

2 MHz自励発振器によるプラズマ処理技術に関する研究 (第1報)

阿部 治・木島 一広・河野 裕
杉田 良雄*¹・長谷川 均*¹・関谷 英治*¹・中込 章公*¹

Study on Plasma Treatment with Self-oscillating 2MHz Generator (1st Report)

Osamu ABE, Kazuhiro KIJIMA, Hiroshi KONO,
Yoshio SUGITA*¹, Hitoshi HASEGAWA*¹, Eiji SEKIYA*¹ and Akimasa NAKAGOMI*¹

要 約

2 MHz自励発振器を使用した高周波プラズマ処理装置を作製し、放射される電界強度を測定したところ、150k~30MHzにおいて、電波法の規制値以下になっていることを確認した。また、この高周波プラズマ処理装置を用いて、各種プラスチックシートに対して酸素プラズマによる表面処理を行ったところ、13.56MHzの場合と同程度のぬれ性の向上が認められた

1. 緒 言

プラズマ技術は、半導体製造産業において、エッチングやPVD・CVDなどの薄膜製造工程などに幅広く使われている。高周波放電によってプラズマを発生させる際、プラズマを負荷として見た場合のインピーダンスは、抵抗成分の他にリアクタンス成分も含む。そのため、高周波電源とプラズマ負荷との間の反射波を防ぐため、インピーダンス整合を行う必要がある。通常用いられている高周波プラズマ装置では、電源周波数は固定であるため、インピーダンス整合をとるためには、可変コンデンサとコイルによって適切なリアクタンスを形成することのできるインピーダンス整合器（マッチングボックス）を用いることが一般的である。この方法では、機械的な同調作業を伴うため、整合に要する時間が数秒オーダーで必要となる。また、高出力のものではコイルやコンデンサも大型化してしまうため、装置自身の大型化や高コスト化が問題となる。

一方2 MHz自励発振器はプラズマ負荷を含めた全体の系の状態で発振条件が決定するため、インピーダンス整合が容易であり、マッチングボックスが不要となる。負荷変動に強いことから、誘導結合高周波加熱には以前から用いられている^{1),2)}が、プラズマ表面処理に応用した例は少ない³⁾。そこで、ガラスや各種プラスチック基板に対して2 MHz自励発振器によるプラズマ表面処理を行い、濡れ性を評価することで、マッチングボック

ス不要のプラズマ処理装置として活用する可能性を探る。

2. 高周波プラズマ発生装置

本研究では、ワイエス電子工業(株)で開発した小型自励発振電源を用いた高周波プラズマ発生装置を開発した。従来の自励発振電源はおもに真空管を使用しており、発振器の小型化は難しかった。しかし、今回使用している自励発振電源は、MOS形電界効果トランジスタを用いて2 MHz帯の発振を可能としており、小型化されてい

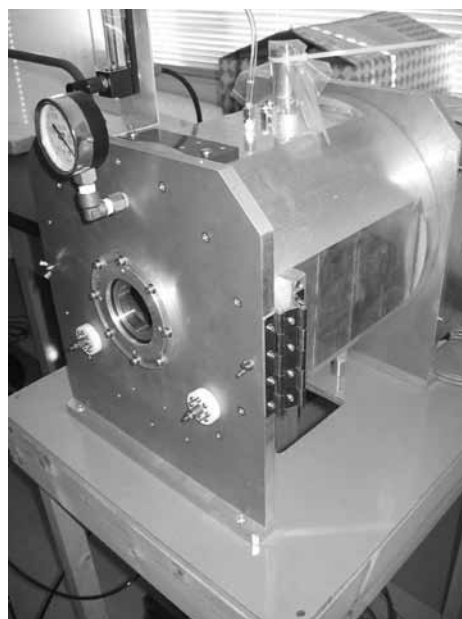


図1 高周波プラズマ発生装置の外観

*1 ワイエス電子工業株式会社

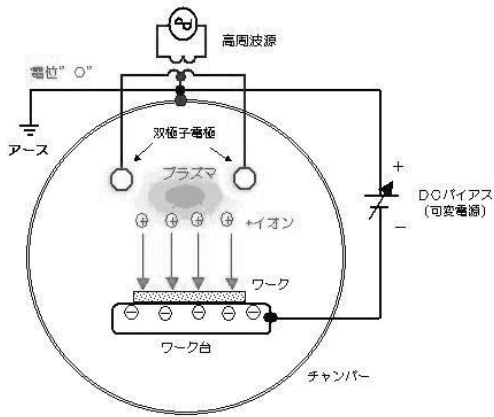


図2 チェンバ内部の概略図

るのが特徴である。発振器の小型化により、真空チャンバーとの一体設計が可能となり、電磁遮蔽がしやすい構造となっている。装置の外観を図1に、チェンバ内部の概略図を図2にそれぞれ示す。

