Tektronix®

Model4200-CVU-PWR C-V パワーパッケージを用いた 4200A-SCS半導体特性評価システムでの 高電圧及び高電流CV測定

アプリケーション・ノート



イントロダクション

従来の半導体材料におけるCV測定は、一般的におおよそ30V及び10mAのDCバイアスに制限されていた。しかしながらLD MOS 構造、Low-k絶縁膜、MEMSデバイス、有機TFTディスプレイや発光ダイオードのCVパラメータ評価のような多くのアプリケーションでより高電圧、高電流でのCV測定が要求される。それらのアプリケーションには別の高電圧のDC電源や容量計が必要になる。

Model4200-CVU-PWR CVパワーパッケージは、一つもしくは二つの 4200SMUをDCバイアスやスイープに使用し4210CVUで容量を測定する。DC電圧バイアス+/-200vもしくは400vの差動及び300mAまでの電流出力でのCV測定が可能である。さらにそれにはDC信号と 4200-CVUからのAC信号を重畳させるための二つのバイアス・ティーが含まれ、ハードウェアに加えClariusソフトウェアには高電圧CV測定を制御するための対話式ソフトウェアも用意されている。本アプリケーションノートではモデル4200-CVU-PWR CVパワーパッケージを使った高電圧CV測定を導入し最適に実行するための方法を解説する。本稿は4200-CVUを用いたCV測定を理解している方を対象にしている。

デバイスへの接続

4200-CVU-PWR CVパワーパッケージはモデル4205-RBT Remote Bias Tee と供に提供され、測定に必要となる最大電圧値に応じて一つもしくは二つのバイアス・ティーを使用する。+/-200vまでの電圧バイアスでのCV測定に対してはバイアス・ティーは一つ、400vまでの電圧バイアスに対しては二つが必要になる。+/-200vまでのCV測定の接続を図1に示す。4200SMUがDC電圧を印加し4210-CVUでDUTの容量を測定する。4205-RBTがCVUのAC信号とSMUからのDC信号を重畳する。

そのセットアップではCVL1 (LPOT及びLCUR) もしくはCVH1 (HPOT及びHCUR) をバイアス・ティーのAC入力端子に接続する。初期設定ではAC電流計がCVL1端子に接続され、もし可能であればAC電流

計はデバイスのゲート端子に接続されることが望ましい。その場合 4210CVUのHCUR及びHPOT (もしくはCVH1) 端子はそのデバイスの もう片側かチャックに接続する。DCバイアスはSMUのForceと Sense 端子をバイアス・ティーのForceと Sense に接続することによ り4200SMUから供給される。SMUのLO端子とCVUのCVH1端子は システムのCommon出力と内部接続される。

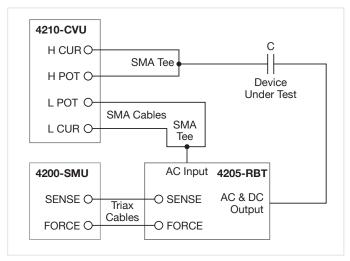


図1. バイアスティーを1つ使用した高電圧CV測定のデバイス接続

400v差動電圧が必要なCV測定では4210CVUに二つの4205-RBTリモート・バイアス・ティーと4200SMUが必要になる。その接続構成を図2に示す。4200SMU1と4210CVUのCVL1端子が4205-RBリモート・バイアス・ティーを介して試料の片側に接続される。試料のもう一方は、4200SMU2と4210CVUのCVH1端子が接続されたもう一つの4205-RBTリモート・バイアス・ティーに接続される。この接続により、例えば0~400v、-100v~300v、-400v~0vのような400vの差動測定が可能になる。

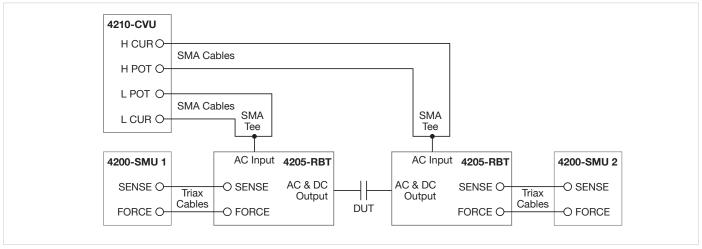


図2. バイアスティーを2つ使用した高電圧CV測定

Clariusソフトウェアでの高電圧CV測定

hivcvulib ライブラリには高電圧CV測定を行うSweepVとCvsTの二つのモジュールが含まれており、1つもしくは2つのバイアス・ティーを使用する。

1つのバイアス・ティーを使用する場合、*SweepV*のモジュールでは 4200SMUでDUTにDCバイアスを印加し4210CVUで容量を測定する。2つのバイアス・ティーを使用する場合は、一つのSMUで電圧をスイープし、もう一つのSMUでオフセットDCバイアスを与える(**図 2**参照)。

