

이온권플라즈마진단을 위한 탐침측정체계구성

김철민, 오철수, 리승창

이온권플라즈마에서 전자온도, 밀도와 같은 특성량진단을 위하여 위성들과 지구관측로케트들에서 설치와 측정에 편리한 탐침진단체계를 리용하고있다.[1, 2] 일반적으로 이온권플라즈마에서 탐침으로부터 얻어진 자료는 탐침과 플라즈마사이의 호상작용과 자료수집체계로부터 발생하는 잡음 등으로 하여 측정오차가 많이 나타나고있다.

우리는 100km이상의 이온권플라즈마진단을 위한 탐침진단체계를 구성하였다.

1. 이온권플라즈마에서 탐침의 적용

지구대기의 밀도는 여름낮의 경우 100km에서 10^{12} 개/cm³, 300km에서 10^9 개/cm³, 1 000km에서 10^6 개/cm³정도이다.[1] 이러한 지구이온권의 중저위도에서는 기본적으로 태양자외선, 고위도에서는 빠른 속도를 가진 대전립자에 의한 이온화가 진행된다.

지구이온권에서 높이에 따르는 전자밀도와 이온조성분포는 그림 1과 같다.

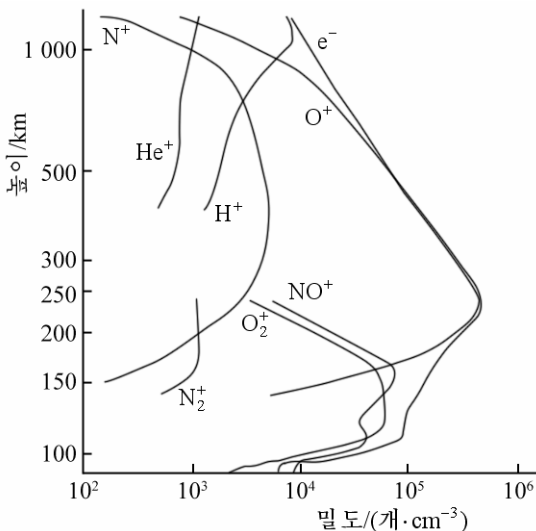


그림 1. 지구이온권에서 높이에 따르는 전자밀도와 이온조성분포

그림 1에서 보는바와 같이 높이가 90~160km인 E령역에는 기본적으로 NO^+ , O_2^+ 등과 같은 분자이온들이 존재한다. 160km로부터 200~300km까지 속하는 F령역에서는 O^+ 이 주성분으로 되어있으며 한편 자력선방향의 플라즈마확산에 의해 전자밀도가 최대가 된다. 높이가 약 60~90km인 D령역에서는 $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_n$ 및 $\text{NO}_3^-(\text{HNO}_3)_n(\text{H}_2\text{O})_m$ 과 같은 양이온과 음이온, 전자와 중성립자들이 섞인 다립자혼합기체가 존재한다.

전자밀도가 최대인 높이로부터 그 이상의 령역에서는 헬륨, 수소이온이 주성분으로 되기 시작하며 약 1 000km로부터 시작되는 플라즈마권의 경계는 지구반경의 약 4배정도 되는 높이까지이다.

그러나 실제로 전자밀도는 이온권에서 일어나는 다양한 력학적 및 빛화학적과정에 따라 $\Delta n = 10^3 \sim 10^5$ 개/cm³정도의 범위에서 변할수 있다.

D령역에서의 적용 D령역에서 전자의 평균자유행로는 수mm정도이고 탐침의 결집두께는 수cm이다. 그러므로 탐침의 결집안으로 들어올수 있는 전자들은 결집의 중심에서 중성기

체립자들과 충돌하며 그 에너지를 분포는 결집밖에서와 차이나게 된다.

한편 관측로케트는 약 1km/s의 속도로 대기속을 날아가므로 이 영역의 탐침적용에서는 결집안에서의 전자-중성립자충돌과 함께 탐침에 고속으로 충돌하는 이온들에 의한 탐침 앞면의 충격과 탐침의 뒤방향에서의 이온의 회리 등에 의한 결집모양의 변형을 고려해야 하며 이로부터 전자와 이온의 포집구조는 매우 복잡하게 된다.

E영역에서의 적용 이온권의 E영역에 도달하기 시작하면 무충돌탐침리론을 적용할수 있다. 이 영역에서는 전극오염문제를 고려하여야 한다. 그것은 E영역에 도달할 때까지 전극 표면에 부착된 오염물질이 큰 저항과 용량을 형성하기때문이다.[3]

전극오염의 영향을 제거하자면 오염성분의 용량에 의한 저항($Z_c = (2\pi f C_c)^{-1}$, f 는 탐침에 걸리는 전압의 주파수)의 영향을 제거하는 측정회로를 개발하거나 전극오염을 제거하는 방법을 연구도입하여야 한다.

