

레이저를 이용한 탈륨 안정 동위원소 분리

Separation of Thallium Stable Isotopes with Lasers

정도영, 고광훈, 임권, 박상언, 김재우, 김철중
 한국원자력연구소 양자광학기술개발부
 dyjeong@kaeri.re.kr

안정 동위원소는 원자력, 정밀전자, 제약 및 의료 분야 등에서 다양하게 사용되고 있다(그림1 참고). 원자로의 핵반응 조절을 위해 chemical shim으로 사용되는 B-10과 low activation 내부식성 재료인 감손 아연(Zn depleted in Zn-64)은 원자력 분야에서 사용되는 대표적인 안정 동위원소이다. 정밀 전자 분야에서 low alpha lead (LAL: Pb-210이 제거된 납)은 고집적 반도체 패키징 시 soft error를 줄이는 솔더 물질로 사용되고 있고, Si-28은 열전도도가 높은 새로운 반도체 소재로 부각되고 있다. C-13은 위암의 원인균인 헬리코박터 파이로리균 검출에 쓰이며, Ca-44는 골다공증 연구에 필수적인 추적자로 사용된다. 질병의 진단과 치료에 널리 사용되고 있는 방사성 의약품을 생산하기 위해서는 안정 동위원소가 필수적으로 요구된다. 가장 정확한 암진단 장비로 인식되고 있는 PET(positron emission tomography)는 ¹⁸FDG라고 하는 방사성 동위원소가 표지된 진단 시약을 사용한다. ¹⁸FDG 제조에 O-18은 필수적이다. 차세대 에너지 생산을 위해 연구되고 있는 Generation-IV 원자로와 핵융합로에서는 low activation 냉각재 혹은 구조재로서 Pb-206, Si-29, Si-30 등의 사용이 검토되고 있으며, 스핀트로닉스(spintronics)를 비롯한 차세대 정보통신 산업에서는 동위원소가 조절된(isotope-engineered) 신소재의 사용이 크게 증가할 전망이다^(1,2).

가벼운 원소의 안정 동위원소 분리는 증류법과 화학 교환법을 사용된다. B-10은 화학교환법으로, O-18, C-13 등은 증류법으로 분리한다. 무거운 금속 동위원소는 전자기적 방법과 원심 분리법으로 생산한다. Ca-44은 전자기적 방법으로 생산하며, Si-28은 원심 분리법으로 생산한다. 안정 동위원소의 다양한 활용을 위해서는 현재 적용하고 있는 안정 동위원소 분리기술보다 좀더 경제적인 기술이 개발되어야

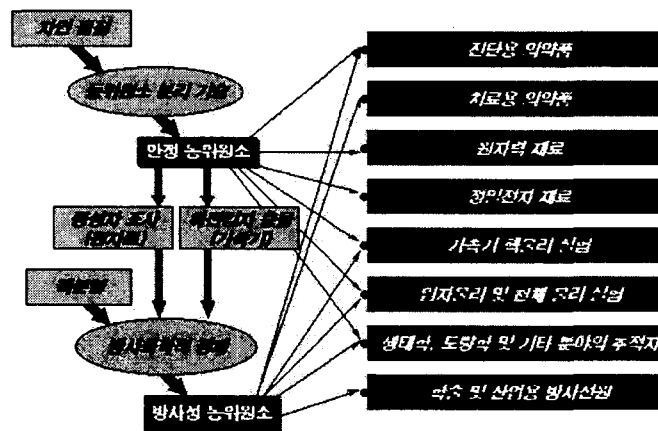


그림 1. 안정 동위원소의 쓰임새

한다. 이를 위해 미국, 일본, 프랑스 등에서는 레이저 동위원소 분리 기술과 플라즈마 동위원소 분리 기술을 개발하고 있다^(3,5).