なお2MHz帯を使用する機器については、電波法をはじめとする法律によりその使用が制限されている。関係する法律を以下に抜粋する。

- 電波法（昭和二十五年五月二日法律第三百三十一号）
第百条
- 電波法施行規則（昭和二十五年十一月三十日電波監理委員会規則第十四号）第四十五条
- 無線設備規則（昭和二十五年十一月三十日電波監理委員会規則第十八号）第六十五条

これらの法律により、プラズマ発生に用いる高周波設備の発射およびスプリアス発射による電界強度の許容値は30mの距離において100 μ V/m (40dB μ V/m) 以下と定められている。この規定を満たしているかどうかを電波暗室において測定した。150kHz～1GHzにおける測定結果を図3および図4に示す。なお電波暗室での測定距離は3mであるため、測定結果から、直接規定を満足するかどうかの判断は困難であるが、16MHz以上の周波数に関しては、発生している電磁界が完全な遠方界であるとして、3mでの許容値は30mでの許容値に20dBを加えたもの(60dB μ V/m)で近似できる⁴⁾。また、5MHz以下の周波数のものに関しては、近傍界であるため、さらに距離減衰は大きなものになると考えることができるが、今回は30mでの許容値に30dBを加えたもの(70dB μ V/m)で近似した。5MHz～16MHzの周波数に関しては、許容値は70～60dB μ V/mに変化するものとした。これら許容値は図3および図4において太い実線で示してあるが、200kHz～1GHzの周波数において、許容値以下になっていることが確認できた。150k

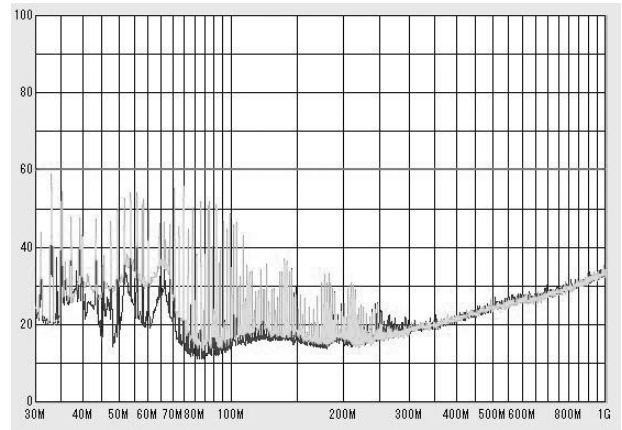


図3 30M～1GHzにおける電界強度（測定距離3m）

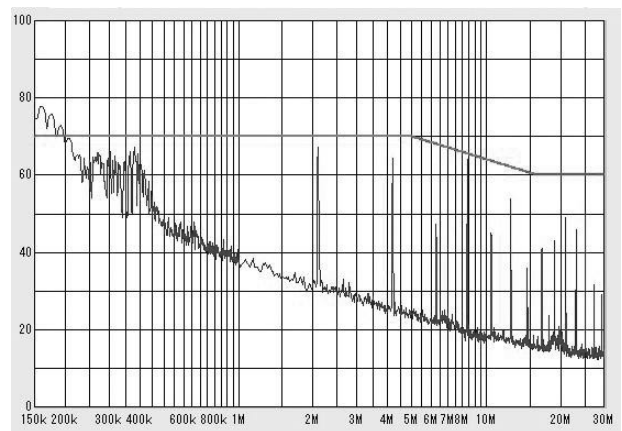


図4 150k～30MHzにおける電界強度（測定距離3m）

～200kHzの周波数においては、この許容値を超えているが、近傍界であるため、さらに距離減衰は大きなものになると考えられることから、規定値を下回る可能性は十分にあると思われる。

3. プラズマ表面処理

開発した高周波プラズマ発生装置を使用して、各種プラスチックシート（PEN、PETおよびPC）に対してプラズマ表面処理を行い、そのぬれ性の変化を評価した。プロセスガスは酸素を用い、プロセスガス導入時の真空容器内圧力が100Paとなるように調整した後、RF電圧100V、DCバイアス400Vを印加し、プラズマを発生させ、表面処理を60秒間行った。ぬれ性の評価にはFIBRO System AB社製の接触角計Model PGXを使用した。プラズマ洗浄処理を行ったプラスチックシート上に4 μ lの純水を静的に滴下し、その液滴の接触角を測定した。プラズマ処理の30秒後、2分30秒後、5分後、10分後、20分後および60分後の接触角の測定結果を図5に示す。なお未処理のシートの接触角を、経過時間0の値としてプロットしてある。いずれのシートにおいてもプラズマ表面処理によって接触角は小さくなり、ぬれ性の向上が

