

## 差動レゾナンスプローブ (電子密度測定)

竹屋芳夫\*・南 繁行\*

### Differential Resonance Probe (Electron Density Probe)

Yoshio TAKEYA\* and Shigeyuki MINAMI\*

**Abstract:** This paper deals with “differential resonance probe method”, which is one of the RF plasma probe techniques. This probe method is compared with other electron density probe method.

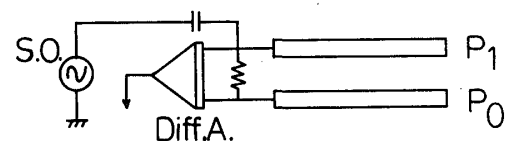
#### 1. は じ め に

南極ロケットを用いて、すでに電子密度プロファイルの測定がなされている。ここでは著者らにより開発された差動レゾナンスプローブについて紹介し、南極で電子密度を測定する場合のメリットを含めて本方法を提案する。

#### 2. 差動レゾナンスプローブ

差動レゾナンスプローブの詳細に関しては、MINAMI (1974) を参照して頂くことにして、ここでは簡単にその動作原理について述べる。図1は、そのブロック・ダイアグラムを示した。2つの同一形状のプローブ  $P_0$ ,  $P_1$  をセンサーとして、プラズマ中におき、片方のプローブ

図1 差動レゾナンスプローブの原理図  
Diff. A. は直流差動アンプ, S. O. は掃引周波数  
発振器  
Fig. 1. Block diagram of differential resonance  
probe. Diff. A.: Differential amplifier, S.  
O.: Sweep oscillator



$P_1$  に高周波掃引電圧を印加する。プラズマの周波数特性に応じて、プローブ近傍のシースにかかる高周波電圧が変化し、非線形特性により、プローブの直流電位が変化する。 $P_0$  はプラズマの変動（雑音）を検出するための参照プローブであり、 $P_0$  と  $P_1$  の間の直流電圧が、プラズマの高周波特性に対応する。この差動法により、既存のレゾナンスプローブでは雑音のため、検出が困難であった反共振が容易に指摘できるようになり、プラズマ密度がインピーダンスプローブ (EJIRI *et al.*, 1972) と同程度の精度でもとまるようになった。

図2は、ロケット搭載用としても高分能が期待される交流変調法を用いた差動レゾナンス

\* 大阪市立大学工学部. Osaka City University, Faculty of Engineering, Sumiyoshi-ku, Osaka.

プローブを示したもので，図中，2つの振動の高周波電圧を切りかえることにより，各各に対応するレゾナンスプローブの静特性  $C_1$ 、 $C_2$  から，2つのプローブ間には直流電圧のほかに静特性  $C_1$ 、 $C_2$  の差動に相当する振幅の交流信号を得ることができる．もとの変調交流と同期検波して，対数圧縮を×印の点で行えば，広い範囲でレゾナンスプローブ特性が直視できる．図3はその実験の1例で，3.5 MHz 付近に，シース・レゾナンスが，4.8 MHz に，高部ハイブリッド共鳴が得られている．この場合，交流変調は 200 Hz，掃引くり返しは，上が 0.2 s，下が 0.7 s の周期で行った．この方法は，プローブのコンタクト・ポテンシャルに起因する直流オフセット電圧をものぞきうるために，静特性をそのまましらべる実験室での方法（図1）に比べて優れている．

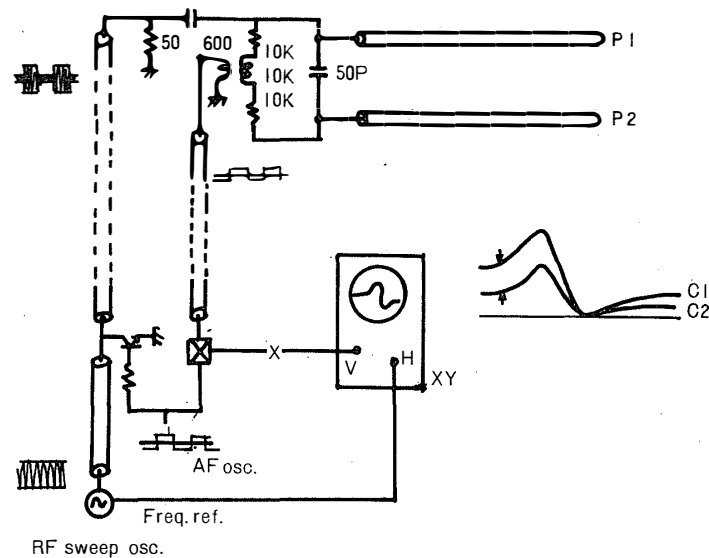


図2 交流変調法による差動レゾナンスプローブ

Fig. 2. Differential resonance probe using AC-modulation method.

