부피격자가 생긴다. 부피격자는 평행한 원통형으로 근사할 수 있으므로 유동장내의

[†]E-mail: jhjo@mail.hannam.ac.kr

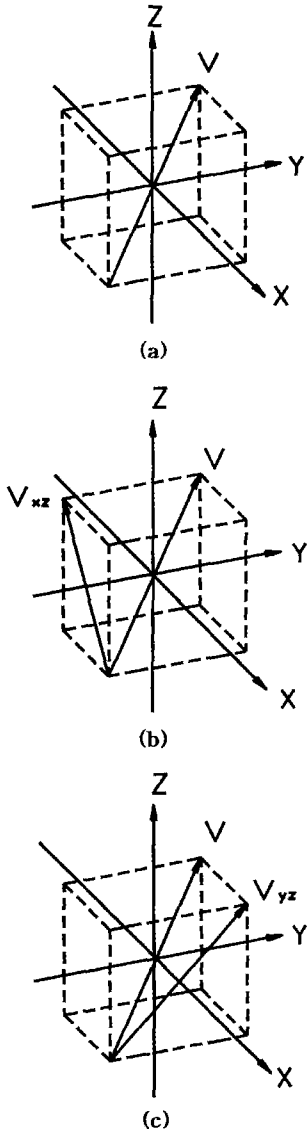


그림 1. 투영된 회전식 직선격자를 이용한 새로운 유속계의 좌표계 및 입자가 지나가는 방향. 속도 V 를 갖는 유동장내의 입자나 물체가 (a)처럼 3차원 상에서 지나간다고 할 때, (b)와 (c)처럼 V 는 Y-Z면과 X-Z면에 투영되어 이 방향으로의 속도성분인 V_{yz} 와 V_{xz} 인.

모든 부분에서 흐르는 유속을 측정할 수 있다. 직선격자의 격자간격만 알고 있으면 렌즈의 배율에 의해서 부피격자의 격자간격을 알 수 있다. 그러므로 유체와 같이 흐르는 미립자나 거품이 부피격자의 밝은 부분을 지나갈 때, 이 입자나 거품에 의하여 광이 산란하게 되므로 이 산란광을 검출하면 부피격자의 밝은 부분과 다음 밝은 부분을 지나갈 때의 주기를 알게 되고, 부피격자의 격자간격과 주기를 곱함으로써 유속을 알 수 있다.

속도 V 를 갖는 유동장내의 입자나 물체가 그림 1(a)처럼 3차원 상에서 지나간다고 할 때, 그림 1(b)와 (c)에서처럼 이 속도는 Y-Z면과 X-Z면에 투영되어 이 방향으로의 속도 성분인 V_{yz} 와 V_{xz} 를 갖는다. Y-Z면과 X-Z면에서 진행하는 속도성

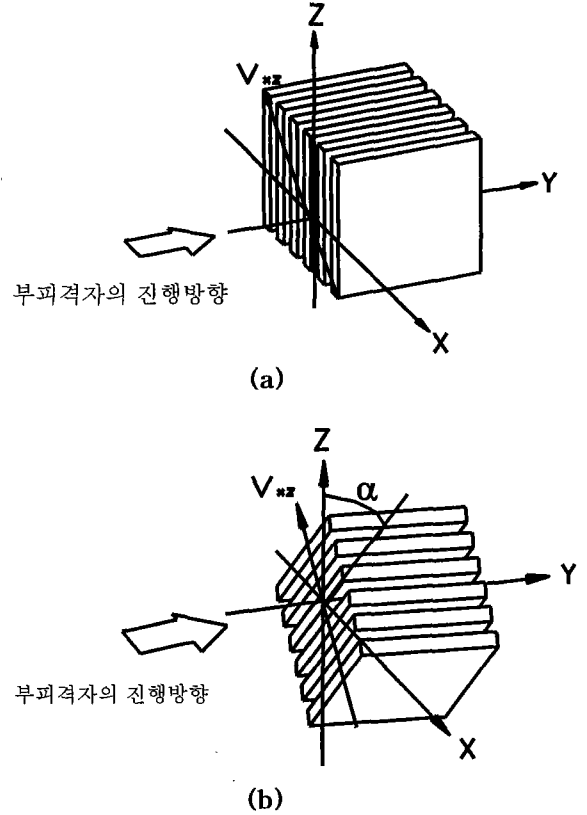


그림 2. (a) 부피격자의 방향 및 (b) 그림 1에서 보여준 V_{xz} 를 구하기 위한 부피격자의 회전각 α 의 방향.

