# カーリングプローブ電極埋設時のイオン衝撃による影響

## Influence of ion bombardments to curling probe embedded into an electrode

中部大工[1]　○(M1)紀平 侑樹[1]，中村 圭二[1]，小川 大輔[1]

Chubu Univ.[1]　°Yuki Kihira[1], Keiji Nakamura[1], Daisuke Ogawa[1]

E-mail: te22004-5292@sti.chubu.ac.jp

## 1. はじめに

カーリングプローブ(Curling Probe, CP) は，マイクロ波帯域による電気的な共振現象を使い，プラズマ中の電子密度の計測を行う方法の 1 つであり，そのアンテナは，スパイラル状のスロットアンテナを採用している [1), 2)]。このプローブは，他のマイクロ波共振を使ったプローブと同様，アンテナに接する物質を誘電体により，その共振周波数が変化する原理を用いて電子密度やプローブ上に堆積した膜の厚さを計測することができる。このようなマイクロ波共振を用いた計測方法はラングミュアプローブのように直流電流を扱わないため，膜が堆積するようなプラズマプロセス (deposition) においても，電子密度の計測が可能なため産業での応用を期待としている。

これまで我々は，膜が堆積するようなプラズマにおいて，大きさの異なる 2 つのプローブを用いて，プラズマ中の電子密度とプローブ上に堆積した膜の厚さのその場同時測定法の開発を行ってきた [3), 4)]。しかし，半導体製造で用いられるようなプラズマ反応容器において，電極間が数十 mm 程度である一方，カーリングプローブの先端が φ10 - 20mm の円筒であり，このままではプラズマに擾乱を与えるため実用は難しい。この解決方法として，昨今，カーリングプローブの潜在的に持っている電子計測の指向性を利用し，壁や電極に埋設した状態で計測する方法を考案した。ここではその最新の研究成果について報告する。

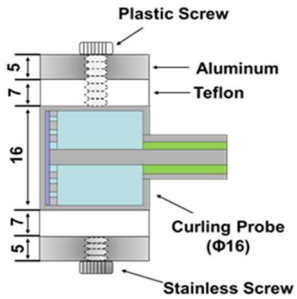


Fig. 1 Experimental setup to make an equivalent situation for a curling probe embedded into an electrode (side view).

## 2. 実験条件・測定結果

Fig. 1 は，カーリングプローブの壁や電極埋設の可能性を調査するために，カーリングプローブ周辺に仮想電極（壁）を設置した図を示している。ここではバイアス電極を模擬した電極に RF 電圧（400 kHz）を印加し，これらを誘導性結合プラズマ( 13.56 MHz，300W ) に曝した。

Fig. 2 は，カーリングプローブ周辺の模擬電極に 400 kHz の RF 電圧を印加（0 – 500 W）したときに，カーリングプローブから得られる共振周波数の推移を示している。

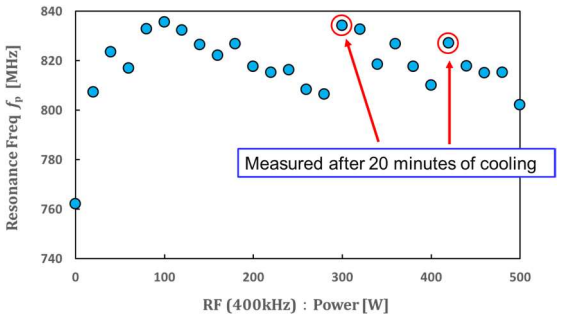


Fig.2　Evolution of resonance frequency obtained from curling probe equivalent to a situation where it is embedded into an electrode. Note that we intentionally made a cooling time (20 min.) before the measurement at 300, 420 W.

上の図でみられるように，バイアス電力を 100 ~ 300W と増加させると，それに応じて共振周波数が下がっていく傾向が見られた。しかし，その一方で 300 W を計測した後, 20 分間のアルゴンガスによる冷却時間を設けると，冷却前後で共振周波数の不連続性が観測された。この結果より，カーリングプローブを電極に埋設した場合，イオン衝撃によりプローブに与える熱の影響があることがわかった。本発表では，この結果を踏まえて，最新の研究結果について報告を行う。

1) A. Pandey et al., *Appl. Phys. Exp.* **6** (2013) 0562020.
2) M. Hotta et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **57** (2018) 046201.
3) D. Ogawa et al., *Plasma Sources Sci. Technol.* **29** (2020) 075009.
4) D. Ogawa et al., *Plasma Sources Sci. Technol.* **30** (2021) 085009.

© 2023年 応用物理学会