

プラズマ可変キャパシタの損失へガス圧力が与える影響

Effect of the Gas Pressure on the Loss in a Plasma Variable Capacitor

三菱電機株式会社

○西岡 宗, 山浦 真悟, 内藤 皓貴, 西本 研悟, 西岡 泰弘,

Mitsubishi Electric Corporation

○Shu Nishioka¹, Shingo Yamaura¹, Teruki Naito¹, Kengo Nishimoto¹, Yasuhiro Nishioka¹

E-mail: Nishioka.Shu@aj.MitsubishiElectric.co.jp

1. まえがき

近年, プラズマの誘電率可変性を活用したプラズマ可変キャパシタが提案されている[1,2]. 本キャパシタは静電容量値の高速切り替えと高い耐電力性の兼備が期待されているが, 低損失化が課題である [2]. 筆者らはこれまで, 本キャパシタを低ガス圧化することで低損失化できる見込みを理論的に示している [2]. 本稿では, 本キャパシタの損失へガス圧力が与える影響を測定結果より明らかとする.

2. プラズマ可変キャパシタの測定系

図1に, 石英ガラス製円筒型放電管を用いて試作したプラズマ可変キャパシタおよびその測定系を示す. 本キャパシタは, 管壁厚さ 1 mm かつ外径 19 mm の放電管外壁に, 2 枚の銅製 RF 印加用電極を貼付して構成される. ここで, 図1中の電極寸法は, $L = 50$ mm, 角度 $\theta = 111$ deg である. 放電管は Ar ガスを充填しており, その圧力 p を真空ポンプで調整する. 放電電極は DC 電源を接続しており, 放電電流値 J_{Dis} を制御することでプラズマ密度を調整し, RF 印加電極間の静電容量値 C_{DUT} を可変とする.

本稿では, 文献[2]に基づき測定系を構築している. 本キャパシタのインピーダンス Z_{DUT} は Sパラメータ法 [3]により測定用同軸ケーブルの影響を除去して測定しており, C_{DUT} および Q_{DUT} は Z_{DUT} を用いて,

$$C_{DUT} = -[2\pi f \text{Im}(Z_{DUT})]^{-1} \quad (1)$$

$$Q_{DUT} = [2\pi f C_{DUT} \text{Re}(Z_{DUT})]^{-1} \quad (2)$$

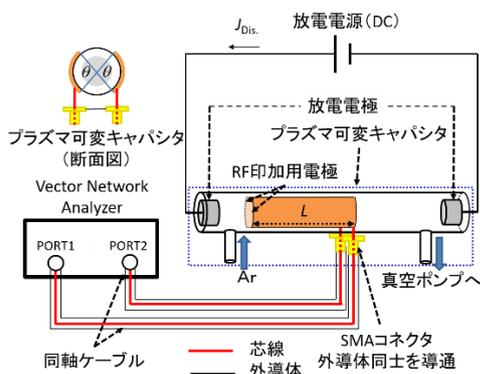


図1 試作したプラズマ可変キャパシタと測定系

としてそれぞれ求める. ここで, f は印加 RF 周波数を示す.

3. 測定結果

各ガス圧力で測定した C_{DUT} および Q_{DUT} の関係性 (C-Q 特性) を図2に示す. C-Q 特性は, $f = 15$ MHz, J_{Dis} は 0 - 10 mA (保有電源の最大出力), また p は保有電源で放電可能な範囲: 5 - 200 Pa にて測定している. 図2より, $C_{DUT} = 4.0 - 8.0$ pF の範囲では p を 200 Pa から 5 Pa まで減圧することで, Q_{DUT} は 3-4 程度から 5-10 程度まで増大している. すなわち, 理論的予測[2]と定性的に一致することを示している. ただし, 高速切り替え可能な可変キャパシタとして代表的なバラクタダイオードの Q 値は 260 程度[4]であるため, 更なる低損失化が必要である.

4. まとめ

プラズマ可変キャパシタの損失へガス圧力が与える影響を測定した. その結果, 放電管内を減圧することで損失を低減できることを示した. 今後, 更なる低損失化手法を検討する.

参考文献

- [1] P. Linardakis, IEEE Microw. Wireless Compon. Lett., **17**, 11, pp. 763-765 (2007).
- [2] 西岡宗ほか, 令和2年電気学会全国総合大会, 1-073 (2020).
- [3] T. Fukasawa, et al., IEEE Trans. Antennas Propag., **60**, 12, pp. 5645-5653 (2012).
- [4] Toshiba, 1SV325, https://toshiba.semicon-storage.com/info/doc_get.jsp?did=2857&prodName=1SV325, 2020年3月13日閲覧.

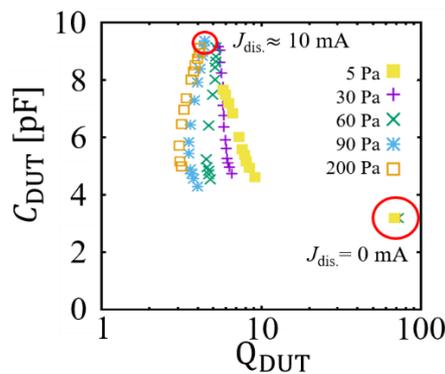


図2 各ガス圧力における C-Q 特性