*CvsT*モジュールでは特定のDCバイアス印加状態での容量値の時間変化を測定する。このモジュールでも1つもしくは2つのバイアス・ティーを使用する。一つのバイアス・ティーとSMUでは、200VまでのDCバイアスでの容量測定を、二つのバイアス・ティーとSMUでは、400VまでのDCバイアスでの容量測定を行うことができる。

それらのテストモジュールはテストライブラリからカスタムテストを 選択すればプロジェクト上で使用することが可能だが、それらのテ ストモジュールがあらかじめ作りこまれたプロジェクトが存在する。 *High Voltage C-V Tests (cvu_highv)* という名前のプロジェクトを呼 び出し、使用することにより*SweepVとCvsT*の測定が行える。 さらにそのプロジェクトに加えて、テストライブラリにはテェナーダイオード、MOSキャパシタ、ショットキーダイオードでの高電圧CVを行うものもある。

SweepVモジュールのパラメータ設定

表1に*SweepV*モジュールの入力パラメータを示す。このモジュールでは4210CVUと最大5チャンネルまでの4200SMUが使用できる。一つのSMUでCV測定での電圧スイープを行い、他の最大4チャンネルのSMUでDCバイアスを印加でき、そのうち一つのSMUで電流測定を行うこともできる。

以下にSweepVの入力パラメータを解説する:

OpenCompensate: 必要に応じてオフセット補正を行う。まず、画面上のToolsメニューからCVU Connection Compensationを選択する。Measure Openを選択すると補正プログラムが実行される。取得した補正データはOpenCompensationパラメータを "1" に設定し有効にする。

ShortCompensate: 低インピーダンスデバイスではショート補正が必要になる。まず、CVH1とCVL1端子を短絡し、画面上のToolsメニューからCVU Connection CompensationのMeasure Openを選択する。取得した補正データは*SweepV*モジュールのShortCompensationパラメータを"1"に設定し有効にする。

表1. SweepV ユーザモジュールのパラメータリスト

| Parameter | Range | Description |
|-----------------|---------------------------|---|
| OpenCompensate | 0 or 1 | Enables/Disables Open Compensation for CVU |
| ShortCompensate | 0 or 1 | Enables/Disables Short Compensation for CVU |
| CVUCableLen | 0, 1.5m, 3m | Set cable length for CVU |
| SweepSMU | 1-8 | SMU number that will force voltage in CV sweep |
| MeasISMU | 1-8 | SMU number that will measure current during the CV sweep |
| StartV | -200 to +200 | Start voltage for sweep |
| StopV | -200 to +200 | Stop voltage for sweep |
| StepV | -200 to +200 | Step voltage for sweep |
| SweepDelay | 0 to 10 seconds | Time between voltage steps |
| PresoakV | -200 to +200 | Voltage bias prior to start of sweep |
| PresoakTime | 0 to 600 seconds | Time to apply soak voltage |
| SMU1Bias | -200 to +200 | Voltage forced by SMU1 during sweep (ignored with SMU1 is SweepSMU) |
| SMU2Bias | -200 to +200 | Voltage forced by SMU2 during sweep (ignored with SMU2 is SweepSMU) |
| SMU3Bias | -200 to +200 | Voltage forced by SMU3 during sweep (ignored with SMU3 is SweepSMU) |
| SMU4Bias | -200 to +200 | Voltage forced by SMU4 during sweep (ignored with SMU4 is SweepSMU) |
| Frequency | 10e3 to 10e6 | Test frequency |
| ACVoltage | 0.01 to 0.1V | AC test voltage of CVU |
| Speed | 0 fast, 1 normal, 2 quiet | Speed of CVU |
| CVRange | 0=Auto, 1μΑ, 30μΑ, 1mA | CVU measure range |

CVUCableLen: CVUに使用するケーブル長を入力する。デフォルト設定では4210CVUに付属されるSMAケーブルのケーブル長1.5mに設定されている。

SweepSMU: CVスイープにおいてスイープ電圧を印加するSMU番号。Force Hi と Sense Hi の端子を4205-RBT Remote Bias Tee の Force と Sense 端子にそれぞれ接続する。

