

アプリケーションノート

工業用の電流測定ブドウ糖センサー

JT2



アプリケーションノート

工業用の電流測定ブドウ糖センサー



INNOVATIVE SENSOR TECHNOLOGY

目次

1. センサについて	3
2. 利点と特徴	3
3. 応用分野	3
4. センサ構造	4
5. 測定原理	5
6. 寸法とハウジング	6
7. 取り付け	7
8. 配送と梱包	7
9. 取り扱い	7
10. 保管	8
11. 性能	8
12. 電気処理と回路図	13



TEMPERATURE



FLOW



HUMIDITY



CONDUCTIVITY

アプリケーションノート

工業用の電流測定ブドウ糖センサー



INNOVATIVE SENSOR TECHNOLOGY

JT2

1. センサについて

このアプリケーションノートでは、温度センサーと統合されたJT2ブドウ糖センサーの機能の包括的な概要を説明します。このセンサーは、培養環境モデルの溶液のブドウ糖と温度の両方のモニタリングに最適です。新しいFDA規格では、継続的に監視と、リアルタイムでの生産プロセスを制御を推奨しています。使い捨てのアプリケーションでこの目的を果たすためには、反応装置に直接センサーを取り付け、または短いフィードバックループを形成する必要があります。どちらの場合も、その製造業者にとって、センサーおよび反応装置の両方の殺菌が可能な反応装置と一体のセンサーを提供することが不可欠です。

ブドウ糖は、微小電極を覆う薄いヒドロゲル膜内に固定化されたグルコースオキシダーゼとの反応から検出されます。これは、極端なセンサーの小型化と多パラメータセンサーアレイの構築を考慮に入れます。内臓のPT1000センサーは温度補償を考慮します。

現在の最新技術を見てみると、電気化学センサーは、バッグ反応装置で使用されていることを示しています。これらの反応装置のほとんどは、pH及び溶解酸素センサーのみを備えているだけです。ブドウ糖濃度の連続監視は、収穫期を認識し、成長条件を最適化します。一方、オンライン温度監視のオプションは、すでに多用途プローブの形で市販されています。

2. 利点と特徴

以下に示すのは、ブドウ糖センサーにある利点を示します。それらは、センサーの持つ全ての利点を示すリストでなく、ほんの一部です。

- 非常に高いブドウ糖検出 (3 nA/mM)
- 広い測定範囲 (1 mM ~ 100 mM)
- チップに3種のセンサープローブ冗長性と信頼性を可能にする
- チップに温度センサー(Pt1000)
- 基準補償用のブランクプローブ
- 30日間までの連続計測
- 溶解酸素に依存しない
- 流れやバッグ反応装置と互換
- 非常に小さなクロス選択性パラセルモールや他の共通干渉との
- 流れに依存しない
- ガンマー殺菌と互換
- +50°Cまでの使用温度 (短時間保存, +80 °C)

3. 応用分野

他の中でも、JT2 ブドウ糖センサーは次の用途に適しています:

