

RF 电源机器类新的开发挑战

〈用数字化回路技术和软件处理技术来驱使工艺窗口的扩大〉

三诚产业株式会社 杉本 一弘

1. 公司概况

三诚产业株式会社是正在 1984 年以缝纫事业的广岛工厂设立的、在 1995 年的时候把半导体部门进行了并营。在 1998 年半导体关联机器的开发制造融为一体。主要产品有 RF 电源、RF Matching Box Radical Glass 电源、Process chamber RF Interlock 系统、RF 电力测定器等等。靠近半导体最先端 Process 的关联机器开发及制造为中心来展开企业的。

2. 开发经过

构成半导体装置的高周波机器是由 RF 电源、RF Matching Box RF 测定器、RF 电极来构成的。特别在最近的高密度工艺中、1) Matching 精度、2) 高安定性能、3) 精致的再现性是所需求的。特别是 RF Matching Box 要更上一层楼、4) 高速制御、5) 长寿命化会是很大的特征点。在近年随着半导体设备的工艺技术的微细化、薄膜化、高精度及高速度处理化的陪同下等离子的高密度化的推进、在给了高周波机器增加了很大的负担。少量多品种生产线、诸如各种工艺条件的不一样的产品在同一生产装置上进行生产、在这样做得场合、现存的高周波机器是模拟信号制御技术、因为这样上面记载的 5 种因素的课题都有不能够对应的实际情况。用改变 RF 电源的发震周波数的方式已经被有实用化, 在周波数的狭窄的领域上进行微调整之后会让工艺窗口变得狭小、所以使得在 RF 电源上负担过大而得以故障率的上升。在另一方面、半导体业界的激烈费用改革、设备投资的缩减、装置生产率的界限挑战、保养维护费用彻底消减等一系列的变动之后、生产技术的对应在今后会越来越要求严格是必定的。对于能够放在这样之后的生产线上高周波机器的工作实态和各种问题、三诚产业将目前为止没有过得数据化回路技术给予导入、用 Microcomputer 技术和软件处理系统来驱动高周波机器类然后将以开发以及制造、在半导体及液晶生产线上现场使用实际成绩急速的在上升着。我公司开发的高周波机器种类是对应以下、各种各样的等离子方式(容量结合方式、RIE 方式、诱导结合方式、HI-Density 方式)。在那个时期、把已存使用装置的硬件变得最小界限、固有的用户工艺可以使得继承的功能已经成为了可能。在这之后的结果、和以往的高周波机器种类来比较已经实现了非常的高速度以及高精度的 Matching 性能。依据工艺窗口的扩大、在最新工艺的对应上、最小限度的成本和短时间成为了可能。在生产效率方面已经达成了价格的安定性和长寿命化的要求、运行成本和维护保养费用上已经实现了大幅度的消减。

3.比较和效果

前页的 FIG.1~4 表示的、根据以往的 Current Type RF Matching Unit、Plasma Keying ignition 的时候及关闭的时候工艺错误等等、根据我公司 Sunsay Hi-Speed RF Matching Unit (GENERIC 系列) 都能够将以解决、并以故障率低减至 3~30 分的 1、工艺窗口将能够达到 10~200%的扩大的可能。

Fig.1 RIE Plasma Keying ignition 时候的反射波及晶片损害的抑制

Fig.2 RIE Plasma 关闭时候 Micro-arcing 及 Charge-up 的抑制

Fig.3 Hi Density Plasma Keying ignition 时候的反射波及晶片损害的抑制

Fig.4 TCP 高压 Plasma Keying ignition 时候的反射波及 Charge-up 的抑制

4.产品技术的特征

上面说陈述的以优异性能实现了新技术为例子、以下据二个例子来说明。

Fig.5 以往的模拟 Open loop 制御 RF Matching Block 图

Fig.6 数据 Absolute closed-loop 制御 RF Matching Block 图

① 模拟制御、为了制御 DC Motor 的电压、根据机器的负荷会产生出 Matching 不带感。这个现象是会影响 RF 机器的 Matching 性能、追踪性能、反复的精度、当然也回给工艺窗口带来很大的影响因素。在另一方面、电子化的制御的话机器的精度的改善为目的采用了 Micro-stepping Motor Drive、分解能、与 DC Motor 相比较能达成质上有 1600 倍。在实验等级阶段、DSP、FTP、根据采用超高速 MPU 能够得到 50000 倍的分解能力成为了可能。stepping Motor 的弱点在于低速时候的 Cocking 现象、根据新的 8Bit 励磁电流制御的修改使得得到了靠近正弦波不会滑动的动作。根据这样 stepping Motor 在 1 回转的分解能从 1.8° 高到 0.225° 、在 Motor 发生停止时励磁动作振动得以了解决。关于 Motor 的脱调 (Slip)、有 Absolute 系统来时常监视、所以在 MPU 上 Servo 制御的事显示出了反复精度、安定性的向上性能。」