MeasISMU: 電流を測定するSMU番号。電流を測定するSMU番号と電圧スイープを行うSMUが異なっている場合、電流レンジは100nA Limited Autoが設定される。SweepSMUで電流も測定する場合10uA Limited Autoに設定する。場合によっては読み値を安定させるためスイープディレーを追加したり、スイープの一番最初のステップでデバイスにチャージするためにPreSoakVやPreSoakTimeを与えることもできる。

StartV、StopV、StepV: CVスイープにおける開始、停止、ステップ 電圧値。

SweepDelay: 電圧スイープにおけるステップ間の時間。デバイスが 平衡状態に達するまでの適切な時間を与えることが可能。バイアス ティーを通して測定を行う場合最適化のためにさらに SweepDelay を 追加する必要がある。

PreSoakV: 電圧スイープ開始前の出力電圧値。

PresoakTime: PreSoakV電圧を印加する時間。 *hivcvulibの CvsT* モジュールを用いてデバイスが平衡状態に至る時間を確認できる。 このモジュールではデバイスに一定電圧を与えた状態における容量値の時間変動を測定できる。 セトリング時間をそのグラフで観測する。

表2. CvsTユーザモジュールのパラメータリスト

| Parameter | Range | Notes | |
|-----------------|------------------------------------|---|--|
| OpenCompensate | 0 or 1 | Enables/Disables Open Compensation for CVU | |
| ShortCompensate | 0 or 1 | Enables/Disables Short Compensation for CVU | |
| CVUCableLen | 0, 1.5m, 3m | Set cable length for CVU | |
| MeasISMU | 1-8 | SMU number that will measure current | |
| SampleCount | 1 to 10000 | Number of Measurements | |
| Interval | 0 to 60 | Time between readings | |
| SMU1Bias | -200 to +200 | Voltage forced by SMU1 | |
| SMU2Bias | -200 to +200 | Voltage forced by SMU2 | |
| SMU3Bias | -200 to +200 | Voltage forced by SMU3 | |
| SMU4Bias | -200 to +200 | Voltage forced by SMU4 | |
| Frequency | 10 ³ to 10 ⁶ | Test Frequency | |
| ACVoltage | 0.01 to 0.1V | AC test voltage of CVU | |
| Speed | 0 fast, 1 normal, 2 quiet | Speed of CVU | |
| CVRange | 0=Auto, 1μA, 30μA, 1mA | CVU measure range | |

SMU1Bias、SMU2Bias、SMU3Bias、SMU4Bias: CVスイープに対する電圧印加用SMUに加え最大4SMUでの電圧バイアスが可能。

Frequency: CVUの測定周波数10kHz, 20kHz, 30kHz, 40kHz, 50kHz, 60kHz, 70kHz, 80kHz, 90kHz, 100kHz, 200kHz, 300kHz, 400kHz, 500kHz, 600kHz, 700kHz, 800kHz, 900kHz, 1MHz, 2MHz, 3MHz, 4MHz, 5MHz, 6MHz, 7MHz, 8MHz, 9MHz, 10MHz. 高い容量値に対してはバイアスティーを使用した場合の共振による誤差を避けるため測定周波数を低くする必要がある場合もある。

AC Voltage: CVUのAC出力電圧の大きさ。

Speed: 測定スピードは0=FAST, 1=NORMAL, 2=QUIETに設定可能。 NORMALモードは最も標準的な設定で、ほとんどの測定で十分なセトリング時間を与える。 QUIETモードは高精度を得られるがセトリング時間が長くなる。

CVRange: CVUのAC電流計の測定レンジ。入力値に0を入れるとオートレンジで1uA, 30uA, 1mA レンジが入力できる。

CvsTモジュールのパラメータ設定

表2にCvsTモジュールの入力パラメータを示す。このモジュールでは4210CVUと最大5チャンネルまでの4200SMUが使用できる。1つもしくは2つのSMUを1つもしくは2つのバイアスティーに接続し電圧を出力する。どれか特定のSMUをバイアスティーに接続しなければならないことはなく、hardware configurationで設定し測定モジュール上で出力電圧値を入力することにより特定のSMUから電圧を出力する。他の2つもしくは3つのSMUも電圧出力ができ、1つのSMUで電流が測定できる。

以下にCvsTの入力パラメータを解説する:

OpenCompensate: 必要に応じてオフセット補正を行う。まず、画面上のToolsメニューからCVU Connection Compensationを選択する。Measure Openを選択すると補正プログラムが実行される。取得した補正データはOpenCompensationパラメータを "1" に設定し有効にする。

ShortCompensate: 低インピーダンスデバイスではショート補正が必要になる。まず、CVH1とCVL1端子を短絡し、画面上のToolsメニューからCVU Connection CompensationのMeasure Openを選択する。取得した補正データは*CvsT*モジュールのShortCompensationパラメータを"1"に設定し有効にする。