- プロセス制御
- バイオ反応装置
- 排水処理
- 医薬アプリケーション



TEMPERATURE



FLOW



HUMIDITY



CONDUCTIVITY

アプリケーションノート 工業用の電流測定ブドウ糖センサー

JT2



INNOVATIVE SENSOR TECHNOLOGY

4. センサ構造

製造工程1

3個のブドウ糖検出電極 (G1, G2, G3) とブランクプローブ及び Pt1000 温度センサがセラミック基板上に生成されます。

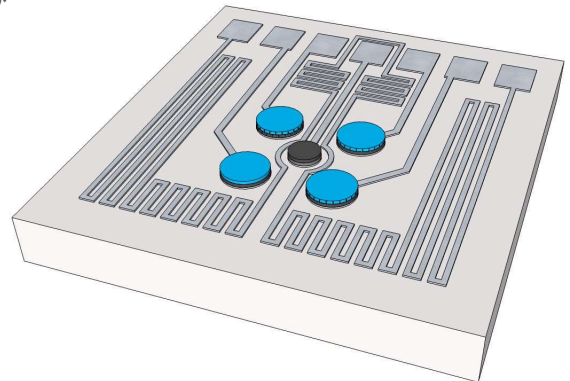


図 1: 金属構造を持つセンサチップ

製造工程2

生体適合性の保護層がチップ表面上に生成されます。電極と接点は、接続可能です。

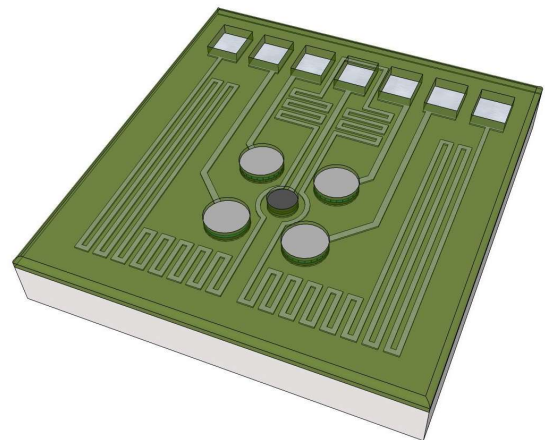


図 2: 金属構造と保護層を含むセンサチップ



TEMPERATURE



FLOW



HUMIDITY



CONDUCTIVITY

アプリケーションノート

工業用の電流測定ブドウ糖センサー



INNOVATIVE SENSOR TECHNOLOGY

JT2

製造工程3

最終製造工程としては、グルコースオキシダーゼ(青)および銀/塩化銀(黒)を含む敏感な膜が、白金電極上に生成されます。

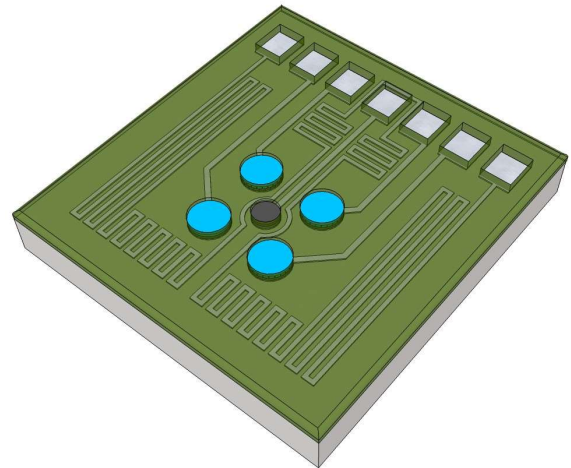


図 3: 最終のセンサ

5. 測定原理

動作原理は、埋め込まれた酵素-グルコースオキシダーゼ(GOD)を使用してブドウ糖を測定可能な電流への変換です。ブドウ糖はGODと接触すると、グルコノラクトンと過酸化水素に分解されます:



この反応は、ブドウ糖と1:1の酸素の存在を必要とします。過酸化水素の生成は、電気化学的セットアップを使用して測定されます。この目的のために使用される典型的な電氣的構成が3電極セットアップです。作用電極に電位を印加すると、過酸化水素は、水素イオンと酸素と電子に酸化反応を開始します。



還元は、対向電極で起こります。これにより、測定セル内の電気回路を閉じ、溶液内部電荷キャリアの流れを維持する必要があります。対向電極は、白金のような不活性な導電体です。

基準電極は安定しており、よく知られて電位に設定します。この電極と作用電極との間の電圧は、作用電極での過酸化水素の酸化を停止させます。この電極に流れる電流は、ゼロに維持されます。過酸化水素を酸化するのに必要な電位が基準電極の材料に依存します。基準電極は、典型的に銀/塩化銀で作られています。