분 V_{yz} 와 V_{xz} 를 구하기 위해서는 그림 2에서 보여주듯이 우선 입자나 물체가 직선격자로 만든 부피격자내의 X-Z면 상에서 V_{xz} 로 진행하고 있고 본다. 그러면 그림 2(a)에서와 같이 광속이 Y축을 따라 진행하여 축소된 부피격자가 X축에 수직하게 놓인 후, 그림 2(b)처럼 입자나 물체의 속도성분 V_{xz} 가 부피격자를 최단시간(t)에 지나가도록 Z축에 대하여 이 부피격자를 α 만큼 회전시켜서 V_{xz} 가 부피격자를 수직으로 지나가도록 한다. 그리고 부피격자 간격 d_2 는 선형격자를 제작하면서 선형격자 간격 d_1 을 알고 있으므로 두 렌즈의 초점거리(f_1 과 f_2)에 의해서 다음과 같이 간단한 기하광학적 관계를 이용한다면 축소된 d_2 를 구할 수 있게 된다.

$$d_2 = \frac{f_2 \times d_1}{f_1} \tag{1}$$

그러므로 그림 2(b)와 같은 배열에서는 V_{xz} 가 간단히 다음과 같이 된다.

$$V_{xz} = \frac{d_2}{t} \tag{2}$$

마찬가지로 입자가 Y-Z면상에서 속도 V_{yz} 로 진행된다면, 우선 그림 3(a)와 같이 부피격자를 Y축을 따라 수직하게 놓은 후, 앞서의 (2)식과 같이 이 속도성분으로 입자나 물체가 부피격자를 최단시간(t')에 지나갈 때까지 X축에 대하여 β 만큼 회전시킨다. 그러면

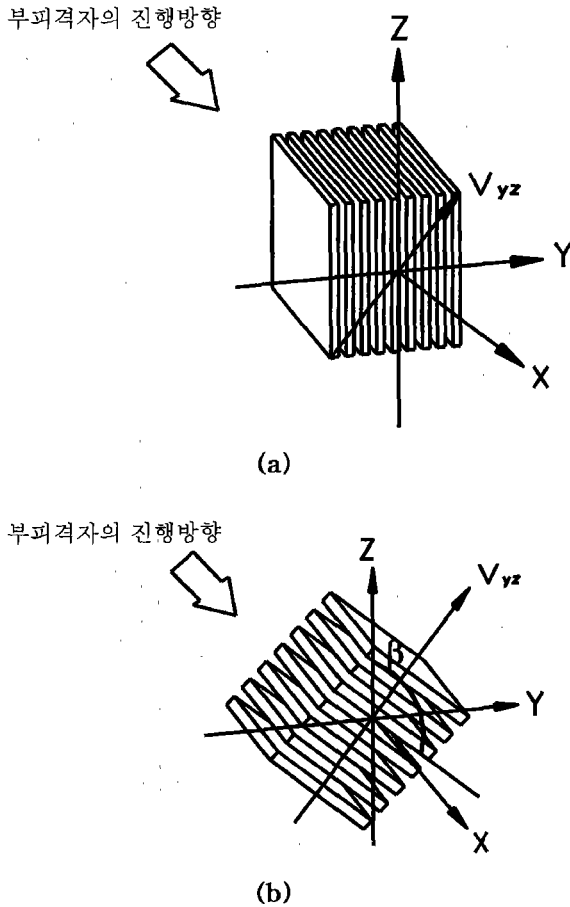


그림 3. (a) 부피격자의 방향 및 (b) 그림 1에서 보여준 V_{yz} 를 구하기 위한 부피격자의 회전각 β 의 방향.

$$V_{yz} = \frac{d_2}{t'} \quad (3)$$

이 된다. 그러면 실험적 측정과 (1)식~(3)식을 사용하여 V_{xz} , V_{yz} , α , β 들을 안다면 입자나 물체의 속도에 대한 속도성분을 다음과 같이 알 수 있다.