CVUCableLen: CVUに使用するケーブル長を入力する。デフォルト設定では4210CVUに付属されるSMAケーブルのケーブル長1.5mに設定されている。

MeasISMU: 電流を測定するSMU番号。電流レンジは100nA Limited Autoを使用。

SampleCount: 1~10000回の容量測定回数。

Interval: 測定間の時間(秒)。

SMU1Bias、SMU2Bias、SMU3Bias、SMU4Bias:最大4SMUでの電圧バイアスが可能。1つもしくは2つのSMUはCV測定の電圧を与えるためにバイアスティーを介してDUTに接続される。

Frequency: CVUの測定周波数10kHz, 20kHz, 30kHz, 40kHz, 50kHz, 60kHz, 70kHz, 80kHz, 90kHz, 100kHz, 200kHz, 300kHz, 400kHz, 500kHz, 600kHz, 700kHz, 800kHz, 900kHz, 1MHz, 2MHz, 3MHz, 4MHz, 5MHz, 6MHz, 7MHz, 8MHz, 9MHz, 10MHz. 高い容量値に対してはバイアスティーを使用した場合の共振による誤差を避けるため測定周波数を低くする必要がある場合もある。

AC Voltage: CVUのAC出力電圧の大きさ。

Speed: 測定スピードは0=FAST, 1=NORMAL, 2=QUIETに設定可能。NORMALモードは最も標準的な設定で、ほとんどの測定で十分なセトリング時間を与える。QUIETモードは高精度を得られるがセトリング時間が長くなる。

CVRange: CVUのAC電流計の測定レンジ。入力値に0を入れるとオートレンジで1uA, 30uA, 1mAレンジが入力できる。

高電圧CV測定のアプリケーション

ユーザーは多くの種類のデバイスタイプに対し新規測定を設定できるが、*High Voltage C-V Tests(cvu_highv)*プロジェクトには既にテェナーダイオード、MOSキャパシタ、キャパシタ及びショットキーダイオードの測定が用意されている。*High Voltage C-V Tests(cvu_highv)*プロジェクトのプロジェクトツリーを図3に示す。



図3. *High Voltage C-V Tests* (*cvu_highv*) プロジェクトのプロジェクトツリー

各測定の解説を以下に示す。

Zener Diodeの試験

テェナーダイオードのCV測定を行うには試料を**図4**に示したように4200Aに接続する。アノード端子は4210CVUのCVH1端子に接続され、カソード端子は4205RBTリモート・バイアス・ティーのAC+DC出力端子に接続される。ここではSMUのForce Hiと Sense Hiと CVUのAC電流計がカソードに接続されている。

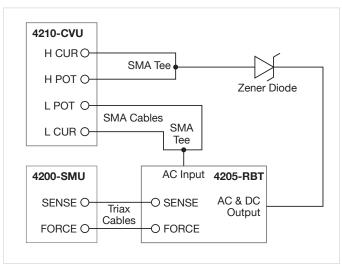


図4. ツェナーダイオードの高電圧CV接続

テェナーダイオード用のテストモジュールは*hvcv_zener*で、0vから 180vまで1vステップの逆バイアスを与える。電圧に対する容量値の 結果はAnalyze画面のグラフに表示される。広いレンジのCV測定に 対してはLog-Logやsemi-logグラフを適用する。1N5388Aテェナー ダイオードのCV測定を**図5**に示す。

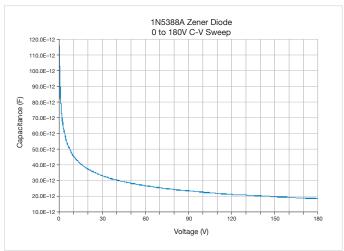


図5. ツェナーダイオードのCVスイープ結果

MOScap試験

MOSキャパシタの高電圧CV測定の接続を**図6**に示す。このアプリケーションではLPOTとLCUR (つまりCVL1) がバイアス・ティーのAC入力に接続される。デフォルトではAC電流計はCVL1端子に内部で接

続されており、図のようにゲートに電流計を接続する。4210CVUの HCURとHPOT (つまりCVH1) 端子をチャックに接続する。DCバイアスは4200SMUから供給され、バイアス・ティーを介してゲートに与えられる。