탈륨(Thallium: Tl)은 자연 성분비가 29.52 %인 Tl-203과 70.48 %인 Tl-205 등, 두 종류의 동위원소로 구성된다. Tl-203의 성분비가 97.5 % 이상인 탈륨은 심장질환 진단 시약인 Tl-201의 제조 원료로 사용된다. 레이저를 이용한 탈륨 동위원소 분리 방법으로는 두 가지가 제안되었다. 하나는 2광자 여기와 전기장 이온화를 이용하는 방법이다(그림2 참고)^(6,7). 이 방법은 바닥준위의 탈륨 동위원소를 377.6 nm 근처의 레이저와 443.7 nm 근처의 레이저를 사용하여 Rydberg 준위로 여기 시킨 후, 외부 전기장으로 field ionization 시키는 방법이다. 다른 하나는 본 연구팀에서 연구 중에 있는 방법이다. 이 방법은 목적하는 동위원소를 준안정 준위로 광펌핑 하는 동위원소 선택적 광펌핑(isotope selective optical pumping: ISOP)과, 준안정 준위의 동위원소를 여기준위를 거쳐 연속준위로 광이온화 시키는 공명 광이온화(photoionization: RPI) 과정이 결합된 탈륨 동위원소의 선택적 광이온화(selective photoionization) 방법이다(그림2 참고).

이번 논의에서는 안정 동위원소의 쓰임새에 대해 알아보고, 앞으로의 활용을 전망하고자 한다. 현재 사용 중이거나 개발 중에 있는 다양한 안정 동위원소 분리기술을 레이저법을 중심으로 소개하며, 특히 한국원자력연구소에서 개발 중에 있는 Tl-203 안정 동위원소 분리기술에 대해 장단점을 논의하는 기회를 갖고자 한다.

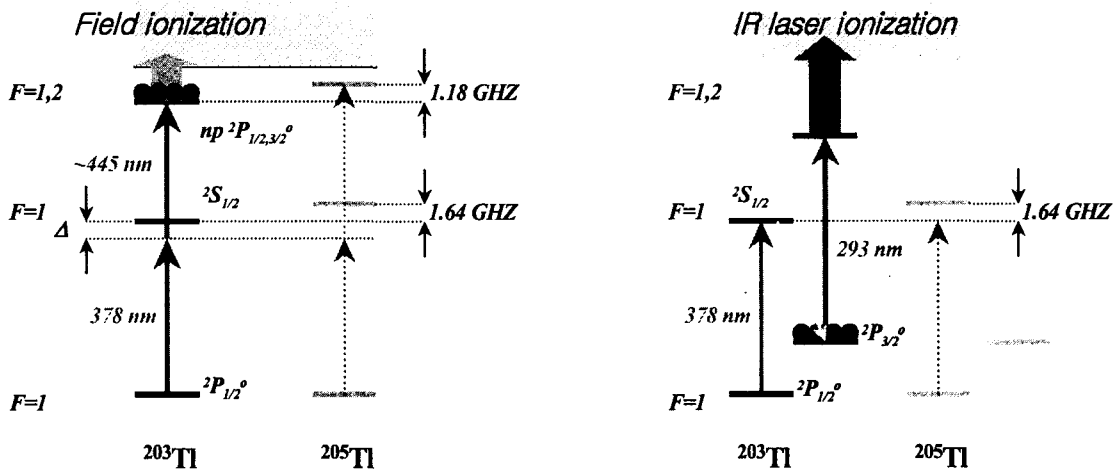


그림 2. 레이저를 이용한 탈륨 동위원소 분리 방법

참 고 문 헌

1. D. Pankratov, *et. al.*, Annals of Nuclear Energy Vol. **30**, 785 (2003)
2. T.D. Ladd, *et. al.*, Phys. Rev. Lett. Vol. **89**, 017901 (2002)
3. I.E. Olivares, *et. al.*, Appl. Opt. Vol. **41**, 2973 (2002)
4. T. Noda, *et. al.*, J. Nucl. Mat. Vol. **307-311**, 715 (2002)
5. N. Hansen and A.M. Wodtke, Chem. Phys. Lett. Vol. **356**, 340 (2002)
6. C.A. Haynam, *et. al.*, 미국특허 5,945,649 (1999)
7. C.A. Haynam, *et. al.*, 일본특허 공개 P2000-262866A (2000)