PS-008

고출력 펨토초 레이저와 플라즈마의 상호작용을 통한 극고속 X선 펄스의 발생

정상영, 황석원, 이해준

부산대학교 전자전기공학부

낮은 세기의 레이저와 정지한 전자가 반응하면 전자는 레이저 전기장 세기에 비례하여 가속되며 레이저의 파장과 같은 파장의 빛을 낸다. 반면, 레이저의 세기가 일정 수준을 넘으면 전자의 속도가 빛의 속도에 가까워지게 되어 가속이 둔화되는 현상이 나타나며, 더 이상 전기장의 세기와 가속도가 비례하지 않게 된다. 이러한 비선형적인 전자의 운동이 레이저 기본 파장의 조화파(harmonic)를 발생시키는데, 이를 상대론적 비선형 톰슨 산란(relativistic nonlinear Thomson scattering, RNTS)이라고 한다. 단일 전자를 가정한 경우 RNTS에 의해 아토초(10^{-18} 초) 길이의 X선 펄스가 발생하는 것이 시뮬레이션 연구를 통해 잘 알려졌다. [1] 그러나, 실제 실험에서 적용할 수 있는 것은 단일 전자가 아니라 고체, 플라즈마, 전자 빔 등의 전자 덩어리이다. 전자 덩어리를 구성하는 각각의 전자가 아토초 펄스를 발생시더라도 각각의 펄스 간에 결맞음(coherence) 조건이 맞지 않으면 아토초 펄스는 발생되지 않는다. 또한, 강한 세기의 펄스를 얻는데도 결맞음은 중요하다. 이 연구에서는 결맞음 조건으로 얇은 타깃에 대한 거울 반사 조건, 즉 레이저가 얇은 타깃에 입사되며 거울의 반사 조건을 만족하는 위치에 검출기(detector)를 위치시키는 방법을 제안하였다. 박막이 충분히 얇을 경우 각각의 전자에 대하여 레이저가 발사되어 타깃에 맞고 검출되기까지의 시간이 거의 일치하게 된다. 거울 반사 조건에 의한 아토초 펄스 발생은 particle-in-cell 방법을 통한 시뮬레이션으로 검증되었다. 결맞음 조건을 위한 얇은 타깃으로는 박막과 나노선 배열(nanowire array)을 사용하였다. 전자들 간의 쿨롱(Coulomb) 힘은 결맞음이 유지되는 것을 방해하는데, 박막에 비해 나노선 배열이 쿨롱 힘의 영향을 적게 받기 때문에 결맞음이 더 잘 유지된다.

참고문헌

[1] K. Lee, Y. H. Cha, M. S. Shin, B. H. Kim and D. Kim, Phys. Rev. E 67, 026502 (2003)