

平成 21 年 6 月 2 日現在

研究種目： 基盤研究 (C)
 研究期間： 2006-2008
 課題番号： 18560407
 研究課題名 (和文) プラズマチャンバー内における異常放電発生
 リアルタイムモニタリング技術の研究
 研究課題名 (英文) Study on a real-time monitoring technique of electromagnetic
 discharge in a plasma chamber
 研究代表者
 尾保手 茂樹 (OBOTE SHIGEKI)
 茨城大学・工学部・准教授
 研究者番号： 50323209

研究成果の概要：半導体製造工程のひとつに金属の円筒であるプラズマチャンバ内でのエッチング工程があり、その工程において異常放電が問題となっている。異常放電の発生箇所を推定することができれば適切なメンテナンス箇所や時期の決定につながるため有効である。本研究では、アレーアンテナを用いた到来方向推定技術を用いた放電箇所推定の可能性について検討している。直径 650mm の金属製のチャンバーにおいて、4 素子半波長等間隔リニアアレーアンテナを用いた到来方向推定実験を行った結果、到来方向推定に基づく位置推定の実現が可能である見通しを得た。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	2,000,000	0	2,000,000
2007 年度	500,000	150,000	650,000
2008 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	360,000	3,560,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：計測システム

1. 研究開始当初の背景

半導体製造装置ではプラズマチャンバー内でマイクロアークと呼ばれる異常放電が複数箇所ですべて同時に発生することがある。放電はウェーハや製造装置自体が破損するといった問題につながる。この状態のまま製造を続けると、それ以降のウェーハが不良となる可能性が高くなるにもかかわらず、ウェーハは次の工程に流れて行ってしまふ。従って最終段階での検査で不良となってしまう。その結果、生産性が著しく低下し、経済的損失が大きくなる。

2. 研究の目的

もし異常放電をリアルタイムにモニタリングできれば、異常放電の規模や位置などをあらかじめ知ることができ、不良ロットの検出や破損部品交換など適切な処置が可能となり、生産性が向上する。従来は、ダスト量・温度・気圧・電圧など放電の二次的パラメータを監視していたが、これらは微弱で他要因との切り分けが難しく、異常放電の検出にはいたっていなかった (図 1)。本研究課題では複数箇所での放電により発生する電磁波をアレーアンテナで直接検出することにより、異常放電有無の検出だけでなく、発生箇所ま

でもリアルタイムモニタリングできる技術を開発する。

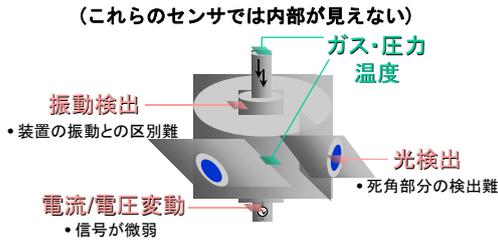


図1 従来技術

3. 研究の方法

これまでに行ってきた電磁界解析によって、一般的なプラズマチャンバーに設置されている2つの監視窓の外部に各4本、アレーアンテナを設置して、各アレーアンテナで Multiple Signal Classification (MUSIC) アルゴリズムによる到来方向推定を行うことにより、放電箇所を推定する原理を確立した(図2)。2箇所を設置された観測窓とアレーアンテナ双方で推定した到来方向に直線を引き、その交点を異常放電箇所と推定する方式である。しかし金属チャンバー内での多重反射のある環境において到来方向推定に関し、実験的な評価を行うことが必要である。そこで、本研究課題では、到来方向推定精度の実験的な評価を行った。

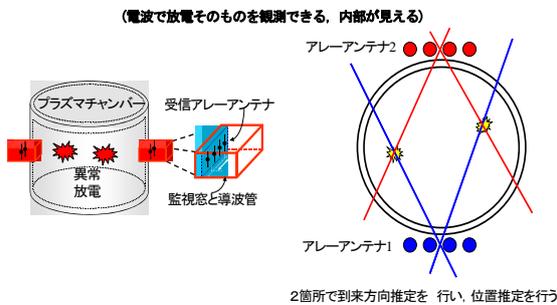


図2 推定原理

4. 研究成果

4.1 実験概要

本研究課題では、プラズマチャンバー内での位置推定の原理である到来方向推定に関し、実験的な評価を行った。図3及び図4に示すように、プラズマチャンバーを模したアルミ製の円筒を製作し、この内部で実験を行なった。チャンバの直径が650mmであるのは次世代のシリコンウェハを想定している。次世代のシリコンウェハは直径450mmと言われている。そこで100mm