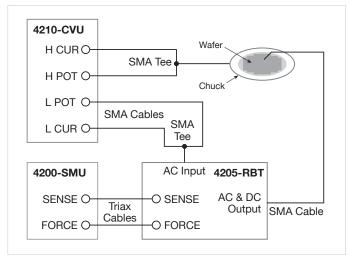


図6. MOScapテストの高電圧CV接続

MOSキャパシタ用の高電圧CV測定テストモジュールは*hvcv-moscap* で、プロジェクトツリーの "moscap" デバイスの下にある。この試験 ではゲート電圧は10vから-90vまで0.5vステップでスイープされ、その結果は**図7**に示されている。

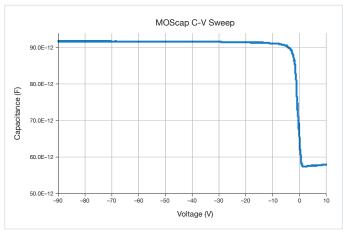


図7. MOScapテストの高電圧CVスイープ

表3. hvcv-moscap テストで使用される計算式

| Formula Name, Units | Description | Simplified Equations | | |
|--|--|---|--|--|
| RS, Ω | Series resistance calculation | $RS = \frac{\left(\frac{G}{2\pi fC}\right)^2}{\left[1 + \left(\frac{G}{2\pi fC}\right)^2\right]G} \text{where C = capacitance in strong accumulation}$ | | |
| AR | Intermediate parameter for calculation of corrected capacitance | $a = G - (G^2 + (2\pi fC)^2)R_S$ | | |
| CADJ, F | Corrected capacitance by compensating for series resistance | $C_{ADJ} = \frac{(G^2 + (2\pi fC)^2)C}{a^2 + (2\pi fC)^2}$ | | |
| COX, F | Oxide Capacitance | $C_{\text{ox}} = \text{set to the maximum capacitance in accumulation.}$ | | |
| CMIN, F | Minimum capacitance | $N = \left \frac{-2}{q\varepsilon_s A^2 \frac{d(1/C^2)}{dV}} \right $ | | |
| INVCSQR, $\frac{1}{F^2}$ | Inverse square of capacitance | $INVCSQR = \frac{1}{C^2}$ | | |
| TOXNM, nm | Calculated thickness of oxide | $\begin{split} T_{\rm ox(nm)} &= \frac{(1xE^7)A\epsilon_{\rm ox}}{C_{\rm ox}} \\ \text{where } 1\times & E^7 = \text{units conversion from cm to nm} \\ \epsilon_{\rm ox} &= \text{permittivity of oxide (F/cm)} \\ \text{A} &= \text{gate area (cm²)} \end{split}$ | | |
| NDOPING, $\frac{1}{cm^3}$ | Doping density | | | |
| DEPTHM (w), m | Depletion depth | $W = A\varepsilon_s \left(\frac{1}{C} - \frac{1}{C_{OX}}\right) (1xE^{-2})$ 1×E ⁻² = units conversion from cm to m | | |
| N90W | Doping density at 90% of maximum depletion depth | | | |
| DEBYEM (λ), m | Debye length | $\lambda = \left(\frac{\varepsilon_s kT}{q^2 N}\right)^{1/2} \left(1xE^{-2}\right)$ where N=N at 90% W _{MAX} (or N90W) $1\times E^{-2} = \text{units conversion from cm to m}$ | | |
| CFB (C _{FB}), F | Flatband capacitance | $C_{FB} = \frac{C_{ox}(\varepsilon_s \frac{A}{\lambda})(1xE^2)}{C_{ox} + (\varepsilon_s \frac{A}{\lambda})(1xE^2)}$ | | |
| VFB (V _{FB}), V | Flatband voltage | Once C_{FB} is derived, V_{FB} is interpolated from the closest V_{GS} values. | | |
| PHIB (фв), V | Bulk potential | $\Phi_B = \pm rac{kT}{q} \ln \Biggl(rac{N_{BULK}}{N_i}\Biggr)$ | | |
| VTH, V | Threshold voltage | $V_{TH} = V_{FB} \pm \left[\frac{A}{C_{OX}} \sqrt{4\varepsilon_{S} q N_{BULK} \phi_{B} } + 2 \phi_{B} \right]$ | | |
| WMS (W _{MS}), V | Work function difference between metal and semiconductor | $W_{\rm MS} = W_{\rm M} - \left[W_{\rm S} + \frac{E_{\rm BG}}{2} - \phi_{\rm B}\right]$ W _M and W _S are defined in the constants table in the Formulator | | |
| QEFF (Q _{EFF}), $\frac{C}{cm^2}$ | Effective oxide charge | $Q_{EFF} = \frac{C_{OX}(W_{MS} - V_{FB})}{A}$ | | |
| c | Index from DEPTHM array that is three Debye lengths from | A | | |
| BEST_HI | Index from DEPTHM array that is 95% of maximum depletion length, or twice the screening length in the semiconductor, whichever is larger | | | |
| NAVG (N _{AVG}), $\frac{1}{cm^3}$ | Average doping | Calculated between index BEST_HI and BEST_LO | | |
| MAXINVSQR | Finds row position of maximum point on $\frac{1}{C^2}$ curve | | | |
| VFBPOS | Finds row position of flatband voltage | | | |
| NSLOPE | Finds slope of $\frac{1}{C^2}$ curve | | | |
| NSUB, $\frac{1}{cm^3}$ | Calculated substrate doping concentration from slope | | | |