② 模拟制御、增加了高周波相位和振幅的检出信号、为了 DC Motor 能够直接驱动、电压检出精度 (温度特性及检出素子的传感器取决于个体差异) 是直接大大的改变到 Matching 的精度。根据这个如果能够把工艺窗口变大的话在传感器内部 Impedance 的影响下引起了逆向等错误。另一方面、数字化制御、把电压检测出的信号变成 12Bit 或者 16Bit 的数值进行数字化变换、基于从 MPU 是现在值来算出 Matching 的值、在给予 Matching 必要的移动量使得 Brushless Motor Drive 一方直接指令之后使其动作起来。不进行传感器检出部分以外全部的数字化制御、依据排除模拟调整部使其得到非常低得抑制作用。另外、关于传感器部等等的信号、温度、Impedance 检出素子的出力特性等用数字复合补正来处理、和以往模拟制御相比较能够达到 5~30 倍的性能向上。

5.总结

半导体业界非常残酷的市场环境的原因、围绕着生还者生存所展开的 Business Survival。在这样的环境下、最大的重要点果然是技术的力量和开发的质量。在生产面、对于变化激烈的工艺对应来说安定了信赖度的高生产设备和周边机器是必须的、即使拿高周波机器来讲也一样、要求用低成本来实行生产效率高品质的要素。

我公司、在顾客需要 Matching 之后的高周波机器的技术开发推进下、一直保持着世界最高水准的 Microcomputer 设备技术的导入、是生产装置和融合化生产 LAN SYSTEM 一体化之后的效果、这就是我们运用了 Net Work 技术构成的所在。

含有株式会社 omni 研究所(吉见社长)的指导给提供的在最新工艺技术上最适合用简单又 Toughness 来实现低成本的 RF 电源机器种类。

RF電源機器類の新たな開発挑戦

＜デジタル回路技術とソフト処理技術を駆使しプロセスウインド拡大＞

三誠産業株式会社 杉本 一弘

1. 会社概要

三誠産業株式会社は1984年に繊維事業の広島工場として設立、1995年に半導体部門を併営した。1998年に半導体関連機器の開発製造に一本化し今日にいたる。主製品はRF電源、RFマッチングボックス、ガスラジカル電源、プロセスチャンパーRFインターロックシステム、RF電力測定器等である。半導体最先端プロセスへの関連機器開発および製造を中心に企業展開を計っている。

2. 開発経緯

半導体装置を構成する高周波機器は、RF電源、RFマッチングボックス、RF測定器、RF電極から構成される。最近の高密度プロセスでは特に、1)マッチング精度、2)高い安定性、3)精緻な再現性が求められる。特にRFマッチングボックスではさらに、4)高速制御、5)長寿命化が大きなポイントとなる。また、近年の半導体デバイスのプロセス技術が微細化、薄膜化、高精度・高速処理化するに伴いプラズマの高密度化が進み、高周波機器への機能負担も大幅に増大してきている。少量多品種生産ラインでは、諸プロセス条件の異なる製品を同一生産装置で製造することになり、こうした場合、既存の高周波機器はアナログ制御技術であるがため、上記5要素の課題に対応しきれないのが実情である。RF電源の発振周波数を変化させる方式も実用化されているが、周波数の狭い領域で微調整を行うためプロセスウインドが狭く、かつRF電源に過大な負担がかかり確実に故障率が上がってしまう。一方、半導体業界の熾烈なコスト改革、設備投資の絞込み、装置稼働率の限界挑戦、メンテナンス費用削減等の徹底した生産技術対応が今後ますます強く求められることは必定である。こうした生産ラインにおける高周波機器の稼働実態と諸問題に対し、三誠産業は今までにないデジタル回路技術を導入し、マイコン技術とソフト処理システムを駆使した高周波機器類を開発製造し、半導体や液晶生産ラインで現場使用実績を急速にあげている。弊社開発の高周波機器類は、さまざまなプラズマ方式(容量結合方式、RIE方式、誘導結合方式、Hi-Density方式)に対応する。その際、既存使用装置のハードウェア変更を最小限にし、固有ユーザープロセスを継承可能としている。その結果、従来の高周波機器類に比べ極めて高速・高精度なマッチング性能を実現し、かつプロセスウインドを広げることにより、最新プロセスへの立ち上げ対応は、最小限のコストと短時間を可能とした。生産効率面では格段の安定性と長寿命化を達成し、ランニングコスト/メンテナンスコストの大幅削減を実現した。