TEMPERATURE



FLOW



HUMIDITY



CONDUCTIVITY

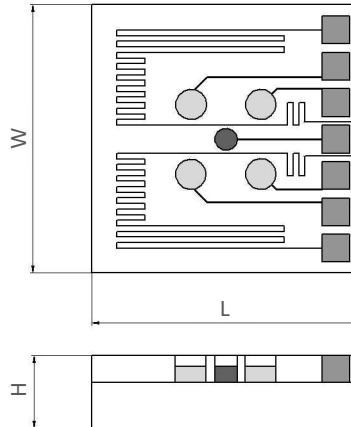
アプリケーションノート 工業用の電流測定ブドウ糖センサー

JT2



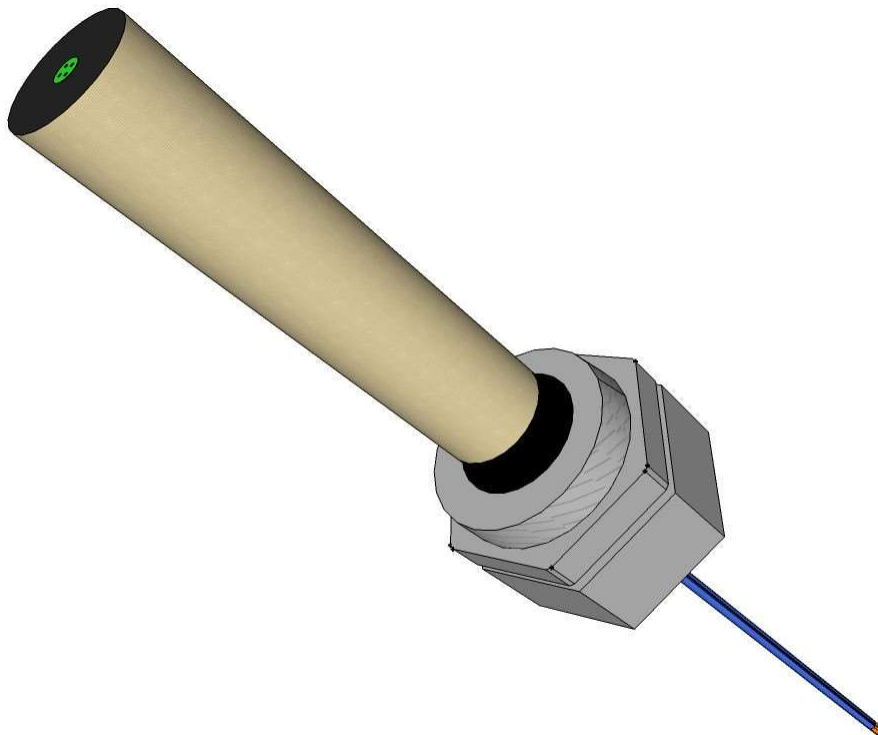
INNOVATIVE SENSOR TECHNOLOGY

6. 寸法とハウジング



標準センサ(ハウジングなし)の寸法は、4.8x4.8x0.45 (LxW xH mm)です。これは、ハウジングまたは接続ワイヤが含まれていません。対応するハウジングは、参考として機能します。特定のハウジングの可能性についてご質問がありましたら、アプリケーションのための最高の可能な解決策を見つけるために私達に連絡してください。

標準電極シャフト





TEMPERATURE



FLOW



HUMIDITY



CONDUCTIVITY

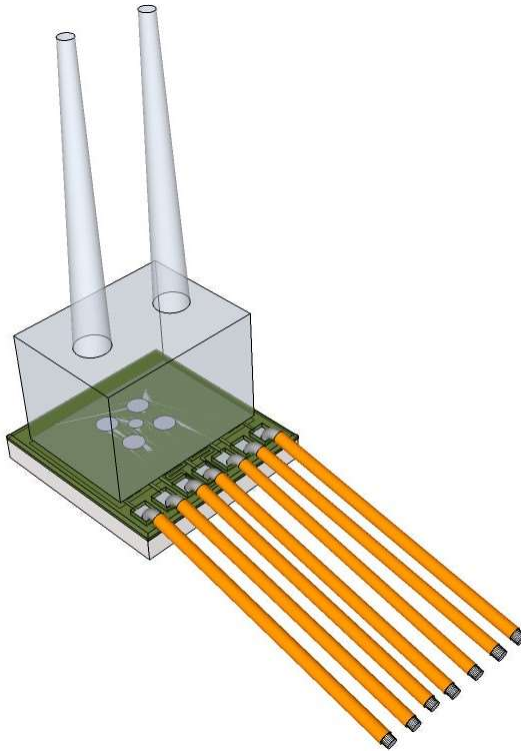
アプリケーションノート 工業用の電流測定ブドウ糖センサー

JT2



INNOVATIVE SENSOR TECHNOLOGY

マイクロ流体路



7. 取り付け

センサーは、標準電極シャフトに装着又はマイクロ流体路に埋め込むことができます。他の可能性についてのリクエストを承ります。

8. 配送と梱包

センサは、単一のチップごとをプラスチック(PE)のシール袋に入れて配送されます。このシール袋は再び乾燥剤(シリカゲル)と一緒に別のプラスチックシール袋に梱包されます。

