

SEMI E143-0306

50 Ω の負荷に対する出力変動の測定およびすべての位相角において電圧定在波比が 2.0 の負荷に対する出力変動とスペクトルを測定するための試験方法

本スタンダードは、global Metrics Chemicals Committee で技術的に承認されている。現版は 2005 年 11 月 29 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2006 年 2 月に www.semi.org で、そして 2006 年 3 月に CD-ROM で入手可能となる。

1 目的

1.1 本試験方法の目的は、SEMI E113 をサポートし、RF 電力供給装置における実際の動作をシミュレーションするために、整合および不整合負荷の両者に対して駆動されている半導体処理装置用 RF 発生器の出力電力とスペクトル詳細を測定する正確な手段を提供することである。

2 範囲

2.1 本試験方法は、RF 発生器の出力電力およびスペクトル変動を正確に決定するために必要な試験手順および試験機器を明記する。本試験方法ではスペクトル・アナライザ、電力計、信号サンプリング装置を使用し、これらすべてはメーカーが推奨する適切な手法によって事前に較正されているものとする。また、本試験方法は RF 発生器の主な性能特性 3 種の正当性の立証に使用して以下の SEMI E113 仕様をサポートするためのものである。

2.1.1 本試験方法は、RF 発生器を整合負荷(50 Ω)で動作させた場合に、要求電力レベルの $\pm 1\%$ 未満の偏差で一貫した電力(長期間、および定常ウェーハ処理条件において)を提供することを確認するために使用する。

2.1.2 本試験方法は、RF 発生器を最大定格出力電力の 10%から 100%というあらゆる位相角において反射係数が 0.33 以上(VSWRが 2.0 以上)である負荷インピーダンスで動作させた場合に、要求電力レベルの $\pm 1.5\%$ 未満の偏差で一貫した電力(長期間、および定常ウェーハ処理条件において)を提供することを確認するために使用される。

2.1.3 本試験方法は、最大定格出力電力の 10%から 100%というあらゆる位相角において反射係数が 0.33 以上(VSWRが 2.0 以上)である負荷インピーダンスで動作させた場合に、単一または固定周波数出力を提供する RF 発生器が-40dB以下の出力電力高調波またはスプリアス・スペクトル詳細を提供することを確認するために使用する。

2.1.4 本試験方法は、以下の 2 つの条件が満たされ理解されている場合には、可変または複数周波数出力の RF 発生器に対する出力電力高調波やスプリアス・スペクトルの確認にも使用可能である。

2.1.4.1 可変周波数 RF 発生器は、本試験で妥当な結果を得るために単一の固定周波数モードにしなければならない。

2.1.4.2 可変周波数 RF 発生器の出力電力高調波またはスプリアス・スペクトルは、通常固定周波数 RF 発生器に対する-40dBの要件よりも高くなる。

2.2 本試験手法の主な焦点は半導体処理装置であり以下の装置種を含むが、これに限定されるものではない。

- ドライエッチ装置
- 膜蒸着装置(CVD と PVD)

注意: このスタンダードはその使用に関連した全ての安全問題を取り扱うことを意図していない。このスタンダードの使用者は、その責任において、適切な安全および健康上実施すべき事柄を確立し、また使用前に法規制やその他の制限への適用性を判断するものである。

3 制限

3.1 本試験方法は、広範囲にわたる周波数および電力で動作するRF発生器の真の出力電力およびスペクトル変化を測定する一般的な手法を提供することを意図している。本方法における周波数や電力の対象範囲の制限は、選択された個々の装置の部品によって決定される。

3.2 本試験方法では、伝送システム特性インピーダンスを $50\ \Omega$ と仮定している。

4 参照スタンダードおよび文書

4.1 SEMI スタンダード

SEMI E113 — Specification for Semiconductor Processing Equipment RF Power Delivery Systems

SEMI E114 — Test Method for RF Cable Assemblies Used in Semiconductor Processing Equipment RF Power Delivery Systems

4.2 U.S.A Department of Defense Military Standards¹

MIL-PRF-39012 — General Specification for Connectors, Coaxial, Radio Frequency

MIL-STD-348 — Military Interface Standard, Radio Frequency Connector Interfaces

注意：別途指示のない場合、引用された全ての文書は最新の出版バージョンである。

5 用語

5.1 略語および頭字語

5.1.1 CVD (Chemical Vapor Deposition) — 化学蒸着

5.1.2 PVD (Physical Vapor Deposition) — 物理蒸着

5.1.3 RF (Radio Frequency) — 無線周波数

5.1.4 VNA (Vector Network Analyzer) — ベクトル・ネットワーク・アナライザ

5.1.5 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) — 電圧定在波比

5.2 定義

5.2.1 ケーブル・アセンブリ(cable assembly) — RF電力供給システムの各種部品を接続するために使うコネクタを含むケーブル(伝送線路)の部分。

5.2.2 電気長(electrical length) — 公称動作周波数での1波長が 360° と等しい、度数表示された動作周波数でのケーブル・アセンブリの長さ。

5.2.3 高調波(harmonic frequency) — 高調波は基本周波数の整数倍数として定義される。例えば、13.56MHzの第二高調波は27.12MHzである。

