

SEMI E135-0704

半導体処理装置の高周波(RF)電力供給システムの過渡応答を決定するための RF 発振器のテスト方法

本テスト方法は、Global Metrics Committee で技術的に承認されたもので、North American Metrics Committee が直接責任を負うものである。現版は 2004 年 4 月 22 日 North American Regional Standards Committee にて承認されている。2004 年 6 月にまず www.semi.org で入手可能になり、2004 年 7 月発行に至る。

1 目的

1.1 本文書の目的は、半導体処理装置の RF 電力供給システムに使われる RF 発振器の過渡応答を決定するテスト方法を定義し、SEMI E113 をサポートすることである。

2 範囲

2.1 本文書では、公称 50 Ω の負荷で動作する RF 発振器の過渡応答を、電力を要求した時点から (RF イネーブル信号等) RF 出力信号が起動あるいは停止するまでの遅延時間も含め、設定値レベルの変化の関数として決定するために必要なテスト手順およびテスト装置を指定する。

2.2 本文書の主な対象は、次のタイプの装置を含み、かつそれらに限定されない半導体処理装置である。

- ドライエッチング装置
- 膜堆積装置 (CVD と PVD)

注意: このスタンダードはその使用に関連したすべ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 本スタンダードは、主として 0.2 ~ 100MHz の周波数帯で動作する RF システムに使われる RF 発振器を対象とする。より高周波の RF システムやマイクロ波のシステムは対象としない。

3.2 本スタンダードでは、公称特性インピーダンスが 50 Ω の RF 発振器を解析することを対象とする。本スタンダードは、適切な標準終端負荷を使用すれば、異なる特性インピーダンスの RF 発振器にも使用できる。

3.3 装置および手順がそれぞれの地域の法的要件に合致していることを確認するために、国際、国内、地域のコード、規則、法規を調査しなければならない。

3.4 このスタンダードでは、RF 放出のコードや電気に関するコード (Underwriter's Laboratory, Inc. (UL) 等) National Electrical Code (NEC®), Federal Communications Commission (FCC) に関連する安全や性能に関する問題は取り扱わない。このタイプの装置に適用される適切な地域のコードや規則に準拠することは、本スタンダードのユーザの責任であり、これらのコードや規則のいくつかについては関連文書に記載されている。

4 参照スタンダード

4.1 SEMI スタンダード

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

注意: 別途指示のない場合、引用されたすべ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) — 化学蒸気堆積
- 5.1.2 PVD (Physical Vapor Deposition) — 物理蒸気堆積
- 5.1.3 RF (Radio Frequency) — 高周波
- 5.1.4 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) — 電圧定在波比

5.2 用語の定義

- 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)の部分。
- 5.2.2 テストされるデバイス(device under test (DUT)) — テストされるRF 発振器
- 5.2.3 負荷インピーダンス(load impedance) — 発振器が接続されたインピーダンス
- 5.2.4 RF イネーブル信号(RF enable signal) — 発振器が受信し、出力をオンにする信号。
- 5.2.5 RF 設定値信号(RF set point signal) — 発振器が受信し、希望の出力電力に対応する信号。

6 テスト装置

- 6.1 デジタルオシロスコープ(Digital Oscilloscope) — デジタルオシロスコープを使用してRF イネーブル信号、RF 設定値信号、RF 電力出力信号を測定する。少なくともチャンネルあたり毎秒 500 Mサンプルのデジタル化速度を有すること。デジタルオシロスコープは、製造元により最新のキャリブレーションを受けること。
- 6.2 RF 整流器／ダイオード検出器(RF Rectifier/Diode Detector) — RF 信号をDC 信号に変換するデバイスを使用してRF 発振器の出力電力に関連する信号を測定する。入力RF 信号は、RF 信号サンプラーによって生成される。出力DC 信号は、デジタルオシロスコープに送られる。
- 6.3 RF 信号サンプラー(RF Signal Sampler) — RF 電圧やRF 電流を検出し、低減されたレベルのRF 信号を生成するデバイスを、検出を目的として使用する。サンプラーは、方向性のない結合器または入射電力のみを検出する方向性結合器のどちらでもよい。サンプラーにより生成される低減されたレベルのRF 信号は、通常、検出されるRF 信号より、-40 ~ -50 dB(デシベル)低い。
- 6.4 RF 設定値信号発生器(RF Set Point Signal Generator) — 希望するRF 発振器出力を設定するために使用されるDC 信号を生成するデバイス。このデバイスは、RF 発振器のコントローラ入力に接続され、デジタルオシロスコープで測定される。
- 6.5 RF イネーブル信号発生器(RF Enable Signal Generator) — RF 発振器の出力をオン／オフするために使用されるDC 信号を生成するデバイス。このデバイスは、RF 発振器のコントローラ入力に接続され、デジタルオシロスコープで測定される。
- 6.6 RF 電力計(RF Power Meter) — 使用されるRF 発振器の出力電力を測定するデバイス。電力の絶対精度が $\pm 3\%$ 、測定再現性が $\pm 1\%$ であること。
- 6.7 RF アダプタと終端負荷(RF Adapters and Terminations) — さまざまなタイプの同軸コネクタを変換するためにいろいろなアダプタが必要になることがある(タイプNからHNへのアダプタ等)。使用されるすべてのアダプタは、システムと同じ公称特性インピーダンスを有していなければならない。通常は 50 Ω である。測定によっては、追加の同軸ケーブルアセンブリが使用される。これらのケーブルアセンブリも、システムと同じ公称特性インピーダンスを有していなければならない。
- 6.8 大電力RF ダミー負荷(High-Power RF Dummy Load) — 大電力RF 負荷を使用して、発振器によって生成される電力を吸収する。システムと同じ公称特性インピーダンスを有していなければならない。通常は 50 Ω である。RF ダミー負荷は、テストするRF 発振器と互換性がある電力ハンドリング性能を有すること。