$$V_z = V_{xz} \sin \alpha \quad (4)$$

$$V_x = V_{xz} \cos \alpha \quad (5)$$

$$V_z' = V_{yz} \cos \beta \quad (6)$$

$$V_y = V_{yz} \sin \beta \quad (7)$$

그리고 속도 V 는 성분별 속도인 (4)식~(7)식을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}, \quad V' = \sqrt{V_x'^2 + V_y'^2 + V_z'^2} \quad (8)$$

여기서

$$V_z = V_z' \text{ 및 } V = V' \quad (9)$$

이어야만 한다. 그러므로 그림 2와 그림 3과 같이 서로 직각

인 부피격자를 만드는 실험 배치를 독립적으로해서 이들 각각에서 구한 속도의 z 성분끼리 (9)식을 만족하는지를 확인함으로써 실험장치의 구성과 방법이 제대로 되었는지 확인을 할 수 있다.

III. 실험장치 및 방법

그림 4는 chopper(3501, New Focus)의 회전 속도중 그림 2에서 표시한 V_{xz} 를 측정하는 투영된 회전식 직선격자를 이용한 새로운 유속계의 실험장치도이다. 이 실험 장치는 그림 2의 (a)와 (b)에 대응하는 것으로 광속을 그림에 그린 것과 같이 Y 방향으로 진행시킨다. 광원으로는 백색광을 사용해도 무관하나 실험의 정확도와 편의를 위해서 파장 632.8 nm이고 출력력이 17 mW인 헬륨-네온 레이저(05LHP925, Melles Griot)를 사용하며, 이 광속을 광속확대기로 직경 10 cm의 광속으로 확대시킨다. 이 확대된 광속으로 회전이 가능한 회전대에 설치한 격자간격이 1.5 mm인 선형격자를 비추고, 이 격자로부터 $l_1 = 50$ cm인 거리에 초점거리 f_1 이 50 cm인 렌즈 L_1 을 설치하고, 이 렌즈 L_1 의 후방초점거리에서 다시 14 cm 떨어진 곳에 초점거리 f_2 가 14 cm인 렌즈 L_2 를 설치하여 격자가 이 두 렌즈에 의한 결상 위치인 렌즈 L_2 의 후방 $l_2 = f_2 + (f_2^2/f_1) + [(f_2/f_1)^2 l_1] = 18$ cm에 축소된 격자가 형성된다. 그러므로 광속 확대기로 만든 평행광으로 조명된 선형격자의 상이 렌즈 L_1 과 렌즈 L_2 로 축소되어 다시 평행광으로 나가기 때문에 격자간격이 축소된 격자의 상은 결상면 근처에서 충분히 긴 부피 격자 형태로 그림에서와 같은 생긴다. 이렇게 광학계를 정렬하면 격자간격이 $d_1 = 3.0$ mm인 선형격자를 통과한 광속은 초점거리가 $f = 50$ cm인 렌즈와 $f = 14$ cm인 렌즈를 지난 후 (1)식에 따라 격자간격이 $d_2 = 0.84$ mm인 부피격자를 만든다. 그리고 부피격자의 격자간격보다 작은 편홀을 갖는 chopper 날개를 설치하였다. 이 결상면 근처에 chopper를 약간 기울여서 설치하였으며, 이 chopper 날개에 직경 0.2 mm인 원형 편홀을 부착하여 입자의 역할을 하게 하였다. 그러면 chopper 날개에 있는 편홀이 부피격자의 밝은 부분들을 지날 때 편홀을 통해 나오는 광을 광검출기(SP1-KL)로 검출한 후 오실로스코프(OS-3020, LG정밀)로 (2)식과 (3)식에 따라 시간주기를 측정한다.

그림 5는 그림 2와 그림 3과 같은 배치 및 (4)식~(9)식을

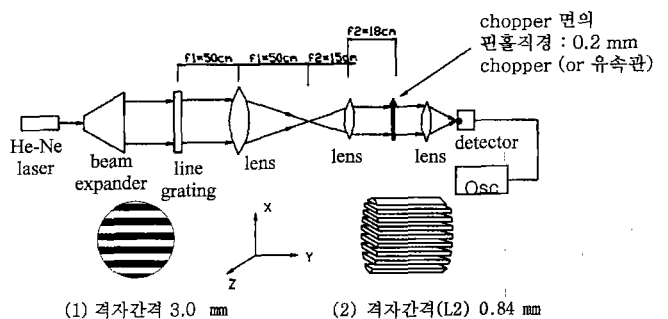


그림 4. chopper의 회전 속도중 그림 2에서 표시한 V_{xz} 를 측정하는 투영된 회전식 직선격자를 이용한 새로운 유속계의 실험장치도.

