

Application Note AN-FET-001

# $\mu$ Stat-i 400 を使用した電界効果トランジスタ (FET) の特性評価と性能研究

近年、多くの電気化学的および生物学的用途のセンシングプラットフォームとして、電界効果トランジスタ (FET) がより一般的に使用されるようになりました。

これらの装置は、低電位での操作と安定した電位差測定を可能にする有望な生体電子工学変換器です。FETは現在、科学界にて使われる伝統的な電気化学検出システムの魅力的な代替手段と見なされ

ています。

この技術資料では、メトローム DropSensのハイポテンシオスタットを使用して、FETの特性評価する方法と、その変換器としての使用について紹介しています。小型でホータフルなハイポテンシオスタット/カルハノスタット  $\mu$ Stat-i 400を使用して、以下の実験を実証します。

## はじめに

電界効果トランジスタ (FET) か、抗体や酵素などの適切な生体認識要素で適切に機能化されている場合、生化学的イベントのリアルタイム、特異的、およびラヘルフリーの変換のための独自のプラットフォームを提供することが示されています。たとえば、適切に機能化された FET は、カス、イオン、およびウイルスの存在を検出し、リアルタイムで細胞増殖

を監視することさえできます。

これらの FET ヘースのハイオセンサーは、半導体材料を介して電荷キャリアを変調する電場で動作します。このようなハイオセンサーは、電気活性標識を必要とせずに、特定の生物学的相互作用を電気信号に直接変換できます。

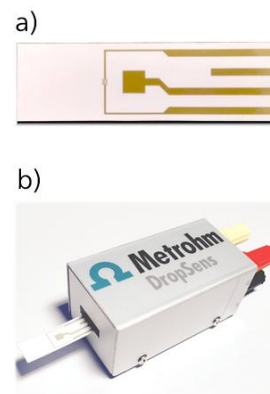
## 装置とソフトウェア

Metrohm DropSens  $\mu$ Stat-i 400 は、アクセサリの接続方法と FET を使用した実験の実行方法を示す目的で使用されました。この機器は、ワイヤレスで動作するか、USB ケーブルでコンピュータに接続できるポータブルハイポテンシostat およびカル

ハノスタットです。この機器は、DropView 8400 ソフトウェアによって制御されます。これは、ユーザーが電気化学測定を実行し、得られたクラフト信号をリアルタイムで表示できる、専用の使いやすい直感的なソフトウェアです。

Metrohm DropSens は AUFET30 も提供しています (図 1a)、プラスチック基板に固定された金の電気化学トランスデューサー。このプラットフォームは、FET を簡単に製造できるように、すべての電極 (トレイン-ソース チャンネルとゲート) を 1 つの部品に統合する共平面配置で設計されています。この構成により、電極間で常に同じ分離距離が保たれ、半導体材料によるチャンネルの変更が容易になります。トレイン ソース チャンネルは、各電極の 6 つのハントの組み合わせシステムです。ハントのキャップの幅は 30  $\mu\text{m}$ 、ハントの長さは 270  $\mu\text{m}$  です。ゲート電極は正方形電極 (9  $\text{mm}^2$ ) とトレイン ソース チャンネルから 2 mm に配置されます。

専用コネクタ BIDSCFET (図 1b) AUFET30 は、あらゆる機器に簡単に接続できるように設計されています。ここでは、このコネクタの前面にあるスロットに AUFET30 が示されています。背面には、付属のケーブルのオス ハナナ コネクタの色と一致する 4 つのメス ハナナ コネクタがあり、直感的なセットアップが可能です。



**Figure 1.** a) FET 製造用の AUFET30 プラットフォーム。(b) BIDSCFET コネクタ。

## FET接続

I-BICABSTAT ケーブル コネクタは、ハイポテンシオスタット / カルハノスタット  $\mu$ Stat-i 400 に含まれています。このケーブルには、説明されているようにラベル付けされた 5 つのオス ハナナ コネクタがあります。図 2。

FET を使用して実験を行うために、目的の実験用途に応じてさまざまな接続配置が説明されています。

- Red – (WE1)
- Red – (S)
- Yellow – (XWE2)
- Black – (A)
- Blue – (R)
- Green – ( $\equiv$ )