のマージンを左右にとり、直径650mmとした。図1はチャンバを上面から見た図であり、赤い点は仮想放電箇所として用いる点である。また文字は座標である。間隔は5cmである。このチャンバを使用して、マルチパス環境下での到来方向推定を行っていく。放電源には市販のライターを用いた。受信アンテナはアンリツ社製のアンテナ(MA2601B)を使用し、観測はテクトロニクス社製5GSample/sの4チャンネルオシロスコープ(DPO0400)を用いた。

図5は実験の様子を示す。側面のスリットが監視窓であり、その外側に4素子のアレーアンテナが配置されている。アンテナは、同軸ケーブルでオシロスコープに接続されている。アレーアンテナは左から順に、#1~#4と呼ぶこととする。

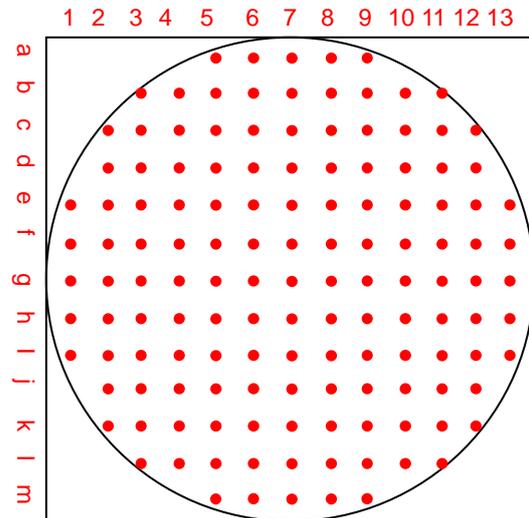


図3 チャンバ座標

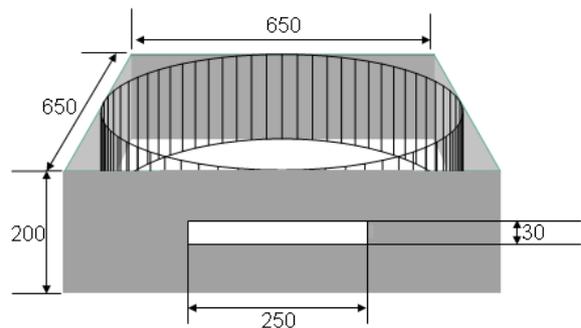


図4 チャンバ俯瞰図

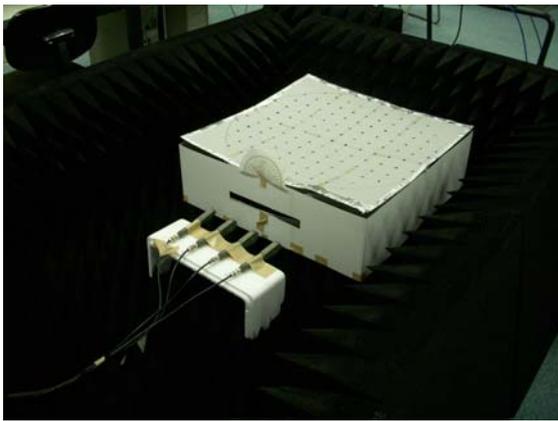


図 5 実験の様子

4.2 到来方向推定実験

まず、到来方向推定においては、受信用アレーアンテナの中心からのチャンバ側面に向けて引いた接線の角度が 48°]であるため、 $-45\sim+45^\circ$]の角度制限を行う。さらに推定の前段階として更なる角度制限を行なう。

この角度制限としては、受信されたパルス波形の第一ピークのタイミングが他のアンテナに比べて早い素子を検出することによって受信用アレーアンテナから見たチャンバ内を左右に 2 分割した後、空間平均法を適用した MUSIC 法による到来方向推定を行う。座標 g1 (-35°]) から入射した波形例を図 6 に示す。この波形の絶対値を取る。すると #1 及び #2 の第一ピークが #3 及び #4 に対して早い。よってこの場合は、 $-45\sim 0^\circ$]の角度制限を行なった。