7 安全上の注意事項

7.1 作業は、地域の安全に関する要求条件およびテストデバイスの製造元が推奨する安全手順に従って実行しなければならない。

7.2 テスト装置の周辺領域は、不要な装置や資材がないように清掃された状態に維持しなければならない。

8 RF発振器の過渡応答を設定値の変化の関数として測定するテスト装置

8.1 RF発振器の過渡応答を測定するテスト装置は、RFイネーブル信号発生器、RF設定値信号発生器、デジタルオシロスコープ、RF発振器(DUT)、RF信号サンプラー、RF整流器/ダイオード検出器、RF電力計、大電力ダミー負荷から構成される。テスト装置の回路図を図 1 に示す。デジタルオシロスコープの接続に使用されるすべての信号ケーブルは、デジタルオシロスコープによって測定される信号間に大きな遅延が発生しないように、ほぼ同じ長さとする。

8.2 測定の前に、デジタルオシロスコープとその他の電気テスト装置の電源を投入し、テスト前に製造元のガイドラインに従ってウォームアップしなければならない。この時間により、電気回路は測定のための安定した動作状態になる。

9 RF発振器の過渡応答を設定値の変化の関数として測定するテスト手順

9.1 次に説明するテスト手順では、設定値信号(RF設定値信号発生器によって生成)の変化をDUTによって生成される信号と比較する。設定値信号はDUTの入力であり、DUTがこれを使用してDUTの製造元の説明書に従って希望の出力電力レベルを生成する。DUTの出力電力レベルは、RF信号サンプラーによって測定される。RF信号サンプラーの信号は、RF整流器/ダイオード検出器によって、DUTのRF出力電力に対応したDC信号を生成する。デジタルオシロスコープは、設定値信号とRF検出器の信号の両方を測定する。

9.2 RF発振器の過渡応答を設定値の変化の関数として測定するテスト方法

9.2.1 RFイネーブル信号発生器とRF設定値信号発生器をDUTのコントローラ入力に接続する。DUTのRF電力出力をRF信号サンプラーに接続し、RF信号サンプラーの出力を大電力ダミー負荷に接続する。DUTの出力と大電力ダミー負荷の接続に同軸ケーブルアセンブリや同軸アダプタを使用する場合は、それらはDUTの最大出力と一貫性のある電力性能を有していなければならない。RF信号サンプラーの低減されたレベルの信号出力をRF整流器/ダイオード検出器の入力に接続する。RF設定値信号発生器の出力とRF整流器/ダイオード検出器の出力をデジタルオシロスコープの入力チャンネルに接続する。テスト装置のすべての接続部を検査して、正しく接触していることを確認する。

9.2.2 RF設定値信号発生器の信号レベルの変化をトリガーするようにデジタルオシロスコープを設定する。

9.2.3 RFイネーブル信号発生器をオンにして、レベルをDUTが電力を出力するレベルに設定する。

9.2.4 RF出力電力が希望する変化をするようにRF設定値信号発生器の出力を変化させる。デジタルオシロスコープでRF設定値信号発生器の信号とRF整流器/ダイオード検出器の信号を測定し、記録する。設定値変化の前後にRF電力計によって指示されたRF電力レベルも記録する。デジタルオシロスコープによる測定は、RF出力電力が確立されるまで継続しなければならず、通常は数ミリ秒かかる。

9.2.5 データは、グラフィック形式と表形式の両方で記録し、提示しなければならない。RF発振器のテストについてデジタルオシロスコープで収集されたデータの例を図 2 に示す。ここでは、設定値はフルパワーの 3%から 33%まで変化させた。図 3 では、設定値はフルパワーの 33%から 3%に変化させた。

10 RF発振器の過渡応答をRFイネーブル信号の変化の関数として測定するテスト装置

10.1 RF発振器の過渡応答をRFイネーブル信号の変化の関数として測定するテスト装置は、RFイネーブル信号発生器、RF設定値信号発生器、デジタルオシロスコープ、RF発振器(DUT)、RF信号サンプラー、RF整流器/ダイオード検出器、RF電力計、大電力ダミー負荷から構成される。テスト装置の回路図を図 4 に示す。デジタルオシロスコープの接続に使用されるすべての信号ケーブルは、デジタルオシロスコープによって測定される信号間に大きな遅延が発生しないように、ほぼ同じ長さとする。