CV測定結果より様々なMOSキャパシタのパラメータが導出できる。 hvcv-moscap モジュールにはしきい値電圧、酸化膜厚、フラットバンド容量、不純物濃度等を含む種々のパラメータを抽出するための計算式が含まれている。それらの計算式から得られた値はシートに表示される。表3に式を示す。また、それらの式の詳細についてはケースレーのアプリケーションノート "C-V Characterization of MOS Capacitors Using the 4200A-SCS Parameter Analyzer"を参照。

各パラメータを算出する式に**表3**に示した定数も追加することができる。**表4**にそれらの定数を示す。ユーザーは測定するMOSキャパシタに基づいて式の中でそれらの定数を調整できる。

表4. hvcv-moscapテストで使用される定数

| Constant | Description | Default Value | Units |
|-------------------------|---------------------------------|---------------|------------------|
| AREA | Gate Area of Device | 10.8E-3 | cm ² |
| EOX (ϵ_{ox}) | Permittivity of Oxide | 340.0E-15 | F/cm |
| ES (ε _s) | Semiconductor Permittivity | 1.04E-12 | F/cm |
| NI (N _i) | Intrinsic Carrier Concentration | 14.5E+09 | cm ⁻³ |
| DOPETYPE | –1 for 1 for P-type, N-type | 1E+00 | |
| WM (W _M) | Metal Work Function | 4.15E+00 | V |
| WS (Ws) | Silicon Electron Affinity | 4.05E+00 | V |
| EBG (E _{BG}) | Semiconductor Energy Gap | 1.12E+00 | eV |
| TEMP | Test Temperature | 293E+00 | K |

キャパシタ試験

ここでは200Vの一定バイアスを印加する試験と-200Vから200Vのスイープを行う2つの測定が存在する。それらを実行するためにはキャパシタを**図1**で前述したバイアス・ティーを使用したシステムに接続する必要がある。

時間に対する高電圧容量の測定は*CvsT*モジュールで作成した 200vbias テストで実行できる。このモジュールでは200Vを100pFの キャパシタに与え容量値を時間の関数として測定しデータをグラフ にプロットする。その結果を図8に示す。この結果からCVスイープ におけるセトリング時間を決めることができる。

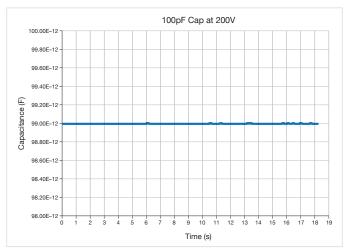


図8. 容量値 vs. 時間の測定

200Vsweepテストにおいて、SMUで-200Vから200Vの電圧をスイープしながらCVUで容量値を測定する。100pFのキャパシタのCVスイープの結果を図9に示す。

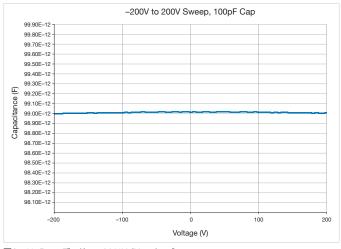


図9. 100pF コンデンサの+/-200V CVスイープ

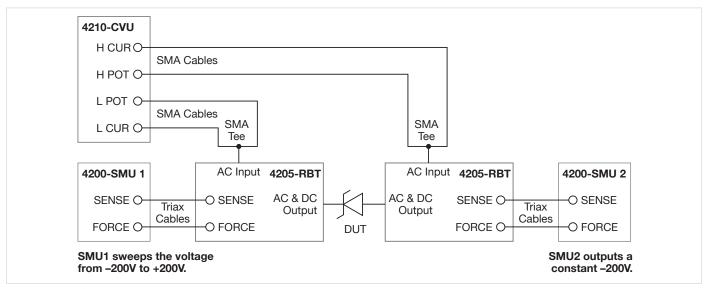


図10. ショットキーダイオードテストの高電圧CV接続

ショットキーダイオードの試験

2つのバイアス・ティーと2つのSMUを使い400VまでのCV測定が行える。その構成の例を**図10**に示す。その設定では4210CVU、2つの4205RBTと2つの4200SMUがショットキーダイオードに接続されている。*400Vsweep*テストでは、ショットキーダイオードに対し0から400Vをスイープした容量測定を実行する。0から400Vのスイープを行うためには、SMU2から-200Vの一定バイアスを出力されながらSMU1で-200Vから200Vのスイープを行う。その高電圧CVスイープの結果を**図11**に示す。