Figure 2. 5 種類のパナナ コネクタのラベル

## FET特性評価のための接続

FET の特性評価中、ドレイン-ソース電流 ( $I_{DS}$ ) は、異なるゲート-ソース間電圧 ( $V_{GS}$ ) を印加しつつ、ドレイン-ソース間電圧 ( $V_{DS}$ ) を掃引することで評価します。したがって、接続の配置は次のようになります。

- XWE2 (黄色) のハナナ コネクタは、ゲート電極
- R (青) と A (黒) のハナナ コネクタは、ソース電極。
- WE1 (赤) と S (赤) のハナナ コネクタは、ドレイン電極

特性評価を実行するために、 $V_{GS}$  を変化させながら、いくつかの LSV+AD の試験を行います。実験中はグラフィック表示領域に 2 つの曲線が同時にプロットされます。 $I_{DS}$  対  $V_{DS}$  を示し、そして、赤い線は  $I_G$  対  $V_G-S$  を示します。さまざまな LSV+AD 実験を実行した後、図 3 示すように一つにプロットしたようなグラフィック表示されます。

青い線は、異なる  $V_G-S$  において、 $-0.40V \sim +0.40V$  に間で、 $I_{DS}$  と  $V_{DS}$  の間に線形相関が見られます。評価されたデバイス線の線形依存性は、オーム接触からドレイン-ソースチャネルの金属電極と下にある半導体膜の間に保持されていることを確認します。

接続が確立されたら、DropView 8400 ソフトウェア上で LSV+AD 測定、実験のパラメーターは、ソフトウェアのパラメーター ウィンドウで設定できます。

- 開始:  $V$  の初期値  $_{DS}$
- エント:  $V$  の最終値  $_{DS}$
- E2: ゲート電圧  $V_{GS}$

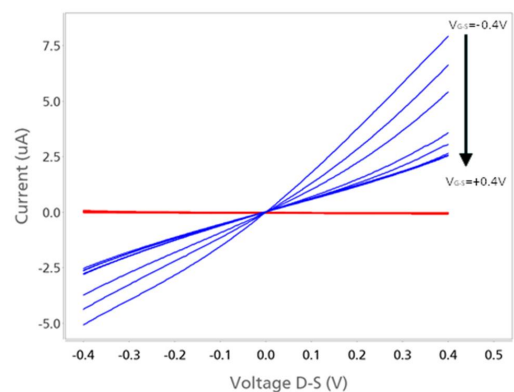


Figure 3. DropView 8400 ソフトウェアを使用して異なる  $V_G-S$  で取得した  $I_D-S$  (青) および  $I_G-S$  (赤) 対  $V_D-S$  のプロット。

## 伝達曲線 IV の接続: トレイン-ソース チャンネルに固定電圧を印加するゲート-ソース電圧の掃引

典型的な伝達曲線を得るために、トレイン-ソース電流 ( $I_{DS}$ ) は固定電圧で検出され、 $V_{GS}$  掃引されます。キャラクタリゼーション後 (図 3)、 $V_{DS}$  が +0.40V で、印加されたVに応じて、 $I_{DS}$  値の大きな変動が観察されます。そのため、この  $V_{DS}$  値 (+0.40 V) は、次の伝達曲線実験を実行するために選択されています。操作手順は前の説明と非常に似ていますか、接続は次のように行う必要かあります。

操作手順は前の説明と非常に似ていますか、接続は次のように行う必要かあります。

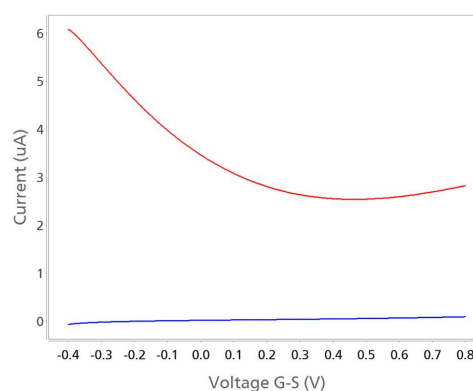
- WE1 (赤) と S (赤) のハナナ コネクタは、ゲート電極。

実験を開始すると、グラフィック表示領域に 2 つの曲線が同時に表示されます。名前付きの伝達曲線 I-V に対応する赤い曲線 ( $I_{DS}$  対  $V_{GS}$ )、および漏れ電流に関連する青い曲線 ( $I_{GS}$  対  $V_{GS}$ ) (図4)。