9. 取り扱い

プラスチックピンセットまたは手袋(ニトリルまたはラテックス)を用いて、取り扱います。電極(図4参照)に直接接触することを避けるためです。ESD保護は不要です。

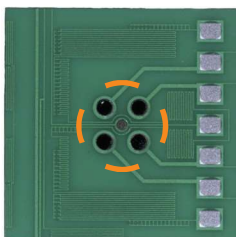


図 4: 丸で囲まれた電極



TEMPERATURE



FLOW



HUMIDITY



CONDUCTIVITY

アプリケーションノート

工業用の電流測定ブドウ糖センサー



INNOVATIVE SENSOR TECHNOLOGY

JT2

10. 保存

短時間: 室温, 結露なきこと

長時間: 4 °C ~ 8 °C, 乾燥していること

寿命: 6ヶ月

11. 性能

以下に JT2 ブドウ糖センサーの性能を示します。但し、アプリケーションや起こり得る影響により、測定値が異なる場合があります。

測定方法

すべての作用電極は、(G1は、G2は、G3、空白)は、同時に、マルチチャンネルポテンシostatに接続されています。基準電極も接続されています。外部電極は、緩衝溶液と接触している対向電極として使用されます。

PMMAのマイクロチャンネルは、センサ(図5)上に配置されます。チャンネルの断面寸法は $600 \times 1800 \mu\text{m}^2$ です。蠕動ポンプは、流路に0~5 ml/分の流れを設定します。しかし、指定されていない場合は、流速は1ml/分に維持されます。



図 5: センサチップに取り付けたフローセル

測定は、定常状態の反応器中でオンラインで行われます。チップ上のフローセルを用いた混合反応器の場合にはオフラインで行います。温度および圧力は、標準実験室条件(1 bar, +25 °C)に設定されています。

アセテート緩衝液が使用されます。その組成を表1に要約します。その緩衝液のpH及び総イオン強度は、それぞれ、約7および150mMです。



アプリケーションノート

工業用の電流測定ブドウ糖センサー



INNOVATIVE SENSOR TECHNOLOGY

JT2

表 1:バッファの基本組成

物質	濃度 (mM)
MgCl ₂	0.6
CaCl ₂	1.2
NaH ₂ PO ₄	0.4
Na ₂ HPO ₄	2
KCl	4.2
Na-acetate	40
NaCl	97
Proclin 300	1 mL/L

感度

図6は、4つ全ての電極のグルコース濃度を測定した出力電流を示します。マイクロチャンネルと接触する外部電極は、対向電極として使用されます。

ブランク電極は、グルコースオキシダーゼの膜を備えていないため、グルコース濃度はほぼ一定の信号を示しています。

この場合、電極G3は、電極G1と電極G2よりも大きな感度を持つように設計されています。電極G1と電極G2の感度は、約1.9 nA / mm、電極G3は、約3 nA / mm です。電極G3に示すように、センサは、非常に小さなヒステリシスを持っています。

