

窓型プローブ検出系の改良 —プラズマ処理装置向け異常放電抑止システムの開発—

宮川 隆二^{*}・石松 賢治^{*}・八坂 三夫^{**}・竹下 正吉^{**}・田間 政義^{**}・北村 智行^{**}

岡村 浩治^{***}・児玉 昭和^{***}・伊藤 奈津子^{****}・板垣 洋輔^{****}・上杉 文彦^{****}

萩原 宗明^{*****}・浅野 種正^{*****}

^{*}電子部、^{**}(株)東京カソード研究所

^{***}NEC九州(株)、^{****}NECエレクトロニクス(株)

^{*****}電子応用機械技術研究所、^{*****}九州工業大学

Improvement of a Viewing Port Probe of System

—Development of an Anomalous Discharge Suppression System for Plasma Processing Equipments—

Ryuji MIYAGAWA^{*}, Kenji ISHIMATSU^{*}, Mitsuo YASAKA^{**}, Masayoshi TAKESHITA^{**}, Masayoshi TAMA^{**}, Tomoyuki KITAMURA^{**}

Kouji OKAMURA^{***}, Akikazu KODAMA^{***}, Natsuko ITO^{****}, Yousuke ITAGAKI^{****}, Fumihiko UESUGI^{****}

Muneaki HAGIWARA^{*****} and Tanemasa ASANO^{*****}

半導体製造において利用されるプラズマ処理装置内では、製品歩留まりや生産性に悪影響を与える異常放電が発生する。窓型プローブを利用した新しいプラズマモニタ技術シーズとして、異常放電を完全にゼロにする異常放電抑止システムの開発に取り組んだ。本報告では、システムの要となる窓型プローブ用検出系の仕様検討と改良結果について説明する。

1. はじめに

半導体製造の前工程においては、エッチング装置、スパッタリング装置、アッシング装置、CVD装置など、プラズマを応用した製造装置が基幹部分を担っている。ひとつの工場だけでも、数100台のプラズマ装置がある。しかし、プラズマプロセスは、ウェハ処理を行うチャンバ内で異常放電が発生し、製品歩留まりや生産性に悪影響を与えるという問題がある。

ウェハレベル・チップサイズ・パッケージの普及による後工程でのプラズマ利用、マイクロマシンの実用化、FPD生産の拡大等、半導体以外の分野でも、プラズマ装置の利用台数は確実に増加している。また、半導体の微細化、FPDの大型化、半導体以外の材料の利用、少量多品種によるレシピ数の増大といったプロセスの急速な変化発展に伴って、経験に基づいた異常放電対策が通用しなくなる。つまり、異常放電の問題がなくなる事はなく、今後更に深刻化していくと予測される。

これまでに我々は、AEセンサ(超音波センサ)、及び、窓型プローブ(電界センサ)を利用した全く新しい概念に基づく異常放電監視システム^{1)~5)}を開発し、その有効性を確認してきた。本研究ではそれを更に推し進め、異常放電を事前に予知し、製品ウェハの被害をゼロにすることを

目的とした異常放電抑止システムの開発に取り組んだ。

我々が提案する異常放電の抑止方法は、窓型プローブによって異常放電の予兆信号を検出し、即座にプラズマ装置の電源系を制御する原理で実現される。その詳細内容については、平成15年度及び平成16年度地域新生コンソーシアム研究開発事業「プラズマ処理装置向け異常放電抑止システムの開発」の成果報告書で報告済みであることから、本報告では、抑止システムのハード面での中心部となる窓型プローブ検出系の改良に限って説明する。

2. 窓型プローブ検出系の構築

異常放電抑止の実現は、窓型プローブ^{1)~5)}による予兆信号の確実な検出が鍵を握っている。これまでの実験結果によると、異常放電の予兆信号は100ms程度の緩やかなDC(直流)レベルの微変動と特徴付けることができる。しかし、窓型プローブは、プラズマ状態の全体監視にも利用することを前提としているため、0.1 μ s程度のインパルス性の信号も検出できる必要がある。つまり、検出系には10Hzから10MHzの周波数帯域が求められる。

なお、窓型プローブ自体が容量性であることから、ブリアンプの入力インピーダンスと組み合わせると自然にハイ

パスフィルタが構成されることに注意が必要である。つまり、高域側の特性改善のために入力インピーダンスを小さくすると低域側の特性が悪化して、予兆信号を検出できなくなる。典型的なプラズマ装置ののぞき窓に取り付けた窓型プローブの特性容量は、数100pF程度と見積もられるので、プリアンプの入力抵抗は10MΩ以上であることも重要な要件となる。

