

SEMI E114-0302^E

半導体処理装置の高周波(RF)電力供給システムに使う高周波ケーブルアセンブリ用テスト方法仕様

本仕様は、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 2002 年 5 月 20 日に North American Regional Standards Committee にて承認された。2002 年 6 月にまず www.semi.org で入手可能になり、2002 年 7 月発行に至る。

^E 本文書は 2002 年 5 月に編集上の修正がなされた。1.1 項について一箇所の修正が行われている。

1 目的

1.1 この文書の目的は、半導体処理装置のための RF 電力供給システムに使われる RF ケーブルアセンブリの電気長、電力損失と特性インピーダンス偏差を決めるためのテスト方法を定義することである。

2 範囲

2.1 この文書は下記のために必要とするテスト手順とテスト装置を指定する:

- 位相シフトの角度に関して定格動作周波数で RF ケーブルアセンブリの電気長を決定すること
- 定格動作周波数で RF ケーブルアセンブリの電力損失を決定すること
- RF ケーブルアセンブリの特性インピーダンスを確認すること

2.2 この仕様のための主焦点は半導体処理装置であるが、以下の装置に限らない:

- ドライエッチ装置、
- 膜堆積装置 (CVD と PVD)

2.3 このスタンダードは、安全性または RF 放出や電気規格に関連した性能課題には着目しない (e.g., Underwriter's Laboratory, Inc. (UL), the National Electrical Code (NEC[®]), Federal Communications Commission (FCC)) この種の装置に適用される、適当な地方規格と規則に従うことはこのスタンダードの使用者の責任である。そして、その幾つかは引用文書に含まれる。

2.4 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 このスタンダードは主に 0.2-100MHz の周波数帯で動作する RF システムに使われる RF ケーブルアセンブリへの対応を定める。より高周波の RF システムまたは マイクロ波システムには対応しない。

3.2 このスタンダードでは、テストされるケーブルアセンブリが 50 Ω の定格特性インピーダンスを持つと仮定する。適切な標準終端負荷が使われるならば、この標準が異なる特性インピーダンスのケーブルアセンブリでも使うことができる。

3.3 国際、国内、地方のコード、規則と法規は装置と手順が各々の場所での監査機関要求に適合することを確認するために参照されなければならない。

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

4.2 IEEEスタンダード¹

IEEE-STD-383 – IEEE Standard for Type Test of Class IE Electrical Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Stations

4.3 Military Standards²

MIL-C-17G – General Specification for Cables, Radio Frequency, Flexible and Semirigid

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

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 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) — 電圧定常波比

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(DUT) (device under test (DUT)) — テスト用途のケーブルアセンブリ。

5.2.3 電気長(electrical length) — 公称動作周波数での一波長が 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。

5.2.4 半波長共振周波数(half wave resonant frequency) — アセンブリの電気長が一波長の $1/2$ (0.5)と等しいケーブルアセンブリの周波数。例えば、2mケーブルアセンブリの電気長の半波長共振周波数は $74.95\text{MHz}((c/2\text{-m})/2)$ である。

5.2.5 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。

5.2.6 $1/4$ 波長(quarter wavelength) — 任意の周波数の波長(光速を周波数で割った一波長に等しい)の $1/4$ 波長に等しい長さ。

5.2.7 S-パラメータ(S-parameters) — 分散マトリックスがネットワークを記述するために使われる。この反射係数は S_{11} パラメータで、伝送係数は S_{21} パラメータである。

5.2.8 光速(c) (speed of light) — 自由空間の光速は、 $2.9979 \times 10^8 \text{m/秒}$ であると仮定する。

5.2.9 伝播速度(VP) (velocity of propagation) — 伝播速度(VP)はケーブル長の電気信号の速度低下を自由空間速度で割った比率と定義される。それは、同軸アセンブリの内芯と外皮導体間の誘電材料の比誘電率の平方根の逆数である。例えば、ケーブルタイプRG-217のVPは、公称0.66である。

6 テスト装置

6.1 RFベクトル・ネットワーク・アナライザ — ネットワークアナライザは電気長の計測に用いられる。また減衰(電力損失)の決定にも用いられる。このネットワークアナライザは反射係数の位相の大きさと伝送係数が、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。周波数範囲は、RFケーブルアセンブリの動作周波数と $1/4$ 波長共振周波数を含まなければならない。

¹ Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE Operations Center, 445 Hoes Lane, P.O. Box 1331, Piscataway, New Jersey 08855-1331, USA. Telephone: 732.981.0060; Fax: 732.981.1721