5.2.4 負荷インピーダンス(load impedance) — RF発生器が駆動されるインピーダンス。

5.2.5 整合負荷(matched load) — 整合負荷インピーダンスは通常、 ± 3.8 度までの位相角において $50 \pm 3.3\ \Omega$ の振幅を持つインピーダンスとして定義される。言い換えれば、どの位相角においても反射係数が0.032未満であれば負荷は整合していると考えられる。

5.2.6 不整合負荷(mismatched load) — 決定されているVSWR値を実現するように故意に振幅、位相、またはその両者が $50\ \Omega$ の場合と異なる(大きくまたは小さくなる)ようにされている負荷インピーダンス。例えば、3:1の不整合負荷は $150 + j0$ または $16.7 + j0\ \Omega$ の負荷を使用し、電気長を半波長まで変化させてすべての位相角において3:1 VSWRとなる振幅の輪郭を描けば実現できる。

¹ 次より入手可能。Defense Supply Center Columbus, 3990 East Broad Street, Columbus OH 43218-3990, U.S.A. 1-877-352-2255, website: www.dscc.dla.mil.

5.2.7 RF 発生器(RF generator) — RFエネルギーの生成に使用されるRF電力供給システム中の構成部品。

5.2.8 RF 負荷(RF load) — RF終端の記述に使用する別名。

5.2.9 RF システム(RF system) — RFシステムはRF発生器、整合回路網、チャンバ・インターフェースおよび特定の装置／チャンバに固有の関連接続ケーブル・アセンブリの組み合わせとして定義される。

5.2.10 RF 終端(RF termination) — RF伝送システムを終端し、RF電気エネルギーを熱に変換する装置。RF終端は通常、伝送システムの実特性インピーダンスと同じ値となる。

6 テスト装置

6.1 スペクトル・アナライザ(Spectrum Analyzer) — 本機器は、高出力RF信号サンプリング装置、または結合された信号をスペクトル・アナライザの高感度入力回路を損傷しないような許容レベル(通常は1ワットまたは+30dBm未満)まで下げる結合装置と組み合わせて使用されるように設計されている。意図する周波数範囲(希望する最高次の高調波を含む)にわたってスペクトルを表示することのできる機器を選ぶこと。

6.2 RF 終端(RF Termination) — 本装置は、RF発生器の試験に対してVSWRが低い(すなわち反射減衰量が大い)終端を提供する。被試験RF発生器に適したサイズのRF終端を使用すること。RF終端の反射減衰量は30dB以上でなくてはならない。この反射減衰量がRF発生器と終端との間の電力伝達を確実に最大にする。

注1: 反射減衰量はあらゆる位相角において VSWR 振幅経路の輪郭に影響を与える可能性があるため、RF 電力においては常に反射減衰量が安定していることが非常に重要である。

6.3 信号サンプリング装置(Signal Sampler) — これらの無方向性装置は、伝送線路で利用可能な出力RF電力の一部(通常はごく少量)をサンプリングし、それを外部装置に送って表示させたり、さらに処理したりすることができる。

6.4 RF 発生器電源(RF Generator Supply) — この電源は、システムに対してRF電力を生成する目的で純粋なRFエネルギー源として使用される。実施する試験に適切な規模であり、あらゆるレベルにおいて非常に安定した出力を提供するRF発生器を使用すること。

6.5 ケーブルとコネクタ(Cables and Connectors) — 本試験方法で概要される試験の実施には、様々な相互接続ケーブルが必要である。この中には、RF発生器の出力を負荷に接続する低損失RFケーブルやコネクタの他、DC電源を測定機器、そしてRF負荷に接続する低損失ケーブルが含まれる。すべてのケーブル・アセンブリは、ケーブルおよびコネクタの業界標準(MIL-PRF-39012 や MIL-STD-348 など)に従うものとする。

6.6 RF 電力計(RF Power Meter) — これらの装置は伝送線路中でRF電力を測定しようとする場所へ挿入が可能である。50Ωのシステムで精度±1%、2:1のVSWRに対して精度±1.5%でRFを測定できる電力計を選ぶこと。

注2: RF 発生器と電力計との間に使用されるケーブルの長さによるケーブル損失を補うため、電力計の読みの調整が必要な場合もある。例えば、13.56MHz で動作し、3kW を生成している RF 発生器が長さ 6m(20 フィート)の RG-217/U 同軸ケーブルで RF 終端に接続されているとする。RG-217/U 同軸ケーブルの損失仕様は、13.56MHz ではケーブル 30m(100 フィート)あたり 0.41dB であるため、6m(20 フィート)のケーブルでは損失は約 0.41/5、または 0.082dB となる。RF 発生器が 3kW を生成するなら、つまりケーブル損失により、電力計では約 2.944kW と表示されることになる。

6.7 ベクトル・ネットワーク・アナライザ(Vector Network Analyzer)(VNA) — ベクトル・ネットワーク・アナライザはRFケーブルの電気長の計測に用いられる。また関心を寄せる高調波周波数の関数として信号サンプリング装置の(基本周波数に対する)結合応答の決定にも用いることができる。このネットワーク・アナライザは、試験対象であるケーブルと不整合負荷の組み合わせに対して反射係数と伝送係数の振幅と位相が両方とも周波数の関数として測定できるようなベクトル能力を必要とする。周波数範囲には、試験対象であるRF発生器の基本動作周波数を含むものとする。

7 安全上の注意

7.1 国際的、国内または地方の規約、規制、法規を参考にし、装置および手順が各地にて規制基準を満たしていることを確認する。