信号レベルは装置やプロセスによって様々であることから、検出系の増幅度を調整できる必要がある。これまでの実験結果から増幅度は少なくとも600倍まで対応できる必要がある。

以上より、検出系に求められる主たる要求仕様は表1のようにまとめられる。

表1 窓型プローブ検出系に対する要求

項目	要求値
入力インピーダンス	10MΩ
増幅度	600倍
周波数帯域	10Hz~10MHz(3dB)

窓型プローブ用検出系を構築するにあたり、従来から用いていた200kHz共振型AEセンサ用検出系が利用可能であるか調べた。

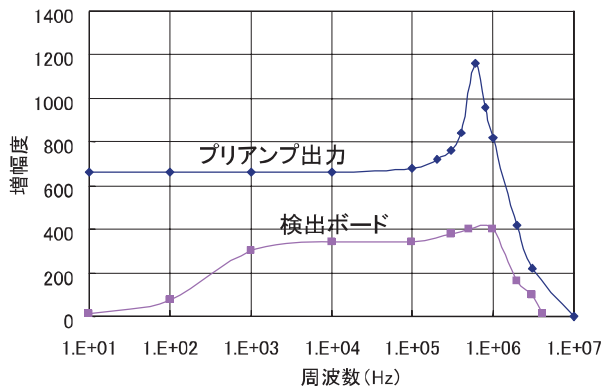
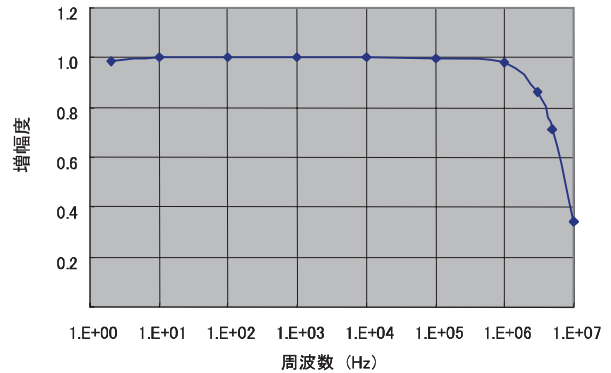


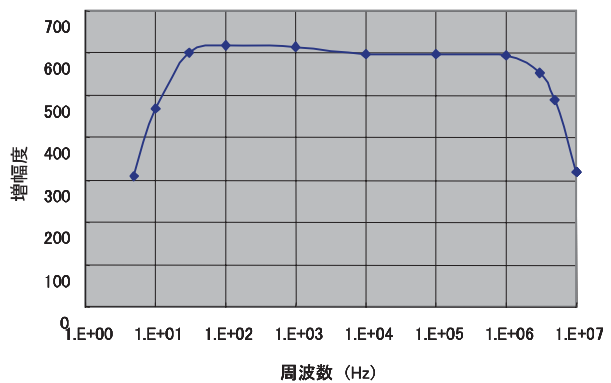
図1 200kHz共振型AEセンサ用検出系の特性

図1は、AEセンサ用検出系のプリアンプ部、及び、検出ボード部それぞれの周波数特性を示す。プリアンプ部の周波数特性は、低域側は10Hzより小さいが、高域側は200kHz以上から増幅度に異常が見られ、データでは示していないが波形歪が顕著となる。また、プリアンプの入力インピーダンスは、強誘電体型AEセンサの電圧増幅を行うため、100kΩと低く設定されている。検出ボード部は、低周波域のカットオフ周波数が200Hz程度であり、

検出系全体で周波数帯域の実用範囲は、200Hzから200kHzとなっている。つまり、200kHz共振型AEセンサ用検出ボードとしては十分な性能といえるが、予兆信号まで検出可能な窓型プローブ用の検出系としては不十分であることから、プリアンプ部と検出ボード部を変更する必要がある。



(a) 増幅度1倍のとき



(b) 増幅度600倍のとき

図2 窓型プローブ用プリアンプ部の特性

図2は、窓型プローブ用に試作したプリアンプ部の周波数特性を示す。増幅度が1倍の場合は、低域側は1Hzより小さく、高域側の周波数は10MHzにわずかに満たないものの、回路のチューニングや検出側での補正により解決可能な増幅度が得られている。増幅度が600倍の場合は、1倍の場合に比べて低域側の特性が若干悪化しているものの、全体の周波数帯域は5Hzから10MHzと要求値を満たしている。

図3は、プリアンプの増幅度を1倍とした場合の検出系全体(プリアンプ部と検出ボード内アナログ部)の周波数特性を示す。全体の周波数帯域として2Hzから10MHzであることがわかる。プリアンプの増幅度を600倍にしても、低域側が5Hzになるだけで高域側には変化は無いことから、5Hzから10MHzの周波数特性を持つことが確認された。