- R (青) と A (黒) のハナナ コネクタは、ソース電極。
- XWE2 (黄色) のハナナ コネクタは、トレイン電極。

接続が確立されたら、DropView8400ソフトウェア上で LSV+AD測定を選択してください。実験のハラメーターは、ソフトウェアのハラメーター ウィンドウで設定できます。

- 開始: VG-Sの初期値
- エント: VG-Sの最終値
- E2: トレイン-ソース間電圧



**Figure 4.** DropView 8400 ソフトウェアで取得した VG-S に対する伝達曲線 IV ( $I_{D-S}$ 、赤い線) および漏れ電流 ( $I_{G-S}$ 、青い線) のプロット。

## 連続測定接続

アプリケーションによっては、連続モードで測定を実行する必要があります。これは、最適なパラメータが選択されると、ケートとソースの間に固定電圧が印加され、別の固定電圧がトレインにも印加されるためです。この場合、動作設定は伝達曲線に使用されたものと同じです。ただし、この状況では別の手法が使用されます。アンペロメトリック検出 DropView 8400 ソフトウェアで選択されます。ソフトウェアのパラメータ ウィンドウで、チャンネル数として「2」を選択します (図 5a)。次に、パラメータ ウィンドウ内の [Multichannel パラメータ] タブをクリックします (図 5b)、チャンネル 1 でケート-ソース電圧を設定し、チャンネル 2 でトレイン-ソース電圧を設定します。実験を開始すると、グラフィックス表示領域に、1 に関連する赤と青の 2 つの曲線が表示されます。それぞれ、IV-S対時間、IG-S対時間になります。

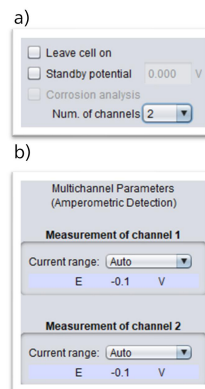
## 結論

Metrohm DropSens ハイポテンシオスタットを使用すると、ユーザーはケート-ソース電流とトレイン-ソース電流を独自の図で同時に表示できます。つまり、伝達曲線 IV と漏れ電流を各実験で取得できます。このアプリケーション ノートに記載されているのと同じプロトコルを  $\mu$ Stat 400 で使用できます。

## CONTACT

メトロームジャパン株式会社  
143-0006 東京都大田区平  
和島6-1-1  
null 東京流通センター アネ  
ックス9階

metrohm.jp@metrohm.jp



**Figure 5.** a) チャンネル数を選択する必要がある DropView 8400 のパラメータ ウィンドウのセクション。b) チャンネル 1 の E が VG-S に対応し、チャンネル 2 の E が VD-S に対応するパラメータ ウィンドウ内のマルチチャンネルパラメータタブ。

さらに、AUFET30 は、FET の開発を容易にするための電気化学変換器です。専用コネクタ BIDSCFET と組み合わせること、ハイポテンシオスタットへの適合が容易になり、従来の 3 電極電気化学セル設定よりも高い感度で信頼性の高い測定を実行できます。

## 装置構成



### Stat-i 400 Bipotentiostat/Galvanostat/Impedance Analyzer (EIS)

$\mu$ Stat-i 400 is a portable BiPotentiostat/Galvanostat/Impedance Analyzer (EIS) that can be applied for Voltammetric, Amperometric, Potentiometric and EIS measurements and can be used with one- or two-working electrodes configuration. Li-ion Battery powered, it can be easily connected to a PC via USB and Bluetooth®.



### Flexible Gold Field-Effect Transistors with coplanar gate

Disposable flexible devices for Field-Effect Transistor (FET) are made of gold onto plastic substrate. These electrodes are useful to obtain sensing phases.