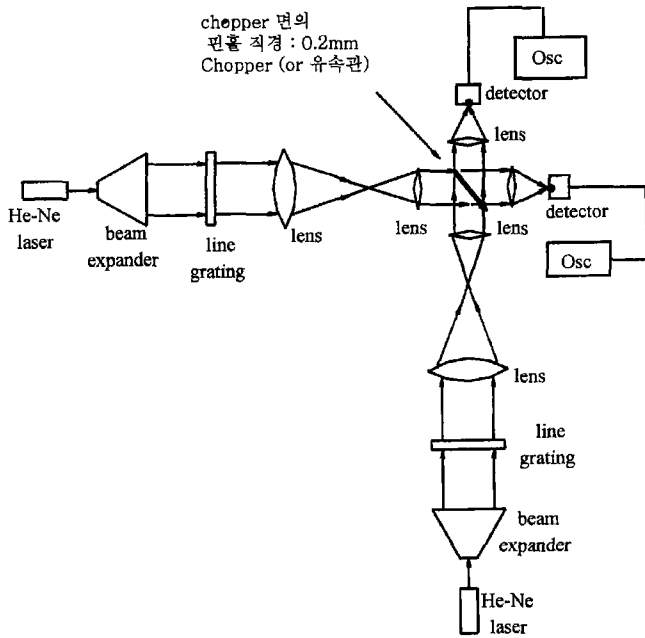
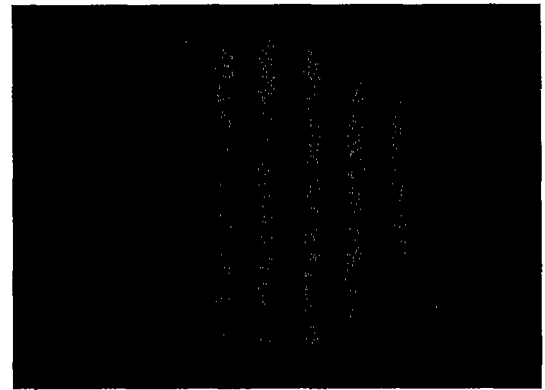


그림 5. chopper의 회전 속도인 V_x 와 V_y 를 동시에 측정하는 투영된 회전식 직선격자를 이용한 새로운 유속계의 실험장치도.

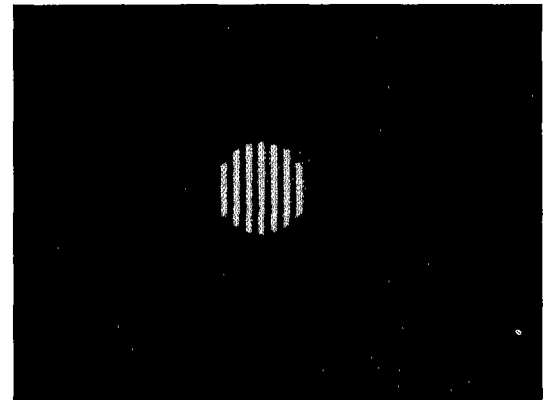
이용하여 chopper의 속도를 측정하기 위하여 V_x 와 V_y 를 동시에 측정하는 투영된 회전식 직선격자를 이용한 새로운 유속계의 실험장치도이다. 여기에서 보듯이 그림 2와 그림 3의 배치를 하기 위하여 그림 4와 똑같은 광학 배열 및 구성을 직각으로 2개를 배치하였다. 이러한 시스템은 그림 4와 같이 레이저 광원을 사용하지 않고 백색광원으로도 구성할 수 있으므로 시스템이 외부진동에 강하고 가격도 저렴하게 구성할 수 있다. 본 실험에서 가장 중요한 점은 2차원과 3차원의 속도측정이 가능하도록 평면 격자를 α , β 각도로 회전시킴으로써 chopper를 지나가는 부피격자도 회전하게 되면서 핀홀이 밝은 부분과 다음 밝은 부분까지의 주기에 변화를 주게 된다는 것이다. 그러면 이 주기들로부터 (2)식, (3)식, (8)식을 사용하여 3차원 속도의 크기를 알 수 있으며, (9)식을 사용하여 측정의 신뢰도를 확인할 수 있다.