2. 이온권플라즈마진단을 위한 탐침측정체계구성

이온권플라즈마진단에 리용하기 위한 탐침측정체계는 장치조종 및 자료전송을 위한 한소편컴퓨터와 탐침전류신호검출기, 증폭단으로 구성하였다.

탐침측정체계구성도는 그림 2와 같다.

탐침에는 한소편컴퓨터의 조종에 따라 수자신호를 상사신호로 변환하여 그림 3에서와 같이 탐침에 주사한다. 탐침에 걸어주는 전압은 분해능을 높이기 위하여 512개의 계단으로 만들어준다.

탐침진단에서의 정확도를 높이는데서 온도와 밀도측정을 위한 탐침근사의 정확도보다도 측정오

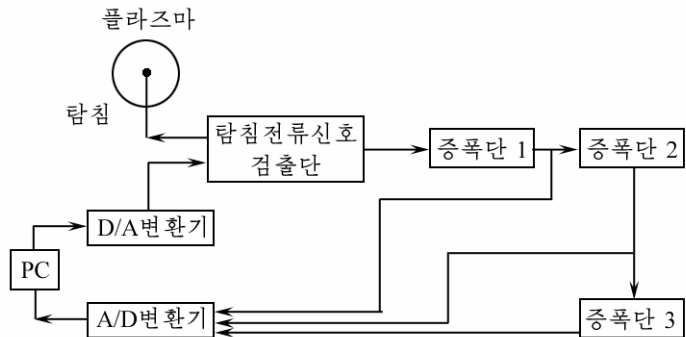


그림 2. 이온권플라즈마진단을 위한 탐침측정체계구성도

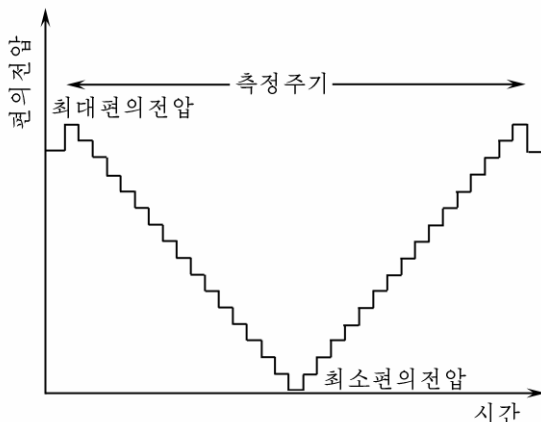


그림 3. 탐침에 걸어주는 계단식편의전압

차를 줄이는것이 훨씬 중요하다.

측정을 정확히 하기 위해서는 또한 측정시간을 짧게 하여 오차원천을 제거하는것이 필요하다.

따라서 탐침진단체계에서 우주환경의 영향을 최소화 하기 위하여 주사주기를 1kHz 이상으로 보장하도록 하였다.

탐침에 전압을 걸어줄 때 탐침으로 흐르는 전류는 탐침전류신호검출기를 통하여 전압신호로 변환되어 검출된다.

검출된 전압신호는 필요한 증폭도를 보강하여 다시 수자신호로 변환되어 기록되며

기록된 자료는 지상에 있는 전달체계에 수자화되어 전송된다.

검출된 전압신호는 우주환경의 다양한 조건에 따라 전자밀도의 변화폭이 넓은 조건에 맞게 최대증폭도가 최소전자밀도에 해당되도록 설정하였으며 최소증폭도는 최대전자밀도에 해당되도록 설계하여 3단으로 구성하였다.

증폭단설정은 측정자료의 특성에 따라 자동적으로 결정하게 하였다.

또한 전압신호의 측정정확도를 높이기 위하여 12bit A/D변환기를 리용하여 수자화하여 기록하며 일정한 측정이 진행된 후 지상으로 전송할수 있게 구성하였다.

맺 는 말

이온권플라즈마에서의 탐침적용가능성으로부터 시공간분해능을 높일수 있는 탐침진단체계를 구성하였으며 이 체계는 높이 500~1 000km에서 이온권플라즈마진단에 리용할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Amemiya Hiroshi et al.; Journal of Plasma and Fusion Research, **81**, 7, 517, 2005.
- [2] C. T. Steigies et al.; Review of Scientific Instruments, **83**, 113502, 2012.
- [3] R. B. Lobbia et al.; Review of Scientific Instruments, **81**, 073503, 2010.

주체105(2016)년 6월 5일 원고접수

Establishment of Probe Measurement System for the Plasma Diagnostics in the Ionosphere

Kim Chol Min, O Chol Su and Ri Sung Chang

We compose the probe diagnostics system which can improve the time-space resolving power based on the possibility of the probe application for the ionosphere plasma, and this can be used for the ionosphere plasma diagnostics from 500~1 000km of altitude.

Key words: probe diagnostics system, ionosphere, plasma