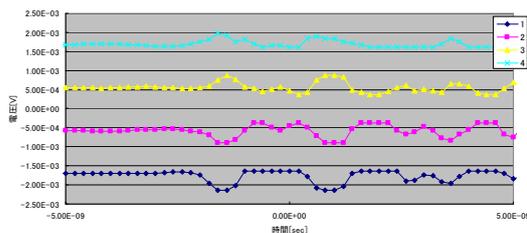


図 6 波形例 (視認性が良くなるように各アンテナでの受信信号に一定のオフセットをかけている)

実験諸元を表 1 に、推定結果を表 2 に、また図 7～図 9 に 3 つの観測線上の到来方向推定結果を示す。推定精度を高めるために、観測周波数を 5MHz 間隔で 5 点採用し、それぞれの平均値及び中央値でプロットしている。

実験結果より、全体の平均誤差が 10.2°]、標準偏差の平均値が 18.2°]とい

う結果が得られ、到来方向推定に基づく位置推定の実現が可能である見通しを得た。

表 1 実験諸元

波源	パルス
観測周波数	1990,1995,2000,2005,2010[MHz]
アンテナ間隔	4 素子 0.5 波長間隔等間隔リニアアレー
推定法	MUSIC 法+空間平均+チャンネル半径を用いた球面波近似

表 2 推定結果 (複数周波数に対する平均処理の結果)

被観測点	d 行	g 行	j 行
平均誤差 $^\circ$]	8.487	11.24	10.87
標準偏差 $^\circ$]	20.05	19.04	15.61

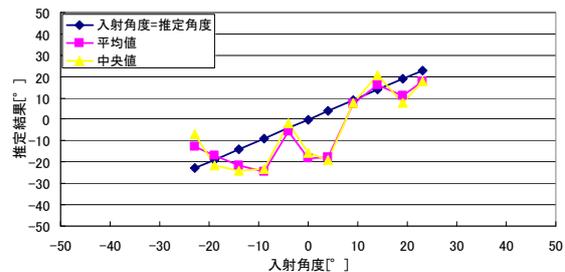


図 7 推定結果(d 行)

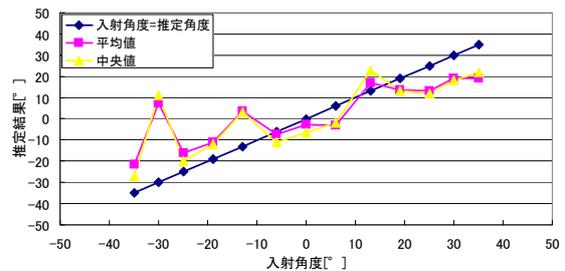


図 8 推定結果(g 行)

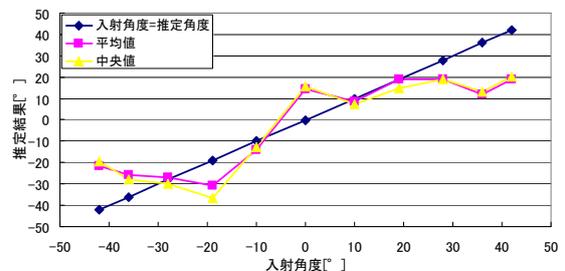


図 9 推定結果(j 行)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 3 件)

① 秋山圭, 尾保手茂樹, 鹿子嶋憲一, “プラズマチャンバ内における異常放電発生箇所推定に関する検討,” 平成 20 年度 電気学会東京支部茨城支所研究発表会, PA02, Dec. 2008.

② A. Hafizh, F. Imai, M. Minami, K. Ikeda, S. Obote, K. Kagoshima, "Study of DOA-based indoor location positioning utilizing MIMO WLAN system in a typical room environment," Proceedings of ISAP2007, Niigata, Japan, pp.1366-1369, August 2007.

③ A. Hafizh, F. Imai, M. Minami, K. Ikeda, S. Obote, and K. Kagoshima, “Performance study of DOA-based indoor location positioning utilizing MIMO wireless LAN system,” ISAP 2006, Singapore (CD-ROM), Nov. 2006.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

尾保手 茂樹 (SHIGEKI OBOTE)

茨城大学・工学部・准教授

研究者番号 : 50323209

(2) 研究分担者

鹿子嶋 憲一 (KENICHI KAGOSHIMA)

茨城大学・工学部・教授

研究者番号 : 70292472

(3) 連携研究者

池畑 隆 (TAKACHI IKEHATA)

茨城大学・理工学研究科・教授

研究者番号 : 00159641

(4) 連携研究者

佐藤 直幸 (NAOYUKI SATO)

茨城大学・理工学研究科・准教授

研究者番号 : 80225979