IV. 실험결과 및 논의

그림 6은 광속확대기를 통해 확대된 광속이 평면격자를 통과한 후 첫 번째 렌즈 L_1 에 입사하기 전의 격자형태를 찍은 사진((a) : $d_1=3.0$ mm)과 두 번째 렌즈 L_2 를 통과한 후 축소된 부피격자의 횡단면을 chopper를 놓는 위치에서 찍은 사진((b) : $d_2=0.84$ mm)들로서, 부피격자의 형태는 매우 선명하게 형성됨을 알 수 있다. 그림 4나 그림 5와 같은 유속계 장치에서 chopper의 날개 끝에 부착된 직경 0.2 mm의 핀홀이 그림 6(b)에서 보여주는 부피격자를 지나칠 때마다 그림 7와 같이 부피격자를 지나가는 주기(t)를 보여주는 신호를 얻을 수 있다. 이 사진에서 보면 광검출기의 falling 시간이 너무 커서 부피격자의 어두운 영역으로 chopper 상의 핀홀이 들어오더라도 완벽히 신호가 0으로 떨어지지 않지만, 이에 무관하게 최



(a)



(b)

그림 6. 광속확대기를 통해 확대된 광속이 평면격자를 통과한 후 첫 번째 렌즈 L_1 에 입사하기 전의 격자형태를 찍은 사진 ((a) : $d_1=3.0$ mm)과 두 번째 렌즈 L_2 를 통과한 후 축소된 부피격자의 횡단면을 chopper를 놓는 위치에서 찍은 사진((b) : $d_2=0.84$ mm).

고 peak 신호들간의 시간 간격을 측정하면 유속을 잴 수 있다. 그림 7에서 보여주는 유속계 신호의 시간 주기는 $t=1.76$ ms이며 이를 (2)식에 대입하면 $V_x=d_2/t=0.49$ m/s이다. 이와 같은 방법으로 chopper의 주파수를 2 Hz부터 1 Hz씩 증가시키면

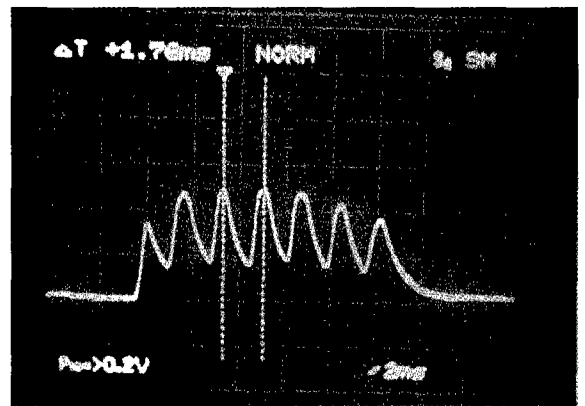
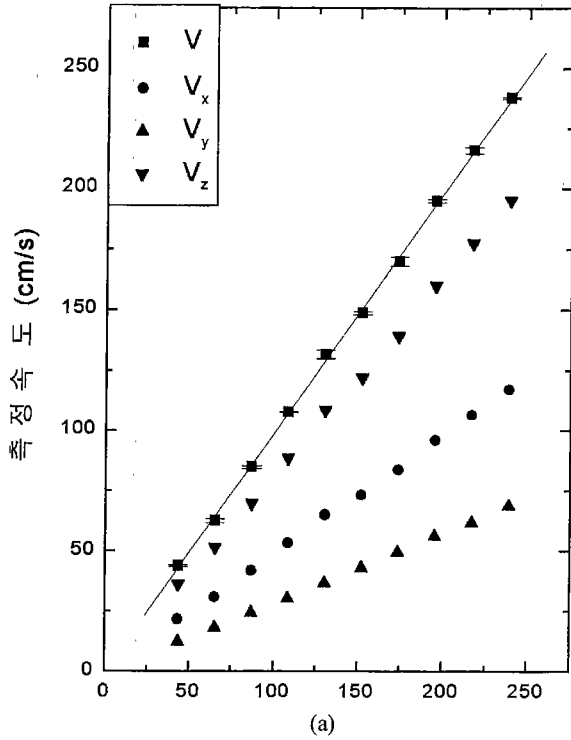
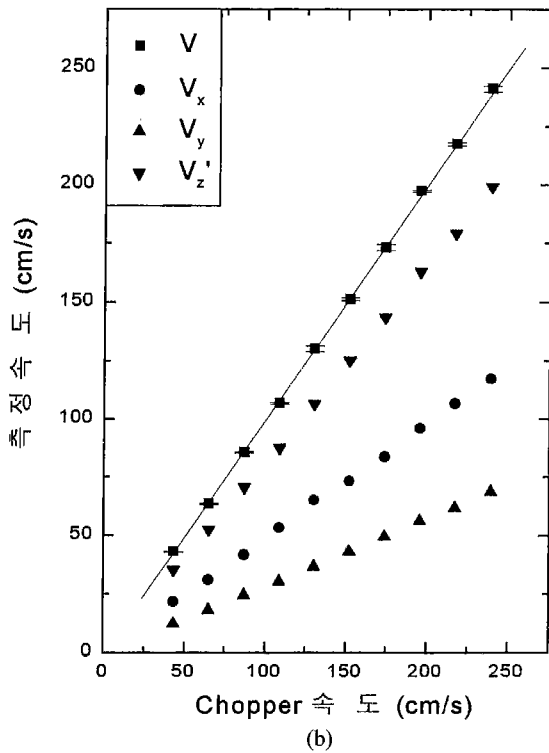