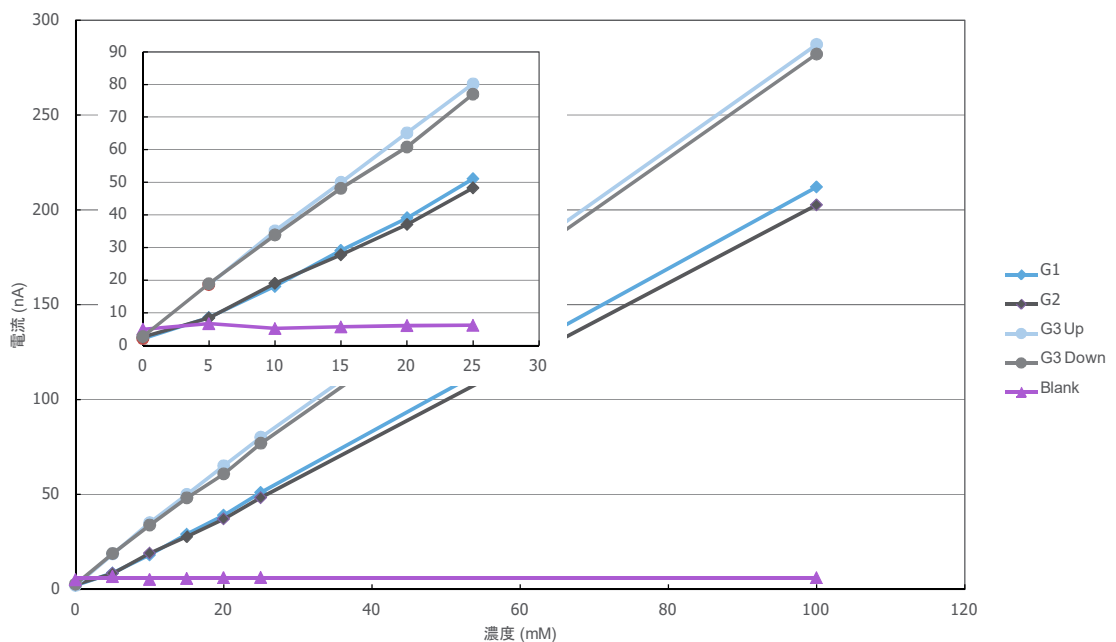


図 6: 溶液中のブドウ糖濃度の出力電流



TEMPERATURE



FLOW



HUMIDITY



CONDUCTIVITY

アプリケーションノート 工業用の電流測定ブドウ糖センサー

JT2



INNOVATIVE SENSOR TECHNOLOGY

応答時間

センサーの動的応答を試験するために、溶液中のトータルブドウ糖濃度を急激に上昇させます。全てのアクティブ電極の95%の応答時間は、ほとんどのブドウ糖センサーよりも高速である約25秒です。