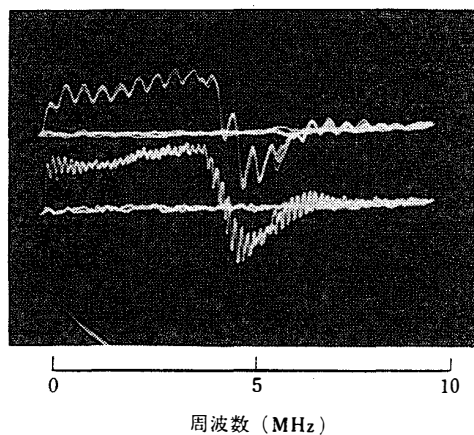


図3 交流変調法によるレゾナンスプローブ特性の一例

Fig. 3. Characteristics of the resonance probe using AC-modulation method.

## 3. 電子密度測定法としての検討

図4は、インピーダンス・プローブと差動レゾナンスプローブの比較実験の1例であり、外部磁場の変化に従って、レゾナンス周波数が、両者良い一致をみせている。しかし、インピーダンス・プローブは、プローブ検出部におけるシースが、浮遊容量としてあらわれ、電子密度を低く見積もる原因の一つとして指摘されている（木村他, 1973）。図5は、シース

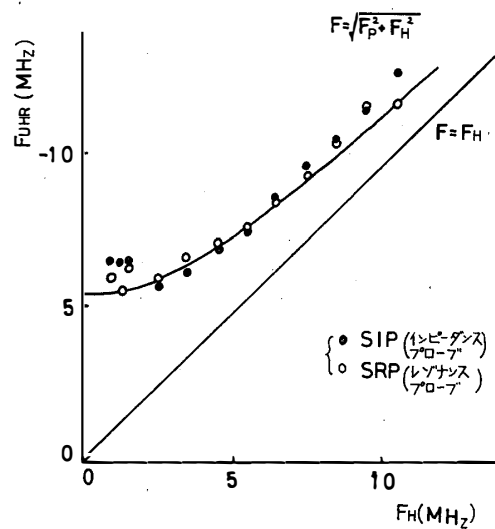


図4 レゾナンスプローブとインピーダンスプローブのレゾナンス周波数の比較（横軸ジャイロ周波数）

Fig. 4. Comparison of the resonance frequencies of the resonance and impedance probe.

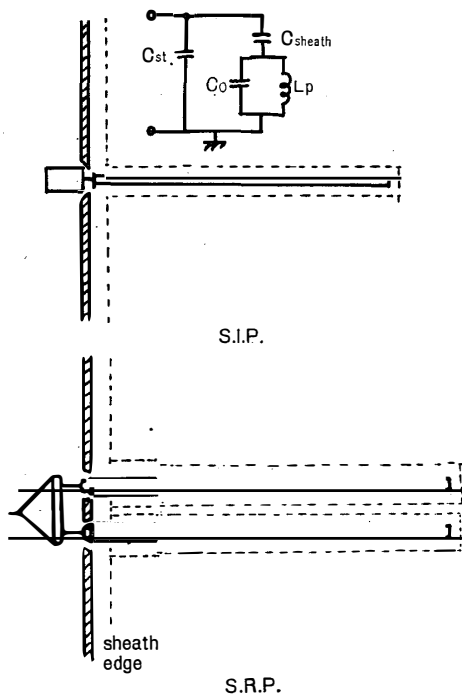


図5 ロケット・ボディ付近のシースの影響を示した図。下図の黒い部分は絶縁物でおおっている。

Fig. 5. Schematic illustration of the sheath effect near the rocket body.

を含む測定系をロケット・ボディとともに描いたもので、インピーダンス・プローブではシースが浮遊容量にきいてくるのに対し、レゾナンスプローブは、電流を捕集する金属表面部をロケット・ボディから離すことにより、影響をなくすることができる点で有利である。さらに、交流インピーダンス測定では、オフセット容量の調整が必要であるが、直流的に検出するレゾナンスプローブは、交流的バランスが不必要な点でも、南極現地での調整を必要とせず組み込める点で至便と考えられる。

### 謝 辞

日頃実験につきご討論いただく理化学研究所土手敏彦氏に謝意を表します。

### 文 献

EJIRI, M. and T. Aso (1972): RF probe. Discharge Res., **46**, 47-52.

木村磐根・江尻全機 (1973): 電離層電子密度測定の問題点. 宇宙観測シンポジウム, 昭和48年度, 44.

MINAMI, S. (1974): Electron density measurement techniques by differential resonance probe. Papers of technical group on plasma IEE of Japan, EP-74-14.