

³He 용해압 측정시스템의 개발

최창호, 김동락, 김우상, 도철진*

기초과학지원연구소 고자장극저온그룹, 기술지원실.

1. 서론

저온기술의 진보와 더불어 특히 저온의 전문가가 아니더라도 mili-Kelvin 영역의 온도를 비교적 쉽게 얻을 수 있게 되었다. 또한 이 온도영역에서는 양자액체·고체, Quantum Hall 효과, mesoscopic system, 등 최근의 다양한 응집계 물성의 연구가 전개되고 있다. 그러나 이 온도영역에는 표준적인 온도기준이 확립되어 있지 않다. ³He의 용해곡선은 1mK ~ 700mK 사이의 광범위한 온도눈금으로서 중요성이 인식되고 있으며 용해압력과 절대온도의 관계의 결정이 기대된다. ³He 용해압은 저온에서 정밀하게 측정할 수 있는 물리량이며, 높은 분해능과 재현성을 가진다. 이와 같은 장점을 이용하여 저온에서의 물성연구에 응용할 수 있는 ³He 용해압온도계를 개발하기 위하여 압력센서와 gas handling system을 제작하고 특성을 조사한다.

2. ³He 용해압력의 측정

³He의 용해압력은 양자액체와 양자고체에 의해 결정된다. 액체 ³He은 Fermi liquid이며 증기압 하에서는 0.98mK에서 질서화가 일어나 초유동전이를 한다. 액체 ³He은 증기압상태에서는 0K까지 액체상태이며, 가압하여야 액상에서 고상으로 상전이를 한다. 헬륨의 용해압은 0-자기장에서 용해압력(P)과 온도(T)와의 관계, dP/dT 는 Clausius-Clapeyron방정식으로부터 다음과 같이 주어진다.

$$\frac{dP}{dT} = \frac{s_l - s_g}{v_l - v_g}$$

³He는 318mK에서 용해압력의 최소치를 가지며, 이 부근에서 액체와 고체 ³He의 mole체적은 최대치를 가진다. 그리고 온도의 감소에 따라 dv/dT 가 큰 경사를 가지며 감소한다.

용해압 측정을 위한 시스템은 크게 3부분으로 나뉜다. 즉, gas handling system, 용량형 압력센서, 그리고 압력측정시스템이다.

gas handling system은 ³He시료의 불순물 제거, 고압생성, 압력조절 등을 위한 시스템이다. 시료가스는 5N의 고순도 가스를 사용한다. 이를 위하여 gas handling panel, 정밀 압력계, 액체질소 trap, 가압을 위한 dip-stick으로 구성된다.

압력센서의 구조는 센서와 온도측정부분과의 열접촉을 좋게하기 위한 열교환기, 그리고 압력변화를 검지하는 용량형 압력계(capacitance type pressure sensor)로 나뉘어지며, 센서의 압력변화를 검지하는 diaphragm부분은 고압상태에서 반복사용에도 재현성이 좋은 Be-Cu를 사용하였다.

용량형 압력계는 용해압력의 변화에 따라서 diaphragm의 변위가 변화하는 것을 이용하는 capacitance type sensor 이다. 이를 위하여 capacitance의 변화를 정밀하게 측정할 수 있는 capacitance bridge를 사용하여 압력의 변화를 측정하였다.

3. 결론

³He 고체-액체 용해압력 측정을 위하여 용량형 압력센서를 설계하고 제작하였으며, 센서에 고압생성을 위한 gas handling system을 제작하였다.