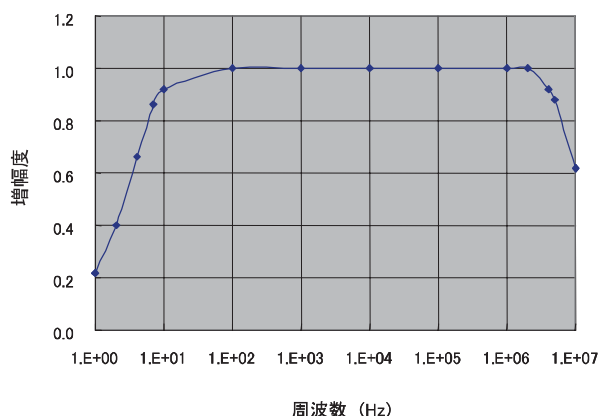


図3 窓型プローブ検出系全体の特性

3. まとめ

半導体製造に用いられるプラズマ処理装置向けの異常放電抑止システムの実現を目標として研究を行い、異常放電の予兆検出の要となる窓型プローブ用検出系の仕様検討及び試作を行った。

結果として、入力インピーダンス10MΩ、増幅度600倍の条件で、窓型プローブに要求される周波数帯域10 Hz から10MHz を満足する検出系を構築することに成功し、変化が遅くてレベルの小さい予兆信号から、変化の速いインパルス性プラズマ状態の信号までを一つの窓型プローブで検出することが可能になった。

本検出系を組み込んだ異常放電抑止システムの試作機は、半導体製造工場と同一のプラズマ処理装置で実証試験を行い、異常放電を100%抑止することに成功した。本事業の成果^{6),7)}は、メンバー企業により事業化が進められている。

謝辞

本研究事業は、平成11年度から平成15年度にかけて(独)科学技術振興機構の支援を受けて実施された熊本地域結集型共同研究事業の「プラズマ異常放電監視法」によって得られた技術をシーズとして、平成15年度から平成16年度にかけて経済産業省からの委託を受けた地域新生コンソーシアム事業(省エネ枠)「プラズマ処理装置向け異常放電抑止システムの開発」により実施することが出来ました。(財)くまもとテクノ産業財団を始めとする関係各位に深く感謝致します。

参考文献

- 1) M. YASAKA, M. TAKESHITA and R. MIYAGAWA, "Detection of Supersonic Waves Emitted from Anomalous Arc Discharge in Plasma Processing Equipment", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 39, p. L1286-L1288, 2000
- 2) M. YASAKA, M. TAKESHITA, A. KODAMA, K. OKAMURA, F. UESUGI, N. ITO, R. MIYAGAWA, M. HAGIWARA and T. OHMI, "Micro Arc Monitoring by using Detection of Supersonic Waves emitted from Micro Arc Sites in Plasma Processing Chamber", Proceedings of the ISSM 2002, Tokyo Japan, p.337-340, 2002
- 3) 小特集;半導体製造プラズマ装置の異常放電と超音波(プラズマ異常放電の検出と部位標定), 超音波 TECHNO., Vol. 14, No. 3, p.41-46, 2002
- 4) M. YASAKA, M. TAKESHITA and R. MIYAGAWA, "Micro Arc Monitoring by Detecting Charge Build-Up on Glass Surface of Viewing Port due to Plasma Dispersion in Plasma Processing Equipment", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 42, p. L157-L159, 2003
- 5) M. YASAKA, M. TAKESHITA, M. TAMA, A. KODAMA, K. OKAMURA, F. UESUGI, N. ITO, Y. ITAGAKI, R. MIYAGAWA, M. HAGIWARA and T. ASANO, "Electrical and Physical Monitoring of Anomalous Discharge in Plasma Processing Equipment", Proceedings of the ISSM2004, Tokyo Japan, PC14, p. 333-336, 2004
- 6) M. YASAKA, M. TAKESHITA, M. Tama, T. Kitamura, N. ITO, Y. ITAGAKI, F. UESUGI, K. Okamura, A. Kodama, R. MIYAGAWA, K. ISHIMATSU, M. HAGIWARA and T. ASANO, "Foreseeing and Active-Suppression of Anomalous Discharge in Plasma Processing Equipment by In-situ Monitoring of Plasma State Using Viewing Port Probe", Proceedings of the ISSM2005, California USA, PC207, 2005
- 7) "プラズマプロセスの異常放電を抑制", Semiconductor International 日本語訳版, Reed Business Information K. K., Vol. 3, No. 1, p25, 2006