그림 7. 그림 4나 그림 5와 같은 유속계 장치에서 chopper의 날개 끝에 부착된 직경 0.2 mm의 핀홀이 부피격자를 지나칠 때마다 나타나는 주기적인 신호.



(a)



(b)

그림 8. (a) $\alpha=73^\circ$ 와 (b) $\beta=81^\circ$ 만큼 회전시켰을 때, chopper controller의 주파수로부터 환산되는 (10)식에 따라 측정되는 chopper의 속도 $V_{chop}=43.52\text{ cm/s}\sim 249.36\text{ cm/s}$ 에 대하여 $V_x(\bullet)$, $V_y(\blacktriangle)$, V_z 혹은 $V_z'(\blacktriangledown)$, $V(\blacksquare)$ 를 측정된 결과들임. 선형 fitting 결과 (a)는 $V=0.994 V_{chop}-0.513$ 이고, (b)는 $V=1.003 V_{chop}-1.023$ 임.

서 11 Hz까지 증가시켰다. 우선은 그림 5에서처럼 장치한 후 그림 2(a)와 그림 3(a)에서 보듯이 Z축에 평행한 부피격자를

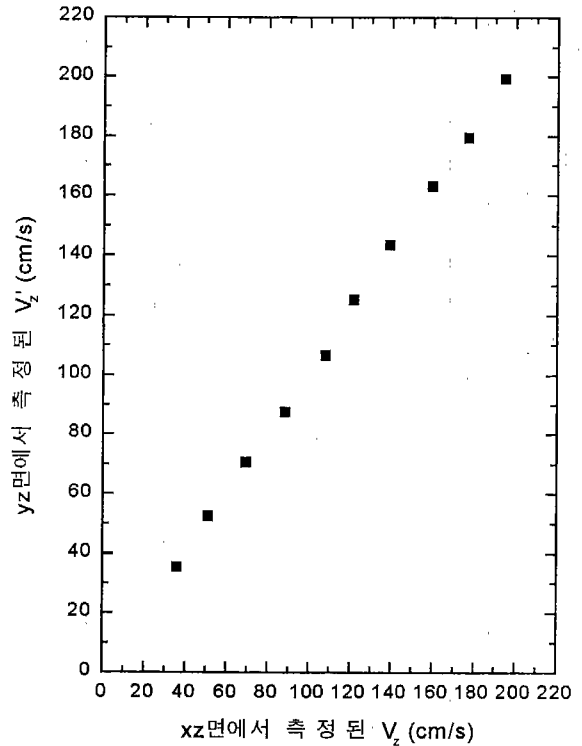


그림 9. 그림 8의 (a)와 (b)의 측정치로부터 V_z 에 대한 V_z' 을 그린 결과로 선형 fitting 결과 $V_z=1.006 V_z'$ 임.