Fig.1 RIE PLASMA ETCH

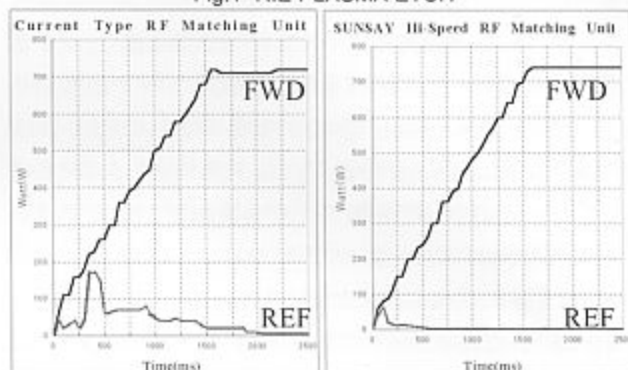


Fig.2 RIE PLASMA ETCH

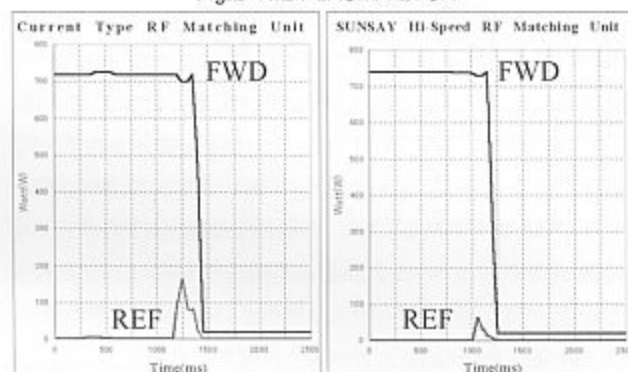


Fig.3 Hi Density PLASMA ETCH

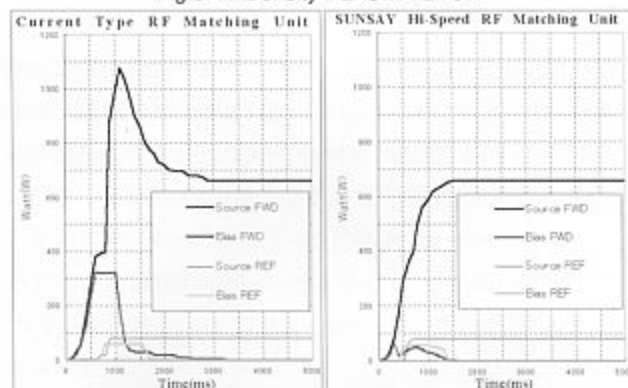
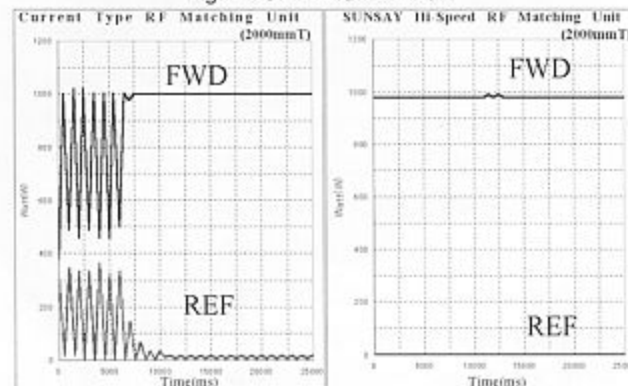


Fig.4 TCP PLASMA ETCH



3. 比較と効果

前ページのFig.1～4に示すように、従来のCurrent Type RF Matching Unitによるプラズマイグニッション時やシャットダウン時プロセストラブル等を、弊社Sunsay Hi-Speed RF Matching Unit (GENERICシリーズ)により解決し、故障率は3～30分の1に低減、プロセスウインドを10～200%大きく広げることが可能となった。

