

## 펠티에 소자를 이용한 소형 열량계 특성시험

송규민, 고병욱, 이계우, 이숙경, 손순환, 장민호\*, 윤세훈\*, 강현구\*, 조승연\*, 정기정\*, 정홍석\*\*

한전전력연구원, 대전광역시 유성구 문지로 65

\*국가핵융합연구소, 대전광역시 유성구 신성로 14

\*\*한국원자력연구원, 대전광역시 대덕대로 1045

kmsong@kepri.re.kr

### 1. 서론

국제핵융합실험로(ITER: International Thermo-nuclear Experimental Reactor)는 핵융합연료로 삼중수소를 사용할 예정이며, ITER로 운반된 삼중수소는 삼중수소 로딩 시스템으로 장입되기 전, 밀봉상태에서 삼중수소 열량계를 이용하여 재고량을 측정한다[1-3].

본 연구에서는 열유량 측정용 센서로 펠티에 소자를 적용한 소형 열량계를 제작하고 삼중수소 재고량 측정을 위한 열량계 특성을 검토하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 펠티에 소자

본 연구의 소형 열량계에 적용한 열유량 측정 센서는 펠티에 소자이다. 펠티에 소자는 Figure 1 과 같은 다양한 형태로 사용하고 있다. 펠티에 소자 양단에 직류전압을 인가하면 열이 흡열부에서 발열부로 이동하게 되어 흡열부는 온도가 떨어지고 발열부는 온도가 올라가게 된다. 이를 컴프레서 등에 이용하면 구동장치가 없는 무소음의 간편한 냉각장치를 만들 수 있으며 동시에 가열장치로도 이용할 수 있다.

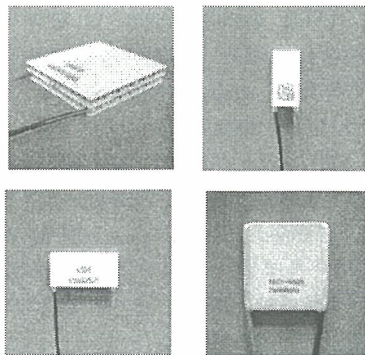


Fig. 1. Peltier elements

하지만 본 연구에 적용한 열량계의 열유량 측정 센서로서 펠티에 소자는 Figure 2에서처럼 펠티에 효과의 가역반응인 제백효과, 즉, 열량계 내부에서 외부로 열전달 시 펠티에 소자를 통과하게 되면 기전력이 발생하는 열전대와 동일한 원리를 이용하였다. 이 원리를 이용하여 열유량을 측정하고 열량계 내부에 발생하는 삼중수소 열량을 측정하여 그 재고량을 알아내는데 이용할 수 있다.

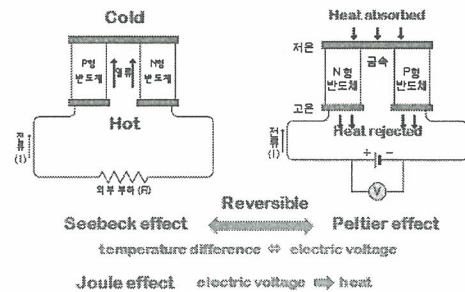


Fig. 2. Comparison of Seebeck, Peltier and Joule effects

#### 2.2 실험방법

본 연구에서 제작한 소형 열량계는 알루미늄의 이중용기로 되어 있으며 내부 용기에는 삼중수소 붕괴열을 모사하기 위한 Kool-Pak MP850 히터가 들어가며 이중용기 사이에 펠티에 소자가 장착되어 있다. 펠티에 소자가 들어간 이중용기 사이의 빈공간은 열전달을 줄이고자 단열재로 채웠다. 열선과 펠티에 소자 전선은 피드쓰루를 통해 내부 용기와 외부용기 밖으로 나올 수 있도록 하였다. 펠티에 소자에서 감지되는 기전력은 Drake 45A 모델을 이용하여 3초 간격으로 측정하고 이를 컴퓨터 데이터취득 프로그램과 연결하여 저장하였다.

열량계는 항온기에 설치하여 외부 온도를 일정하게 유지시켰다. Figure 3은 항온기 내부에 설치된 소형열량계의 모습이다. 오른쪽 2개 포트는 내

부 알루미늄 용기의 히터로 전원을 공급하기 위한 것이며, 왼쪽 2개 포트는 이중용기 사이에 장착된 펠티에 소자의 기전력을 측정하기 위한 것이다.