만들고 나서 그림 6과 같은 신호를 보면서 주기 t 와 t' 이 최소가 되도록 그림 2(b)와 그림 3(b)에서와 같이 α 와 β 만큼 선형격자를 회전시킨 후, (2)식과 (3)식을 이용하여 chopper의 속도성분들 중 V_{xz} 와 V_{yz} 를 측정하였다. 그리고 나서 (4)식~(7)식을 이용해서 V_x , V_y , V_z , V_z' 을 구하였고, 최종적으로 (8)식으로부터 V 의 크기인 V 와 V' 을 계산하였다. 그리고 (9)식인 $V_z=V_z'$ 을 이용하여 본 논문에서 제안한 유속계 모델의 신뢰도를 확인하였다.

chopper의 날개 끝에 붙인 핀홀이 부피격자를 지나갈 때 속도는 chopper 주파수 f_{chop} 는 controller를 통하여 알고 핀홀의 위치는 chopper 날개의 중심에서 $r=34.65\text{ mm}$ 이므로 chopper의 속도 V_{chop} 는 다음과 같이 주어진다.

$$V_{chop} = 2\pi r f_{chop} \quad (10)$$

그림 8은 (a) $\alpha=73^\circ$ 와 (b) $\beta=81^\circ$ 만큼 각각 회전시켰을 때 chopper controller의 주파수로부터 환산되는 (10)식에 따라 측정되는 $V_{chop}=43.52\text{ cm/s}\sim 249.36\text{ cm/s}$ 에 대하여 $V_x(\bullet)$, $V_y(\blacktriangle)$, V_z 혹은 $V_z'(\blacktriangledown)$, $V(\blacksquare)$ 를 측정된 결과들이다. 측정속도는 $V=V_{chop}$ 이어야 하는데, 선형 fitting 결과 (a)는 $V=0.994 V_{chop}-0.513$ 이고 (b)는 $V=1.003 V_{chop}-1.023$ 로서 본 유속계와 chopper의 속도는 기울기만을 기준으로 했을 때 0.5% 미만으로 일치한다. 이러한 불일치 및 V 와 V_{chop} 이 완벽하게 절편값이 같지 않은 이유로는 5 Hz 이하의 저주파에서의 주파수 지시의 불확실도, 핀홀까지의 반경 측정시 오차, 오실로스코프 상에서의 시간 간격 측정시의 오차 때문이다. 그러나 이는 chopper를 사용하지 않고 보다 정확한 유속계인 레이저 도플

러 유속계(LDV)로 교정하고 부피격자의 시간간격을 읽는 시스템을 자동화할 경우, 본 유속계의 광학적, 기계적 안정도상 0.1% 미만으로 측정 정확도를 높일 수 있으리라 예상된다.

본 논문에서 제안한 유속계의 신뢰도를 검사하기 위하여 그림 8의 결과로부터 (9)식과 같은 $V_z = V_z'$ 를 확인하여야 한다. 그림 8의 (a)와 (b)로부터 V_z 에 대한 V_z' 을 그린 것이 그림 9이며, 이로부터 $V_z = 1.006V_z'$ 이므로 V_z 와 V_z' 은 기울기 기준으로 0.6%로 일치함을 알 수 있다. 그러므로 본 논문에서 제안한 유속계 모델은 이론적 예측에서와 같이 간섭무늬가 아닌 투사형 축소 부피격자를 사용하므로 안정적이고 속도 측정이 정확히 측정 가능하다는 것을 확인할 수 있다.

V. 결 론

현재 가장 정밀하고 3차원 속도 측정이 실시간으로 가능한 LDV의 커다란 단점인 가간섭 광의 광학적, 기계적 불안정도 및 고가의 단점을 해결하기 위하여 투과형 직선격자를 격자간격이 더욱더 좁은 부피격자로 축소하고 이를 회전시켜서 속도를 측정하는 새로운 유속계 모델을 고안하고, 이를 chopper의 속도를 측정하여 실험적으로 확인하였다. 그 결과 $\alpha = 73^\circ$ 와 $\beta = 81^\circ$ 만큼 회전시켰을 때 $V_{chop} = 43.52 \text{ cm/s} \sim 249.36 \text{ cm/s}$ 에 대하여 0.5% 정확도로 $V = V_{chop}$ 임을 확인하였지만, chopper를 사용하지 않고 보다 정확한 유속계인 레이저 도플러 유속계(LDV)로 교정하고 부피격자의 시간간격을 읽는 시스템을 자동화할 경우, 본 유속계의 광학적, 기계적 안정도상 0.1% 미만으로 측정 정확도를 높일 수 있으리라 예상된다. 또한 제안한 유속계의 신뢰도를 $V_z = V_z'$ 로 확인한 결과 0.6%의 정확도로 이를 확인할 수 있었다. 그러므로 본 논문에서 제안한 유속계 모델은 이론적 예측에서와 같이 간섭무늬가 아닌 투사형 축소 부피격자를 사용하므로 안정적이고 속도 측정이 정확히 측정 가능하다는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 이 새로운 유속계는 실험의 편의성을 위하여 레이저를 사용하였지만 이를 백색광으로 대체가 가능하기 때문에 가격 및 유지보수가 매우 간편함을 알 수 있으며, 동시에 평행광으로 직선격자를