Fig.1 RIEプラズマイグニッション時の反射波およびウエハダメージの抑制

Fig.2 RIEプラズマシャットダウン時のマイクロアーキングおよびチャージアップの抑制

Fig.3 Hi Densityプラズマイグニッション時の反射波およびウエハダメージの抑制

Fig.4 TCP高圧プラズマイグニッション時の反射波およびチャージアップの抑制

4. 製品技術の特徴

上述の優れた性能を実現した新技術の例を二つ以下に説明する。

Fig.5 従来のアナログ・オープンループ制御RFマッチングブロック図
Fig.6 デジタル・アブソリュートクローズドループ制御RFマッチングブロック図

- ①アナログ制御ではDCモーターの電圧制御のため、機械的負荷によるマッチング不感帯が生じる。この現象はRF機器のマッチング性能、追従性能、繰り返し精度に強く影響し、プロセスウインドにも大きくかかわってくる要因となる。一方、デジタル制御では機械的精度の改善を目的にマイクロステッピング・モータードライブを採用し、分解能はDCモーターに比べ実に1,600倍を達成した。実験レベルでは、DSP、FTP、超高速MPUを用いることにより50,000倍の分解能を可能とした。ステッピングモーターの弱点である低速時のコッキング現象は、新たに8ビット励磁電流制御に改めることで正弦波に近い滑らかな動作を得た。これによりステッピングモーター1回転の分解能を 1.8° から 0.225° に高め、モーター停止時に発生した励磁動作振動を解決した。またモーターの脱調(スリップ)に関してはアブソリュートシステムで常時監視し、かつMPUでサーボ制御する事で繰り返し精度、安定性の向上を図った。

- ②アナログ制御では高周波位相と振幅の検出信号を増幅しDCモーターを直接駆動するため、電圧検出精度(温度特性や検出素子のセンサー個体差に左右される)が直接マッチング精度に大きく関わってくる。これによりプロセスウインドが大きくなればセンサー内部インピーダンスの影響で逆送等のトラブルを引き起こした。一方、デジタル制御では電圧検出信号を12ビットまたは16ビットの数値にデジタル変換し、MPUが現在値からデータベースを基にマッチング値を割り出し、マ

Fig.5 アナログ オープンループ制御 RF Matchingブロック図

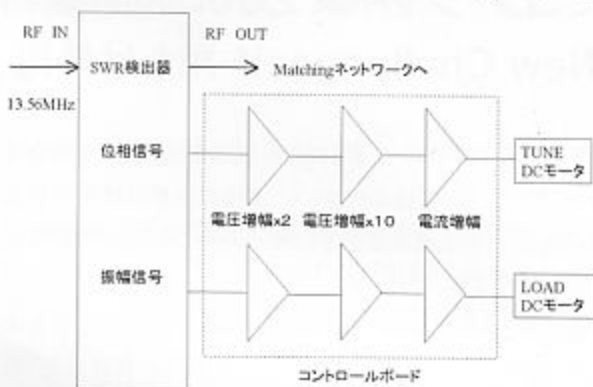
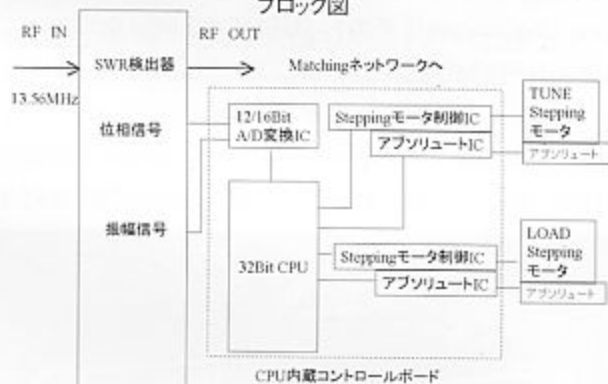


Fig.6 デジタル アブソリュートクローズドループ制御 RF Matchingブロック図



ッチングに必要な移動量をブラシレス・モータードライブへ直接指令し動作させる。センサー検出部以外は全てデジタル制御を行ない、アナログ調整部を排除したことにより機差を非常に低く抑えることができた。また、センサー部等の信号について温度、インピーダンス、検出素子の出力特性等をデジタル複合補正することで、従来のアナログ制御に比べ約5～30倍の性能向上が達成された。

5. まとめ

半導体業界は極めて厳しい市場環境のもと、生き残りをかけたサバイバルビジネスを展開している。こうした中、最大のポイントはやはり技術力と開発の質であろう。生産面では、変化の激しいプロセスに対応する安定した信頼度の高い生産設備と周辺機器が必須であり、たとえ高周波機器といえども低コストで生産効率の高い品質が要求される。

弊社は顧客ニーズにマッチングした高周波機器の技術開発を積極的に進め、常に世界最高水準のマイコンデバイス技術を導入し、生産装置との融合化と生産ライン・システムとの一体化を果たすネットワーク技術構成に取り組む所存である。

株式会社オムニ研究所(吉見社長)のご指導を含め、最新プロセス技術に適合するシンプルかつタフネスで低コストのRF電源機器類を提供していきたい。