A4

양성자 자기회전비율 측정을 위한 정밀 솔레노이드 제작

한국표준과학연구원 김철기, 우병칠, 박포규, 김창석

Fabrication of Precision Solenoid for the γ_p' Measurement

KRISS, C.G.Kim, B.C.Woo, P.G.Park, C.S.Kim

1. 서론

양성자 자기회전비율 (γ_p')은 핵스핀과 핵자기 사이의 비례상수로써, 그 측정값은 자속밀도 내에있는 H_2O 구형시료 양성자의 세차 주파수를 자속밀도로 나눈값으로 주어진다.[1] 따라서 γ_p' 값을 결정하기 위해서 자속밀도(B) 와 세차주파수 (ω_p')를 측정하여야 하는데, 저자장 방법에서는 정밀 솔레노이드의 코일상수측정값과 이를 통과하는 전류로부터 자속밀도 (약 1 mT)가 계산되기때문에, γ_p' 측정 불확도를 낮추기 위해서 정밀 솔레노이드를 제작하고 그 dimension을 정밀하게 측정하여야 한다.[2]

정밀솔레노이드는 기계적, 열적 변형이 적고 자성 불순물이 적은 용융석영(fused silica) former에 1 mm 헬리컬 홈을 만들고 그 홈에 전류를 흘려주기위한 코일을 감는데, former의 가공상 반경 및 피치 변화가 생길뿐만아니라 코일의 진원도에 의해서도 솔레노이드 반경 및 피치에 변화가 생긴다. 완성된 솔레노이드의 dimension을 코일과 레이저 간섭계로 구성된 비접촉 탐촉자로써 측정하는 경우 교류전류 인젝터와 솔레노이드 코일사이의 접촉저항이 매우 중요하기때문에 99.99 %의 동선에 금 또는 은을 도금하여 코일로 사용하고 있다.

2. Former 및 은도금 동선 제작

길이 1400 mm, 외경 220 mm, 내경 200 mm의 원통형 용융석영 former를 선반 주축대에 고정시키고 다이야몬드 휠로써 표면 연마 및 나사홈을 가공하고 다이야몬드 연마제를 사용하여 lapping 하였다. 가공정밀도를 향상시키기위해는 선반 작업조건 외에 선반과 석영의 열팽창 정도가 다르기때문에 주변온도 유지가 중요하다. 전해 도금법으로 직경 1 mm 구리선에 은을 도금을 하고 이를 다이야 몬드 다이를 통한 인출로써 ϕ 0.8 mm의 코일을 제작하였는데, 그림 1의 흰색부분에 해당하는 도금된 은 두께는 약 1 μm 이상이였다.

3. 솔레노이드 코일 winding

가공된 former와 제작한 코일에서 winding에 의한 반경과 피치변화를 최소화 시키기위해서 코일에 20 N의 일정한 장력을 인가하였다. 또 회전축의 부하를 감시하고 인버터로써 former를 일정한 속도로 회전하도록 제어하였다. 레이저 직경 측정기로써 winding 동안의 직경을 측정하였는데, 평균 직경은 799.1

이였고, 직경 변화는 그림 2에 나타낸 것처럼 상용의 코일인 경우 ± 5 ㎛ 수준인데 비해 제작된 은 도금 코일은 ± 0.3 ㎛ 정도 이였다. 용융석영의 열팽창 계수가 0.4 ppm/°C 이고 코일의 열팽창 계수가 20 ppm/°C 이기때문에 코일 winding전후 코일 및 용융석영을 열적평형 상태를 유지시켜야 하는데, 코일 winding 시 온도는 23 ± 1 °C 이였다.

4. 참고문헌

1. B.W.Petley, "The Fundamental Physical Constants and Frontier Measurement", Adam Hilger Ltd., Bristal and Boston, (1983).
2. E.R.Williams, et al, IEEE Trans. Instrum. Meas., 38, 233 (1989).

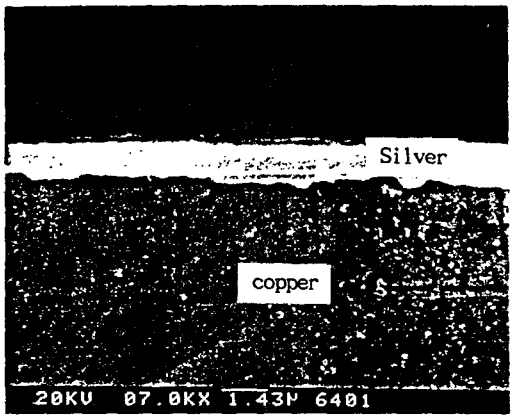

Fig.1. Thickness of the silver coated by electric plating.

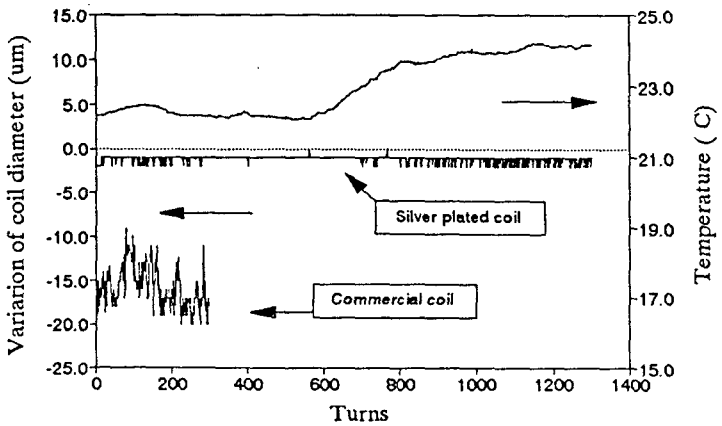

Fig.2. Temperature and coil diameter variations during coil winding on the fused silica former.