축소하였지만 이를 더욱더 축소하여 공간적 속도 분해능을 높이고자 할 때에는 직접 첫 번째 렌즈의 초점면을 유속 측정부분으로 사용할 수 있으며, 이 경우 초점의 초점심도내에서는 부피격자가 형성되므로 본 이론 및 새로운 유속계가 적용될 수 있다. 앞으로는 이러한 부분을 실험적으로 확인하고자 하며, 동시에 시제품으로 제작하면서 본 시스템의 정확도 향상 및 사용자의 편리성을 위하여 회전각 α 와 β 를 오실로스코프상의 시간주기로부터 자동적으로 정확히 찾는 시스템을 구축하면서 LDV를 사용한 속도 교정을 하고자 한다.

감사의 글

본 논문은 2000년도 한남대학교 학술연구 조성비 지원에 의하여 연구되었습니다. 본 논문의 그림을 그리는데 도움을 준 이환선양에게 감사를 드립니다.

참고문헌

- [1] 원종욱, 조재홍 등, 레이저를 응용한 유체유속측정기술개발 (KSRI-88-47-IR) (한국표준연구소, 대전, 1988), pp. 1-20.
- [2] L. E. Drain, The Laser Doppler Technique (John Wiley & Sons, New York, 1980), pp. 1-5.
- [3] 조영동, Particle Image Velocimetry의 제작 및 성능 분석 (한남대학교 석사학위 청구논문, 대전, 1996), pp. 1-9.
- [4] 조재홍, 박정환, 최중운, 원종욱, 정명세, "전방산란과 후방산란 Dual Beam LDV의 구성과 신호처리계 제작," 응용물리 제 2권 1호, pp. 34-41, 1988.
- [5] 최중운, 조재홍, 정명세, "유체속도 측정을 위한 레이저 도플러 유속계의 구성에 관한 연구," 전자공학회지-A 제28권 5호, pp. 361-369, 1991.
- [6] 최완해, "광섬유 레이저 도플러 유속계의 제작 및 응용" (한남대학교 석사학위 청구논문, 1995).
- [7] 이병욱, 황대석, 최중운, 김용평, "되먹임 효과를 이용한 회전체의 속도측정," 한국광학회지 Vol. 11, No. 4, pp. 250-254, 2000.

Model of New Velocimetry Using Projected Rotatable Line Gratings

Jin Chul Lee, Jae Heung Jo[†], Soo Chang, and Cheon Seog Rim

Applied Optics and Electromagnetics, School of Natural Sciences, Hannam University, Taejon 306-791, KOREA

[†]*E-mail: jhjo@mail.hannam.ac.kr*

(Received May 11, 2001 ; Revised manuscript received July 19, 2001)

The new and simple velocimetry model to be perpendicularly arranged with two optical systems with a projected and reduced rotatable line grating is so proposed as to withstand an external vibration. We measured successfully the various velocities (V_{chop}) of a chopper by using the new velocimeter. As a result, when rotational angles of projected volume gratings in two optical systems are $\alpha = 73^\circ$ and $\beta = 81^\circ$, respectively, we measured successfully the chopper velocities within 1% accuracy from $V_{chop} = 43.52$ cm/s to $V_{chop} = 249.36$ cm/s. In this new velocimetry, we can determine the confidence of the system by comparing the z-component of velocity, to be measured in one optical system with V_z , to be measured in one optical system with V_z' to to be measured in another optical system, which should be same.

Classification codes : SM.020, SM.030.