

## 집속된 저온원자빔 발생

## Generation of collimated cold-atomic beam

박상언, 조혁, 권택용\*, 양성훈\*, 이호성\*  
 충남대학교 물리학과, \*한국표준과학연구원  
 parkse@kriss.re.kr

원자빔은 고분해 분광학, 원자간섭계, 원자시계등과 같은 여러 분야에서 응용되고 있다. 열원자빔의 평균 종속도는 수백 m/s 정도이고 속도폭도 수백 m/s 정도로 넓다. 원자빔의 속도와 속도폭을 줄임으로서 더욱 정밀하고 다양한 연구가 가능해진다.

최근, 레이저광을 이용하여 원자를 조작하는 연구가 세계적으로 활발히 진행되고 있고 이를 바탕으로 많은 응용연구를 하고 있다.

레이저의 광압을 이용하여 저온원자빔을 만드는 방법에는 주파수 chirping 방법, Zeeman tuning 방법, Stark effect를 이용하는 방법, white light 방법 등이 있다. 이와 같은 방법으로 만들어진 저온원자빔을 여러 가지 실험에 이용할때 원자빔의 flux가 높을수록 측정값의 S/N 비가 좋아지게 된다.

본 실험에서는 세슘원자빔에 Hoffnagle<sup>(1)</sup>이 제안한 white light 과 push laser를 이용하여 연속적이고 느린 원자빔<sup>(2)</sup>을 발생시켰다. 이와 같이 발생된 저온원자빔의 flux를 증가시키기 위해 서로 수직인 선편광으로 2차원 optical molasses를 만들어 원자빔을 집속하였다..

저온원자빔을 집속하는 레이저는 Cs 원자의 전이선 ( $6^2S_{1/2}, F=4$ )  $\rightarrow$  ( $6^2P_{3/2}, F'=5$ )에 맞추어졌고, ( $6^2S_{1/2}, F=3$ )  $\rightarrow$  ( $6^2P_{3/2}, F'=4$ ) 전이선에 맞춘 재편평용 레이저를 겹쳐서 사용하였다. 실험장치도는 그림 1과 같다. 원자빔의 집속은 그림에서 보는바와 같이 세슘오븐 근처와 저온원자빔을 검출하는 부분 근처에서 모두 두번 집속하였다. 여기서 첫 번째 집속하는 레이저광의 되반사되는 부분에  $\lambda/4$  편광판을 이용하여 편광을 90도 돌린 후 두 번째 집속하는 레이저로 사용하였다.

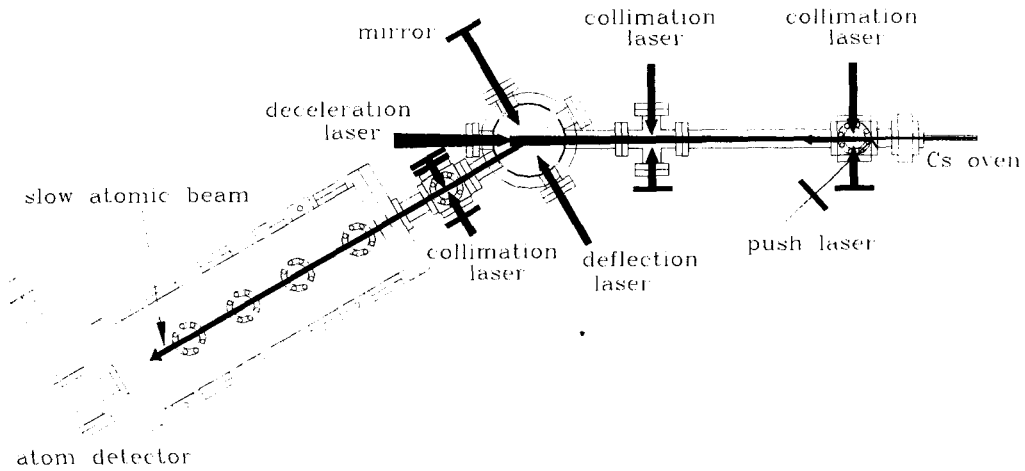
집속용 레이저는 출력 150 mW SDL 반도체 레이저를 grating feedback으로 선폭을 축소하여 사용하였고, 재편평용 레이저는 출력 25 mW인 DBR 반도체 레이저를 이용하였다. 진공조 속으로 입사되는 집속용 레이저의 최종 출력은 약 30 mW 이고 직경은 약 1.7 cm 이다. 검출레이저로는 출력 5 mW인 Yokogawa DBR 반도체 레이저를 사용하였다. 검출레이저는 원자빔의 진행방향에 대해 150 도 기울여 입사시켜 원자와 상호 작용한 후 발생된 형광을 두 개의 렌즈와 한 개의 곡면 반사경을 이용하여 PM tube에서 측정하였다. 이때 검출레이저의 주파수에 따른 형광의 세기를 측정하여 속도분포를 구하였다. 그림 2는 집속용 레이저의 detuning에 따라 저속 원자빔의 신호크기가 변하는 것을 보여준다. 그림에서 보는바와 같이 집속용 레이저의 detuning이 약 4 MHz 부근에서 가장 큰 신호를 얻을 수 있었고, 저온원자빔을 집속하지 않았을 때 보다 집속하였을 때 최대 16 배 신호를 증가시킬 수 있었다.

