

SEMI M46-1101^E (Reapproved 0309)

ECV 法によりエピタキシャル層内のキャリア密度プロファイルを測定するための試験方法

免責事項: この SEMI スタンダードは、投票により作成された英語版が正式なものであり、日本語版は日本の利用者各位の便宜のために作成したものです。万が一英語と日本語とに差異がある場合には英語版記載内容が優先されます。

本スタンダードは、Global Compound Semiconductor Committee で技術的に承認されている。現版は 2008 年 11 月 19 日, global Audits and Review Subcommittee にて発行が承認された。2009 年 2 月 www.semi.org で、2009 年 3 月 CD-ROM で入手可能となる。初版は 2001 年に発行された。

^E 本文書は 2001 年 11 月に編集上の修正がなされた。¶7.3.3 について変更がなされた。

1 目的

1.1 本文書の目的は、エピタキシャル層のキャリア濃度深さプロファイルを電気化学キャパシタンスボルテージ (ECV) プロファイリングによって、測定する方法を規定することである。

2 範囲

2.1 本試験方法は、エピタキシャル層のキャリア濃度を ECV プロファイリングにより測定するための手順を取り扱っている。本方法は、試験条件、報告書の標準化及び日常的校正によって、測定の精度及び信頼性を改善することに焦点を当てている。

2.2 本試験方法は、日常的に測定されるサンプルの主なものを取り扱うことを意図しているが、多種多様な物質に扱うため、すべての不測の事態を網羅することはできていない。

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 参照スタンダードおよび

3.1 SEMI スタンダード

SEMI C1 — Specifications for Reagents

3.2 ASTM スタンダード

D1125-95 (1999) — Standard Test Methods for Electrical Conductivity and Resistivity of Water

4 用語

4.1 バイアス(bias) — 基準電極にを基準にしたサンプルに印加する電位

4.2 容量電圧(CV)測定(capacitance voltage CV measurements) — 整流バリアの容量が印加バイアスの関数として測定される、単位体積当たりの正味のイオン化不純物の測定である自由キャリア濃度の電氣的測定

4.3 キャリア濃度(carrier concentration) — 単位体積当たりの正味のイオン化不純物。ドーパントが完全にイオン化され、かつ、物質にトラップがない場合、自由キャリア濃度と同等である。

4.4 電流電圧(IV)測定(current voltage IV measurements) — 印加バイアスの関数として整流バリアを流れる電流を測定する電氣的測定

4.5 誘電正接(dissipation factor) — 複合アドミッタンスの仮想部分に対する実部分の比率。バリアの非理想性の測定単位

- 4.6 電気化学(electrochemical) — 外部回路を経由し電荷トランスファが起こる化学反応
- 4.7 エピタキシャル層(epitaxial layer) — 方位を決定するためのホスト基板上で成長する単一結晶半導体物質の層
- 4.8 過剰過剰領域 (excess area) — むれ領域と光照射領域間の差
- 4.9 フラットバンド電位(flatband potential) — 電圧軸 $1/C^2$ 対 V プロットのインターセプト。内蔵フィールド又はバリア高の測定
- 4.10 光照射領域(illuminated area) — 電気化学エッチング中に光照射されるサンプルの領域
- 4.11 整流バリア(rectifying barrier) — 一方向のみに電流を流すことのできる二つの物質間の接合部に形成された傾斜電位
- 4.12 基準電極(reference electrode) — 一定の電極電位を備える, 飽和塩化水銀電極 SCE のようなハーフセル
- 4.13 静止電位(rest potential) — 基準電極に対するサンプルの開放端電位
- 4.14 むれ領域(wetted area) — 電解液とサンプルの接触領域

5 方法の要約

- 5.1 本方法においては, エピタキシャル層のキャリア濃度は, CV 法で測定される。
 - 5.1.1 オーム接触は, サンプル上に形成される。
 - 5.1.2 既知の接触領域における整流バリアは, 電解液に接触するサンプルを配置することによって形成される。
 - 5.1.3 バリアの品質は, I-V 及び C-V 測定を用いることにより評価される。
 - 5.1.4 測定 C-V データから, 層のキャリア濃度が決定される。
 - 5.1.5 サンプルは, 新たなバリアを物質内により深くに生成するために陽極的にエッチングされる。エッチ深さは, 電気分解のファラデーの法則を用いて決定される。
 - 5.1.6 第 5.1.4 項及び第 5.1.5 項は, 深さプロファイル対キャリア濃度を発生させるために, 繰り返される。