² Available through the Naval Publications and Forms Center, 5801 Tabor Avenue, Philadelphia, PA 19120-5099, USA. Telephone: 215.697.3321

6.2 時間ドメイン反射率計 (TDR) — TDRは伝送線に沿って距離の関数として特性インピーダンスを測定し、証明するために用いられる。

6.3 RF アダプタと終端 — 各種アダプタは異種の同軸コネクタ (例えばNタイプからHNアダプタへの変換、等) 間での変換に必要となることがある。使われるすべてのアダプタはテストされるケーブルアセンブリ (DUT) と同じ特性インピーダンスを持たねばならない。それは一般的に $50\ \Omega$ である。更なる同軸ケーブルアセンブリが必要となる測定の場合がある。これらのケーブルアセンブリ (それはDUTケーブルアセンブリと混同しないこと) は、DUTケーブルアセンブリと同じ定格特性インピーダンスでなければならない。標準終端としては短絡、開放、精密 $50\ \Omega$ 負荷が使われる。

7 安全上の予防措置

7.1 作業は地方 (ローカル) の安全基準に従って実行されなければならない。そしてテスト・デバイス・メーカーが推奨する安全性手順に順ずる。この文書で記述されるテストは低出力のテスト測定器 (一般的に 10 ミリワット未満) の使用を含む。

7.2 テスト準備の周囲領域は不必要な装置と材料がなく、清浄を維持する領域であること。テストされるケーブルアセンブリには、長く、失敗とリフト／重さの障害となるものもある。

8 電気長テストのためのテスト設備

8.1 電気長テストのためのテスト設備は、ネットワークアナライザ、テストされるケーブルアセンブリ (DUT)、DUTをネットワークアナライザに接続するに適切なアダプタ (あるとすれば)、同軸短絡回路終端をDUTの出力に接続するための適切な回路アダプタ (あるとすれば) から構成される。テスト設備の概略図は図 1 に示される。テストされるケーブルアセンブリがベンダ指定の曲げ半径を越えない (一般的にケーブル外径寸法の 5 倍) ことを確実にするための注意が必要となる。

8.2 測定に先立ち、ネットワークアナライザが (電源が) オンにされて、テストがなされる前にウォームアップされなければならない。この時間はエレクトロニクスをこの測定のための安定した作動状態に至らしめる。

9 電気長を決定することのテスト手順

9.1 2 つのテスト手順がケーブルアセンブリの電気長を決めるのに使える。1 つは、動作周波数で直接それを測る、もう一つは、電気長を決定するために半波長共振周波数を測ることである。各々の方法に利点があり、ケーブルアセンブリの長さに依存する。方式を選ぶ前に、DUTの等価自由空間長が距離 (例えばメートル) の単位で評価されなければならない。この長さは特定タイプのケーブルの伝播速度によってDUTの物理的長さを割ることによって評価ができる。たとえば、20mの物理的長さと 0.66 の伝播速度のRG-217 ケーブルから作られるDUTは、 30.303m ($20/0.66=30.303$) の等価自由空間長を持つ。どのテスト方式を使用すべきかの選択用のステップを示すフローチャートが図 2 にある。

9.2 DUTの等価自由空間長は、定格動作周波数の波長と比較されなければならない。等価自由空間長が定格動作周波数の $1/4$ 波長より短いならば、テスト方法 1 (9.3 項) が使われなければならない。それが定格動作周波数の $1/4$ と同等長か、それを超える波長ならば、テスト方式 2 が使われる。例えば、評価自由空間長が 3mであり、規定動作周波数が 13.56MHz ($1/4$ 波長 $= 0.25 \times c/13.56 \times 10^6 = 5.527\text{m}$) であるならば、テスト方法 1 が推奨される。評価自由空間長が 25mならば、テスト方法 2 が推奨される。

9.3 電気長を決めるためのテスト方法 1

9.3.1 このテスト方法はDUTの規定動作周波数で反射係数の位相角度を測定する。この時DUTは短絡回路で終端される。

9.3.2 要求された動作周波数 (例えば 13.56MHz) でネットワークアナライザを較正する。アダプタがDUTをネットワークアナライザもしくは、その短絡回路終端の接続に用いられるならば、較正はその適切なアダプタと共になされる。ネットワークアナライザは、ネットワークアナライザに備わった較正キットを使用し、テストポート 1 (図 1 参照) で反射係数を測定するために較正される。この測定はS-パラメータのS11 を測ることに等しい。較正は可能な最低バンド幅 (一般的に 10Hz) を使い固定周波数 (CW作動) で実行されなければならない。