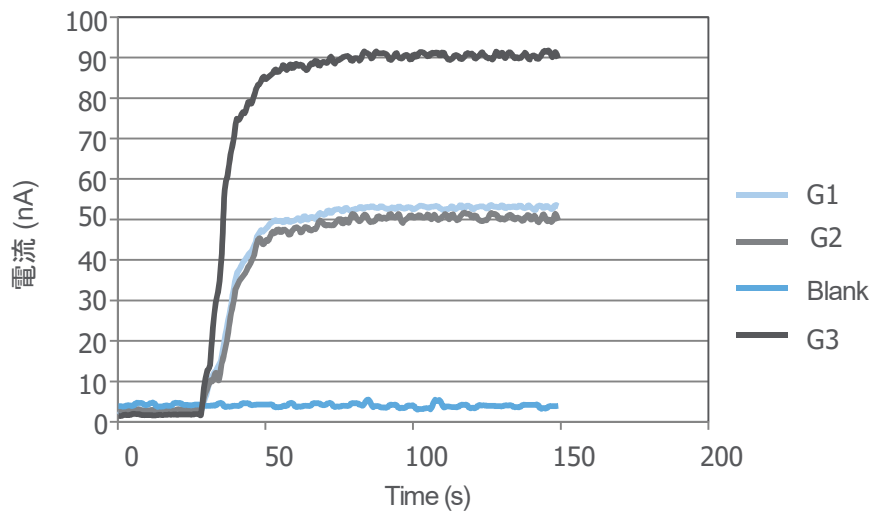


図 7:ブドウ糖濃度の急激な増加に対するセンサ応答

長時間安定性

ブドウ糖濃度は、1ml /分の安定した流量で25mMを保ちました。出力信号は、30日間(図8参照)をモニターしました。全変動は5%以内です。

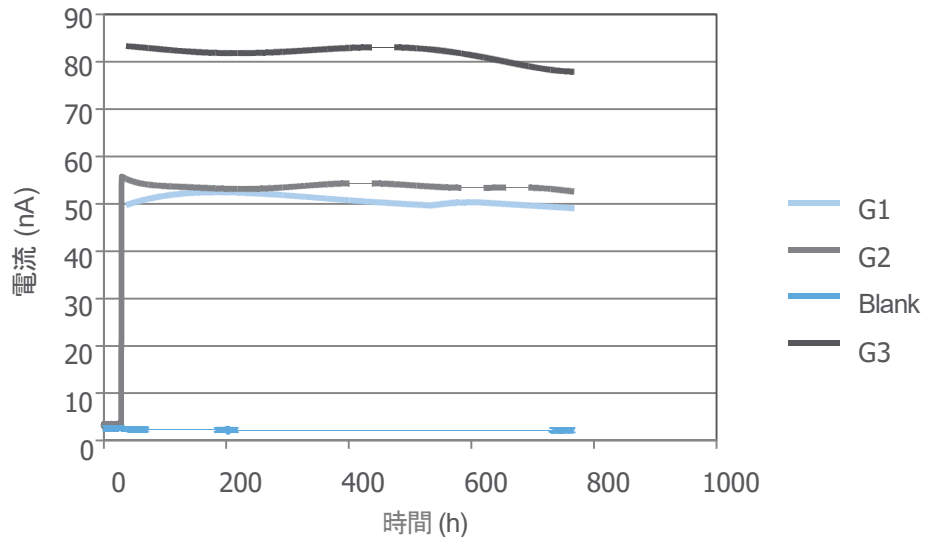


図 8: ブドウ糖濃度25 mMの長時間測定



アプリケーションノート

工業用の電流測定ブドウ糖センサー



INNOVATIVE SENSOR TECHNOLOGY

JT2

クロス感度

センサーの選択性を確認するために、他の低分子物質(パラセタモール及び尿酸)を、媒体に添加しました。図9に示すように、センサ信号は、ほとんどこれらの一般的な分子の付加に反応します。さらに、ブドウ糖に対するセンサーの応答は、これらの干渉の存在によって影響されません。

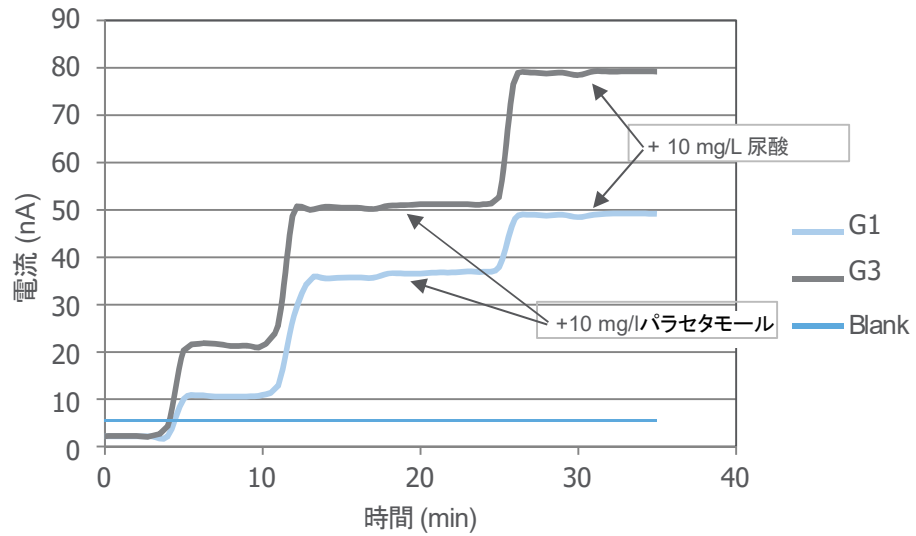


図9:パラセタモールおよび尿酸へのセンサーのクロス感度



アプリケーションノート

工業用の電流測定ブドウ糖センサー



INNOVATIVE SENSOR TECHNOLOGY

JT2

流れとの独立性

流れに対する出力信号の独立性を5ml/min(図10)までの流量で確認しました。全ての3つのアクティブ・プローブは、流れのない時の値から10%以下の変化を示します。200 μ L/minの最大流量において、最大変動は流れのない値から2%以下の範囲内にあります。結果として、センサは、オフラインおよびオンライン測定の使用を必要とする用途に適しています。