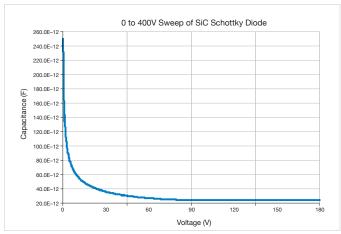


図11. ショットキーダイオードの高電圧CVスイープ結果

測定の最適化

高電圧CV測定を行う際には一般的なCV測定と同様に測定精度の最適化のためのいくつかの手法を用いる。それらの手法として、適切なスピードモードの選択、十分なセトリング時間、寄生容量の影響を低減する対策がある。

hivcvulib ライブラリの2つのモジュールには0=FAST, 1=NORMAL, 2=QUIETで調整可能なスピードのパラメータが含まれている。FAST モードは最も高速であるが最もノイズが大きい。NORMALモードは最も標準的な設定で、ほとんどの測定で十分なセトリング時間を与える。QUIETモードは高精度を得られるがセトリング時間が長くなる。

多くのアプリケーションにおいて適切な PreSoak 時間や Sweep Delay 時間を選択することは重要である。電圧を与えた後、内部のキャパシタが完全に充電されたデバイスの状態を平衡状態と呼ぶ。もし容量測定がデバイスの平衡状態前に行われると不正確な測定結果が得られてしまう。 *SweepV* ユーザーモジュールでdelay 時間を選択するためには *CvsT* ユーザーモジュールで容量の時間依存性を測定し、グラフでセトリング時間を観測し、それを PreSoakV に対する PreSoakTime に用いるかあるいは *SweepV* モジュールのスイープにおける SweepDelay 時間に適用させる。

CV測定においてオフセット補正や適切な接続を含む浮遊容量の影響 を低減する手順を取ることが重要である。

オフセットを補正するためにOpenとShort補正を実行する。Open補正は大きなインピーダンス (>1M Ω) に対し実施し小さい容量のオフセットを、Short補正は低いインピーダンス (<10 Ω) に対し実施し大きな容量のオフセットを補正する。Open及びShort補正については4200A-SCS Reference Manual にて詳細に解説されている。

測定ノイズや寄生容量を排除するためAC電流計の端子を常にグランドに対し最少の容量を持つデバイスの端子に接続する必要がある。MOSキャパシタの測定の際にはCVL1端子は常にゲートにCVH1端子はチャックに接続する。

バイアス・ティーによって測定回路に寄生容量が追加されることは 避けられないため、特に高周波(>1MHz)で高い容量を測定する際は 注意が必要。もし測定誤差が疑われる場合はバイアス・ティーを外 した場合と使った場合で同じ測定条件で測定を実行し差を比較する。その場合、バイアス・ティーを除いた測定では電圧は最大30Vに制限される。もし比較結果に矛盾があった場合、測定周波数を下げ、可能であれば Quiet スピードモードで測定を行ってみる。セトリング時間を増やすことによりデバイスを平衡状態にすることができる。

テストシステムの安全性

多くの電気測定システムや機器は危険な電圧や電力レベルを測定もしくは印加する機能を有している。単一故障(すなわち、プログラムエラーや機器の故障)時においてシステムが危険と表示していなくても危険なレベルの出力がされてしまうことがありうるため、作業者をそのような高電圧や電力の危険にさらさないことが絶対に必要となる。保護する方法は:

- ・作業者が危険な回路に接触しないようテスト・フィクスチャを設計 する
- ・作業者がいかなる飛散する破片からも守られるように被測定物を完 全に遮蔽する
- ・作業者が接触する可能性のあるすべての電気的接合を二重に絶縁 する。それによってたとえ一つの絶縁が失われても二つ目の絶縁が 作業者を保護する。
- ・テスト・フィクスチャの蓋を開けた際に電源が遮断される信頼性の 高いフェイル・セーフ式のインターロックスイッチを使用する。
- ・可能であれば自動ハンドラーを使用し作業者がテスト・フィクスチャの内部に手を入れたり、ガードを開ける必要がないようにする。
- ・全てのシステム使用者に適切なトレーニングを施し、全ての危険の 可能性や怪我から身を守る方法を理解させる。