見られた。また1時間経過した後でも、処理前の状態と比較して、PENおよびPETで約5割、PCで約6割の接触角を維持している。

このぬれ性の向上がどの程度のものかを調べるために、以前に報告された13.56MHzでのプラズマ表面処理実験⁵⁾と比較してみた。図6にPETの場合の比較を、図7にPCの場合の比較をそれぞれ示す。接触角の時間変化は、2MHzおよび13.56MHzいずれの場合においても、ほぼ同じ変化を示しており、同等の結果が得られている

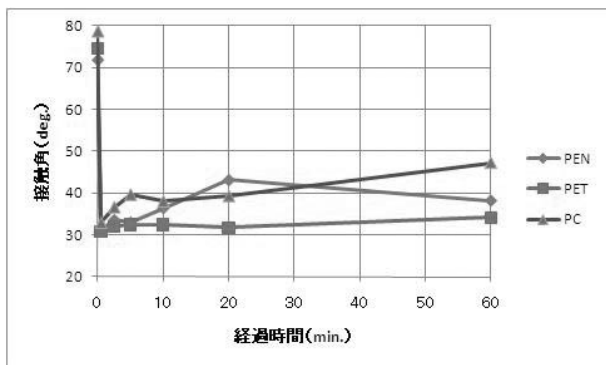


図5 プラスチックシートのぬれ性の時間変化

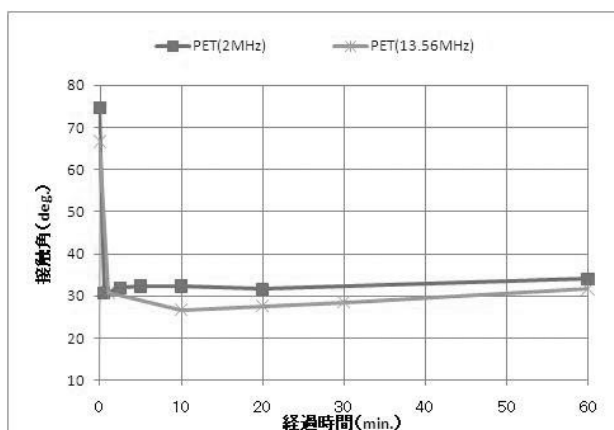


図6 PETのぬれ性の変化の比較（2MHzと13.56MHz）

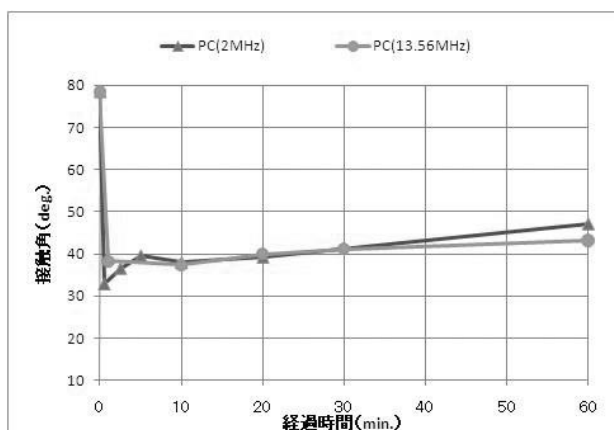


図7 PCのぬれ性の変化の比較（2MHzと13.56MHz）

ことが分かった。

4. 結 言

2MHz自励発振器を使用した高周波プラズマ処理装置を作製し、放射される電界強度を測定したところ、150k~30MHzにおいて、電波法の規制値以下になっていることを確認した。また、この高周波プラズマ処理装置を用いて、各種プラスチックシートに対して酸素プラズマによる表面処理を行ったところ、13.56MHzの場合と同程度のぬれ性の向上が認められた。

参考文献

- 1) 八代 浩二, 鈴木 大介, 他: 山梨県工業技術センター研究報告, No.21, p.10-14 (2007)
- 2) 八代 浩二, 鈴木 大介, 他: 山梨県工業技術センター研究報告, No.23, p.6-9 (2009)
- 3) Yuu IRIYAMA et al.: Plasma Treatment and Plasma Polymerization by Self-Oscillating 2-MHz Generator, J Photopolym Sci Technol, Vol.20, No.2, p.209-213 (2007).
- 4) 野田 臣光: IH技術応用家電機器のEMC, 第10回 EMCシンポジウムIIDA 2009予稿集, p.59 (2009)
- 5) 萩原 茂, 河野 裕, 木島 一広, 阿部 治, 他: 山梨県総合理工学研究機構研究報告書, No.4, p.63-69 (2009)