집속된 원자빔의 flux를 레이저의 흡수방법을 이용하여 측정하였는데 그 결과 4 mm  $\times$  4 mm 인 공간내에 약  $3.8 \times 10^9$  atoms/s 의 flux를 얻을 수 있었다. 이와 같이 집속된 저온원자빔을 굴절용 레이저를 이용하여 30도 각도로 굴절<sup>(3)</sup>시켜서 진공조 속으로 입사시켰다.

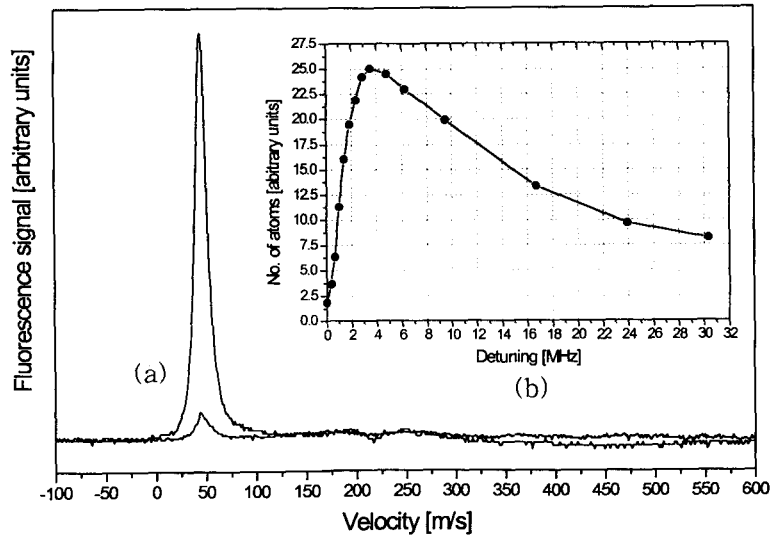
이 진공조 속에서 원자빔분할기, 원자간섭계, 원자시계등의 실험이 진행될 예정이다.

[참고문헌]

1. J. Hoffnagle, "Proposal for continuous white-light cooling of an atomic beam", Opt. Lett. 13, 102-104 (1988)
2. M. Zhu, C. W. Oates and J. L. Hall, "Continuous High-Flux Monovelocity Atomic Beam Based on Broadband Laser-Cooling Technique", Phys. Rev. Lett. 67, 46-49 (1991)
3. A. Witte, Th. Kisters, F. Riehle, and J. Helmcke, "Laser cooling and deflection of a calcium atomic beam", J. Opt. Soc. Am. B 9, 1030-1037 (1992)



(그림 1) 실험장치도



(그림 2) (a) 저온원자빔을 집속했을 때와 집속하지 않았을 때 속도분포의 신호크기가 16배 증가함  
 (b) 집속레이저의 detuning에 따른 저온원자빔의 flux 변화