

세슘원자의 다중발사를 위한 고밀도 저속원자빔의 발생

Generation of slow, high-density atomic beam for multi-launching of cesium atoms

박상언, 권택용, 박영호, 유성규, 이호성

한국표준과학연구원 광기술표준부

parkse@kriss.re.kr

고밀도 저속원자빔은 고분해 분광학, 고진공이 필요한 이중 MOT (Magneto-Optical Trap) 장치, 보즈-아인슈타인 응축, 광격자실험 등에 사용되며. 특히 시간주파수 표준분야에서는 고정밀 국부발전기나 보다 정확한 원자시계의 개발에 응용 될 수 있다.

현재 세계 각국에서 개발 중인 원자분수시계의 불확도는 10^{-15} 수준이다. 이러한 불확도를 제한하는 여러 가지 요인 중에 저온충돌에 의한 주파수이동이 상대적으로 큰 값을 가지고 있다. 불확도가 10^{-16} 수준인 원자시계를 개발하기 위해서는 저온충돌에 의한 주파수이동 불확도를 줄여야 한다. 이 저온충돌에 의한 주파수이동은 MOT에 가두어진 원자의 밀도에 비례하므로 가두는 원자의 수를 줄이면 주파수이동이 작아지게 되지만, 이와 더불어 신호 대 잡음비가 나빠지게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 가두어진 원자의 온도를 더욱 더 내리는 광격자 냉각법 혹은 측파대 라만 냉각법을 사용하여 충돌을 줄

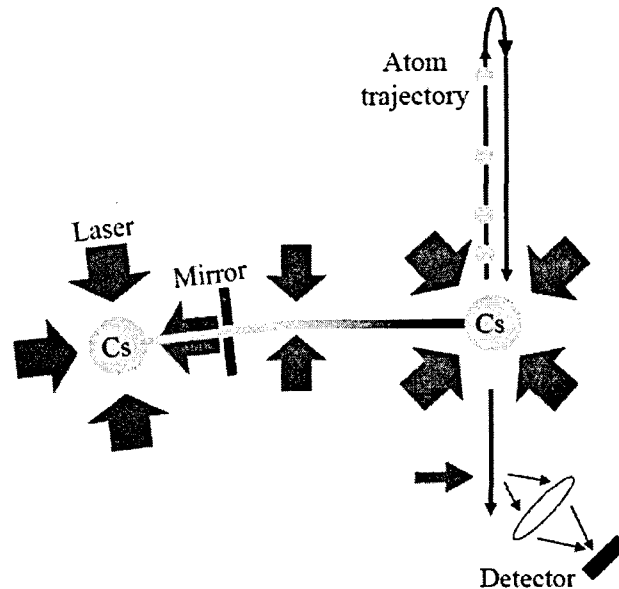


그림 1. 세슘원자의 다중발사 실험장치도.

이는 방법 있는가 하면, 원자의 수를 줄이되 1초에 여러 번 발사하여 신호 대 잡음비의 열화를 막으면서 저온충돌의 효과를 줄이려는 방법이 시도되고 있다.⁽¹⁾ 본 연구실에서는 후자의 방법, 즉 원자다중발사방법을 이용한 차세대 원자분수시계를 개발하고 있다. 기존의 MOT를 사용하여 다중발사를 시도한다면 원자들을 모으는데 많은 시간이 소요되므로 고밀도의 원자빔을 공급해주는 장치가 필요하게 된다.

저속원자빔을 만드는 방법에는 빠른 속도의 열원자빔을 레이저를 이용하여 감속시키는 방법과 기존의 MOT나 2차원 MOT를 사용하는 방법^(2,3,4,5)이 있다. MOT를 이용하는 방법은 열원자빔을 직접 감속시키는 방법에 비해 상대적으로 장치가 작고 간단하며, 저속원자빔의 퍼짐이 작다는 장점을 가지고 있다.

그림 1은 세슘원자의 다중발사 실험장치도를 나타낸다. 그림의 왼쪽부분이 고밀도의 원자빔을 발생시키는 장치이고 오른쪽 부분이 다중발사를 위한 장치를 나타낸다. 중간부분의 레이저광은 저속원자빔의 굴절 및 집속을 위한 2차원 레이저냉각을 하기위해 사용된다.

이번 발표에서는 저속원자빔 발생부에서 만들어진 원자빔의 특성에 대해 발표할 예정이다.

참고문헌

1. S.R. Jefferts, T.P. Heavner, E. A. Donley, J. H. Shirley, T.E. Parker, "Second Generation Cesium Fountain Primary Frequency Standards at NIST," Proc. of the 2003 IEEE IFCS., 1084-1088 (2003).
2. Z.T. Lu, K.L. Corwin, M.J. Renn, M.H. Anderson, E.A. Cornell, C.E. Wieman, "Low Velocity intense Source of Atoms from a Magneto-optical Trap," Phys. Rev. Lett. **77**, 3331-3334 (1996).
3. J. Schoser, A. Batär, R. Löw, V. Schweikhard, A. Grabowski, Yu. B. Ovchinnikov, and T. Pfau, "Intense source of cold Rb atoms from a pure two-dimensional magneto-optical trap", Phys. Rev. A **66**, 023410 (2002).
4. Two-dimensional magneto-optical trap as a source of slow atoms, "K. Dieckmann, R. J. C. Spreeuw, M. Weidemüller, and J. T. M. Walraven", Phys. Rev. A **58**, 3891-3895 (1998).
5. Yuri B. Ovchinnikov, "Compact magneto-optical sources of slow atoms", Opt. Commun. **249**, 473-481 (2005).

