

## $^3\text{He}$ 용해압력의 측정

최창호, 김동락, 도철진\*

기초과학지원연구소 고자장극저온그룹, 기술지원실.

### 1. 서 론

응집계 물성연구의 발전과 더불어 강자장 및 1K 이하의 희석냉동기 온도 영역에서 다양한 물성의 연구가 행하여지고 있으며, 이에 따라 강자장·극저온환경은 필수적이다. 그러나 연구에 있어서 정확하고 신뢰성 있는 측정치를 얻지 못하면 그 연구결과는 아무도 인정해 주지 않을 것이다.

기초과학지원연구소에는 최고 20테슬라의 고자장과 최저 10mK의 극저온에서의 극한환경 하에서 물성연구를 실험할 수 있는 첨단장비를 보유하고 있다. 1K 이하의 온도영역에서는 시판되고 있는 교정된 2차온도계가 있으나, 실제 측정에 있어서 신뢰도에 문제가 있다. 이에 연구에 가장 기본적이고 필연적인 극한환경에서의 정확한 온도측정 문제를 우선적으로 해결해 나가려고 한다.

일반적으로 수십 mK까지의 온도측정으로는 Ge나  $\text{RuO}_2$  등의 교정된 시판의 저항온도계가 보통 사용된다. 액체  $^3\text{He}$ 을 시료로 사용할 수 있는 경우에는, 초유동 전이점을 온도정점으로 이용할 수 있다. 이 전이점은 압력에 의해서 2.7 mK에서 1mK 까지 변화하므로, 실용적으로 매우 유용하다.

$^3\text{He}$ 의 용해곡선은 1mK ~ 700mK 사이의 광범위한 온도눈금으로서 중요성이 인식되고 있으며 용해압력과 절대온도의 관계의 결정이 기대된다.  $^3\text{He}$  용해압은 저온에서 정밀하게 측정할 수 있는 물리량이며, 높은 분해능과 재현성을 가진다. 이와 같은 장점을 이용하여 저온에서의 물성연구에 응용할 수 있는  $^3\text{He}$  용해압온도계를 개발하기 위하여 압력센서와 gas handling system을 제작하고 특성을 조사한다.

### 2. 실험

용해압 측정을 위한 시스템은 크게 3부분으로 나뉜다. 즉,  $^3\text{He}$ 시료의 불순물 제거, 고압생성, 압력조절 등을 위한 gas handling system,  $^3\text{He}$ 의 용해압력의 변화를 검지하는 용량형 압력센서(capacitance type pressure sensor), 그리고 capacitance의 변화를 정밀하게 측정할 수 있는 고정밀 capacitance bridge를 사용한 압력측정시스템이다.

센서의 압력변화를 검지하는 diaphragm부분은 고압상태에서 반복사용에도 재현성이 좋은 Be-Cu를 사용하였다.

$^3\text{He}$ - $^4\text{He}$  희석냉동기를 이용하여  $^3\text{He}$ 의 고체-액체 용해압 측정실험을 수행하였다. 실험은 세 단계로 이루어졌다.

- 1)  $^3\text{He}$ 이 들어있지 않은 진공상태의 압력cell의 capacitance가 온도에 따라 변화하는 모습을 관측하는 background 효과의 측정이다.  $^3\text{He}$  용해압실험이 이루어지는 온도영역은 34bar의 초기압력을 설정하는 1K 부근에서부터 ~20mK 사이이다. 이 영역에서의 온도 변화에 대

해 cell 자체의 capacitance 변화는 실험결과에 systematic error로 작용하기 때문에 일차적으로 background 효과를 알아본다.

- 2) cell 내부에서  $^3\text{He}$  고체와 액체의 용해압력의 변화는 capacitance type 압력sensor에서 capacitance의 변화를 감지하는 것이므로, 압력의 변화에 대한 capacitance의 변화를 교정하는 과정이 필요하다.
- 3)  $^3\text{He}$  용해압을 측정한다.

### 3. 결 과

$^3\text{He}$  고체-액체 용해압력 측정을 위하여 용량형 압력센서를 설계하고 제작하였으며, 센서에 고압생성을 위한 gas handling system을 제작하였다.

제작한  $^3\text{He}$  용해압측정시스템으로 세가지 실험을 수행하였다.

- 1) 압력cell의 background 효과 측정은 19mK~800mK의 온도영역에서 약  $3 \times 10^{-5}\text{bar}$  정도의 압력오차를 발생시킨다. 이것은 측정한계를 벗어나는 값으로, 실험온도영역에서 압력cell 자체의 온도의존성이 무시될 수 있다는 것을 알았다.
- 2) 실온부의 정밀압력계를 이용하여 1K에서 Capacitance-Pressure 교정을 하였다.
- 3) 적절한 초기 가압조건을 찾을 수 있었으며, 1.02K에서 34bar로 가압하여  $^3\text{He}$  용해압을 측정하였다[그림]. 또한 냉각할 때 보다 온도를 올릴 때 용해압력을 측정하는 것이 정확한 용해압 곡선을 얻을 수 있다는 것을 알았다.

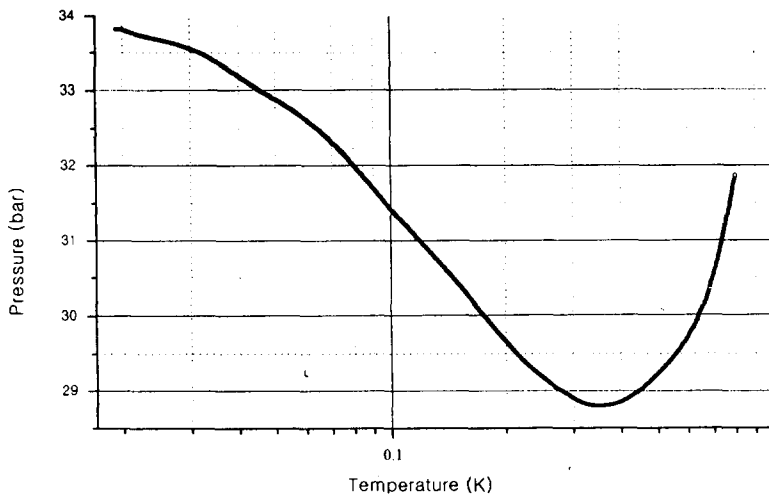


그림.  $^3\text{He}$  용해압력 곡선