6 障害

- 6.1 薄い層 — 隣接領域へのキャリア拡散により, 測定の基本分解能に限度がある。さらに, 層が高シート抵抗率の場合には, これは測定値にも影響を及ぼす。
- 6.2 二重層容量 — 正確に測定を行うために, 設けられたキャリア濃度の上限。電解液と半導体の接触バリアであることによる物理的性質によって課される制限で, その値は, $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 。この数値を超えても使用することができるが, 累進劣化を伴う。
- 6.3 エッチ井戸均一性
 - 6.3.1 エッチ井戸エッチ井戸の平坦性 — 非均一性は, 有効面積を増加させるため, 当該層内で全体にわたる測定がなされないことになるかもしれない。非均一性の主たる原因は, 気泡, 不適当な電解液の循環及び不均一な光照射によるものである。
 - 6.3.2 エッチ井戸のエッチ井戸粗さ — 不良エッチングを指し, また測定上有害な影響をもたらす。一般的に, より適切な電解液及び/又はエッチング条件を選択することによって解決される。
- 6.4 非理想的電気的特性
 - 6.4.1 直列抵抗 — 接触からサンプル及び電解液は, 測定の精度に影響を及ぼす。この影響は, 大面積オーム接触による高伝導率の電解液を使用すること, 及び低測定周波数を利用することによって最小限にされる。
 - 6.4.2 リーク電流 — 並列伝導は, 測定の精度に影響を及ぼす。その影響は, 高測定周波数を使用することにより低減される。

6.4.3 過剰広過剰領域 — Hi-Lo 構造をプロファイリングする場合、特に、n 型物質上のエラーを発生させる可能性がある。過剰過剰領域は、電解液依存であるが、領域を定義するために使用されるシールの品質によって主に影響される。広過剰過剰領域は、不良シールを意味するので、シール交換によって補修される。

6.5 Hi-Lo 構造 — 測定は、キャリア拡散及び過剰領域エラーのために、不正確なものとなる。正確な測定のためには、測定前に当該層に対し化学的にエッチングを行うことである。

6.6 接触品質 — 非オーム性又は高抵抗性接触は、測定上有害な影響がある。二箇所の同様な接触間の抵抗を測定し、次に電流の方向を変えて測定を繰り返すことにより接触を確認することが望ましい。

6.7 表面準位及び深い準位 — 測定容量が周波数依存及びノイズが変化するレートに依存する原因となる。通常は、高測定周波数を使用することにより解決する。より一般的な高い直列抵抗に起因する周波数依存性と混同するのは望ましくない。

6.8 表面膜 — 容量測定において有害な影響を有する。適切な電解液、エッチングバイアス及び時間の制御を行うことによって、また電解液循環によって、膜形成を避けることが望ましい。

6.9 表面粗さ — サンプル表面は、滑らかで、シールの作用に影響のある形状がないことが望ましい。

6.10 光 — 光は、容量測定に影響を及ぼす可能性があるため、サンプルは測定中、暗室環境に置かれなければならない。

6.11 サンプル装填 — 測定精度は、領域の再現性に依存する。プラスチックリングのような馴染のよいシールが含まれている場合、サンプルは、制御された一定の力を加えることによってシールに接触させ保持することが望ましい。装填処理中には、横にずらさないことが望ましい。

6.12 リングのバラツキ — リングの状態は、測定に大きな影響がある。良好なシールは、わずかな無過剰領域を持ち、かつ、正確な面積及び再現性のある接触領域を有する。

7 装置

7.1 エッチ井戸エッチ井戸及びリング領域の測定 — 0.01 mm 以上の直線分解能を持つ XY ステージを備えた、又は 0.1 cm² の領域で 0.5 %を超える精度の測定能力のあるカメラ及び画像処理システムのいずれかを備えた測長顕微鏡

7.2 エッチ井戸フラットネスの測定 — (オプション) エッチ井戸のフラットネス及び粗さ検査するための触針式プロファイラーのような方法。ほとんどの場合に、エッチ井戸の視覚検査では、ミラーのような外観に対して、十分な平坦さを示している。

7.3 計測機器

7.3.1 容量メータ — 100 mV RMS 未満の大きさの試験信号を使用する 300 nF までの値を測定する能力がある。測定周波数は、一般的に 1 から 100 kHz の間であることが望ましい。

7.3.2 等価回路型 — メータは、電解液／半導体インタフェース用の並列回路型を仮定することが望ましく、電解液及び接触の大きな直列抵抗を補正するための手段を設けることが望ましい。

7.3.3 電位安定装置 — 測定中に ± 5 mV に対する基準電極定数に関し、 10^{13} オームを超える基準入力インピーダンスの基準電位を維持する能力がある。

7.3.4 光源 — n 型物質用エッチング用にバンドギャップエネルギーを越える波長の均一光照射源

7.4 サンプルホルダー

7.4.1 電気化学セル — サンプルを保持するために使用するもので、電解液を含みシーリングリング及びその他の電極を支持するものである。図 1 参照。

7.4.1.1 シーリングリング — 電解液とサンプルの間にシールを形成する耐食性リング。このリングは、再現性があり正確に定義された測定領域を規定する。リング領域は、0.008 cm² 未満であることが望ましく、かつ、作業の間の再