テストシステムの設計者、インテグレーターやインストール担当者は、 作業者やメンテナンス担当者に対する保護がきちんと整い、有効に なっていることを確認しておく責任がある。

結論

4200A-SCSに4200-CVU-PWR C-V Power packageを使用することにより、+/-200Vもしくは400V差動のDCバイアスまたは電流出力最大300mAでのCV測定が可能になる。高電圧や高電流を実現するために4205-RBT リモート・バイアス・ティーで4210CVUのACと4200-SMUのDCを重畳させる。高電圧CVスイープや一定電圧印加時の容量測定を行えるソフトウェアが4200Aに準備されている。テェナーダイオード、MOSキャパシタ、キャパシタ及びショットキーダイオードの測定例も準備されており、それらは他のデバイスを測定する場合も容易に修正でき、また新しいテストも他のプロジェクトにおいて新しいテストを開くことにより作成できる。一般的なCV測定と同様、高電圧CV測定も適切な測定手法や最適化された接続が必要となる。

付録

オーダー情報

4205-RBT 各2

お問い合わせ先:

オーストラリア 1800709465

オーストリア 00800 2255 4835

バルカン諸国、イスラエル、南アフリカ、その他ISE諸国 +41 52 675 3777

ベルギー 00800 2255 4835

ブラジル +55 (11) 3759 7627

カナダ 1 800 833 9200

中央/東ヨーロッパ、バルト海諸国 +41 52 675 3777

中央ヨーロッパ/ギリシャ +41 52 675 3777

デンマーク +45 80 88 1401

フィンランド +41 52 675 3777

フランス 00800 2255 4835

ドイツ 00800 2255 4835

香港 400 820 5835

インド 000 800 650 1835

インドネシア 007 803 601 5249

イタリア 00800 2255 4835

日本 81 (3) 6714 3086

ルクセンブルク +41 52 675 3777

マレーシア 1 800 22 55835

メキシコ、中央/南アメリカ、カリブ海諸国 52 (55) 56 04 50 90

中東、アジア、北アフリカ +41 52 675 3777

オランダ 00800 2255 4835

ニュージーランド 0800 800 238

ノルウェー 800 16098

中国 400 820 5835

フィリピン 1800 1601 0077

ポーランド +41 52 675 3777

ポルトガル 80 08 12370

韓国 +82 2 6917 5000

ロシア +7 (495) 6647564

シンガポール 800 6011 473

南アフリカ +41 52 675 3777

スペイン 00800 2255 4835 スウェーデン 00800 2255 4835

スイス 00800 2255 4835

台湾 886 (2) 2656 6688

タイ 1 800 011 931

イギリス、アイルランド 00800 2255 4835

アメリカ 1 800 833 9200

ベトナム 12060128

2016年4月現在

CVU Power Package Typical Performance parameters

測定パラメータ: Cp-Gp、DCV、timestamp

4200-CVU-PWR C-V Power Package は以下を含む:

SMA F-M-F Tee アダプター CS-1391 各2

SMA to SSMA Y-Cables 4200-PRB-C 各2

Male SMA to Female BNC アダプター CS-1252 各2

容量値レンジ: fFからnF

測定端子:BNCアダプターを含む2線式SMA(CVU)

測定信号: 100kHzから10MHz、10mVから100mV AC

DC電圧源:5mV分解能での+/-200V(400V差動)

DC電流:最大100mA (MPSMU) もしくは300mA (HPSMU)

1MHzでのCp精度(Typical値): 1.0%

DC電流確度:10nA/V

最大SMUバイアス用端子数:4

参考文献

1. 4200A-SCS Reference Manual

2. Keithley Application Note, "C-V Characterization of MOS Capacitors Using the 4200A-SCS Parameter Analyzer"

N/

jp.tek.com

テクトロニクス/ケースレーインスツルメンツ

お客様コールセンター:技術的な質問、製品の購入、価格・納期、営業への連絡

TEL: 0120-441-046 営業時間 9:00~12:00・13:00~18:00 (土田祝田および当社休日を除く)

サービス・コールセンター:修理・校正の依頼

TEL: 0120-741-046 営業時間 / 9:00~12:00・13:00~17:30 (土日祝日および当社休日を除く)

〒108-6106 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟6階

記載内容は予告なく変更することがありますので、あらかじめご了承ください。

Copyright © 2017, Tektronix. All rights reserved. TEKTRONIX およびTEK はTektronix, Inc. の登録商標です。記載された製品名はすべて各社の商標あるいは登録商標です。

2017年11月 1KZ-60637-0