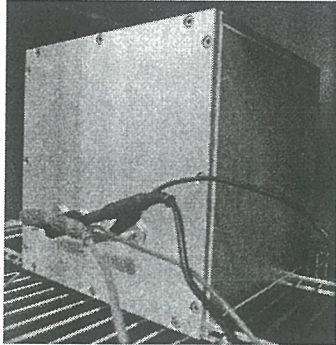


Fig. 3. A small volume calorimeter using Peltier elements as heat flow sensors

검량선 측정을 위하여 내부 히터에 공급되는 전력과 펠티에 소자로 측정된 기전력은 Table 1과 같다. 삼중수소 붕괴열 모사용 히터는 전압을 제어하며 이때 히터로 인가되는 전류를 측정하여 전력을 계산하였다.

Table 1. Power loaded and EMF of Peltier elements

No.	Voltage [V]	Current [A]	Power [W]	E.M.F [V]
1	2	0.1372	0.2744	0.0010
2	4	0.1494	0.5976	0.0040
3	6	0.23017	1.3810	0.0088
4	8	0.3091	2.4728	0.0154
5	10	0.3953	3.9530	0.0242
6	12	0.4744	5.6928	0.0348
7	14	0.5479	7.6706	0.0476

### 2.3 결과 및 고찰

Figure 4는 펠티에 소자를 장착한 소형 열량계에서 공급전력과 펠티에 소자로 측정된 기전력간의 상관관계 검량선을 나타낸 그림이다. 가로축은 히터에 인가된 전력 즉 삼중수소 재고량으로 환산할 수 있는 값이며, 세로축은 펠티에 소자에서 측정된 기전력 값을 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 측정값과 검량선간 오차에 대한 표준편차는 0.0392%로 선형관계를 잘 유지하고 있는 것을 알 수 있다. 여기서 구한 검량선을 이용하면 미지의 삼중수소에 대해 기전력을 측정하여 붕괴열을 알아낼 수 있고 삼중수소 재고량을 계산할 수 있다.

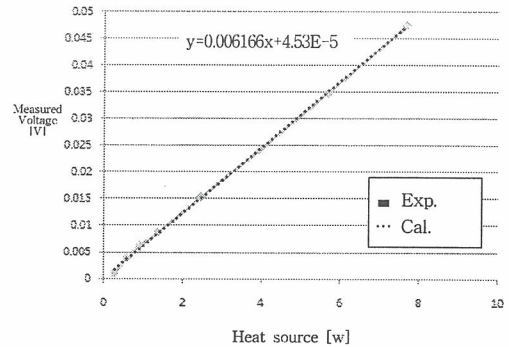


Fig. 4. Calibration curve of a small volume calorimeter

### 3. 결론 및 향후계획

펠티에 소자를 이용한 소형 열량계를 제작하여 검량선을 구했다. 본 열량계를 이용하면 삼중수소 밀봉선원에서 발생하는 열량에 대한 기전력 측정을 통해 삼중수소 재고량을 알아낼 수 있으며, 추가로 열량계의 측정조건 및 구조변형을 통해 정밀도를 높이고 다양한 형태로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

### 4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 지식경제부의 국제핵융합실험로 공동개발사업으로 수행되었습니다.

### 5. 참고문헌

- [1] K.-M. Song, "Status of TLS calorimeter development", Bilateral meeting between ITER-IO and KO-DA, Feb. 2-3, 2010.
- [2] 송규민, 고병욱, 이계우, 손순환, 강현구, 윤세훈, 장민호, 조승연, 정기정, 구대서, 정홍석, "ITER 삼중수소 저장 및 공급시스템의 삼중수소 측정과 재고관리방안", 한국방사성폐기물학회, 2009년 추계학술대회 논문요약집, 5-P-19, 2009.
- [3] 송규민, 이계우, 고병욱, 손순환, 정양근, 장민호, 윤세훈, 강현구, 조승연, 정기정, 정홍석, "삼중수소 저장용기 열용량이 삼중수소 열량계 특정성능에 미치는 영향", 한국방사성폐기물학회, 2010년 추계학술대회 논문요약집, p85-86, 2010.