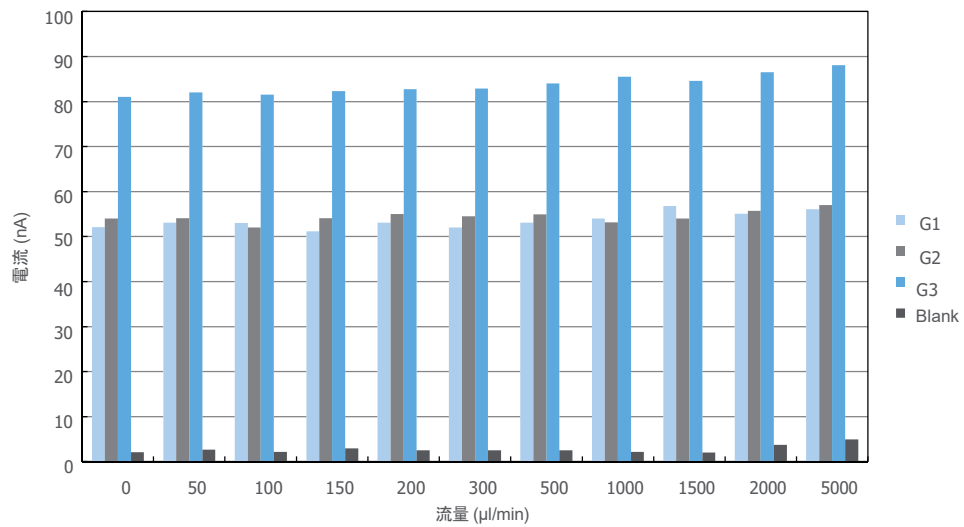


図 10: 流れに対する独立性

チップ間のばらつき

チップ間の変動を図11に表します。予想変動の合計が5%以内であるので、バッチ較正手順を実行することが可能です。

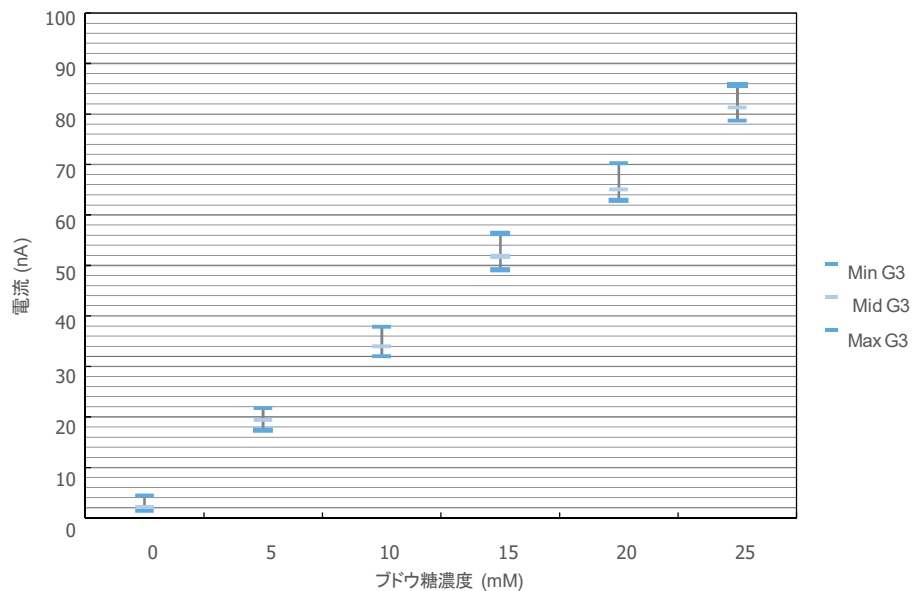


図 11: チップ間のばらつき



アプリケーションノート

工業用の電流測定ブドウ糖センサー



INNOVATIVE SENSOR TECHNOLOGY

JT2

12. 電気処理と回路図

3電極セットアップ

図12は、3電極セットアップで使用される計測器回路の簡略回路図を示します。作用電極は、実質的にグランドに接続されています。参照電極と作用電極との間の電圧は、入力電圧 V_{in} が制御されます。電極で起こる反応により、作用電極と対電極との間に流れる電流が現れます。電流は、電流ホワにより記録することができる電圧信号 V_{out} に変換します。

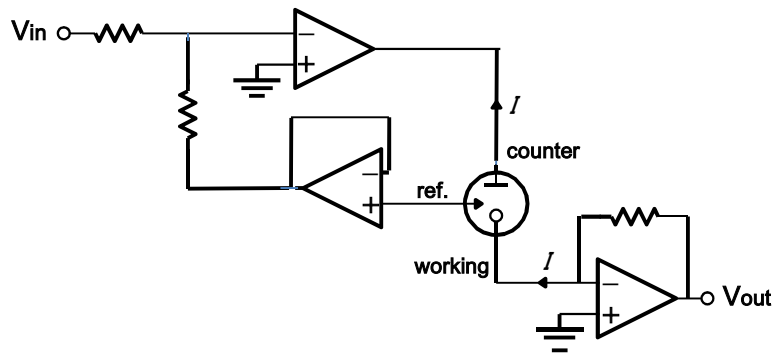
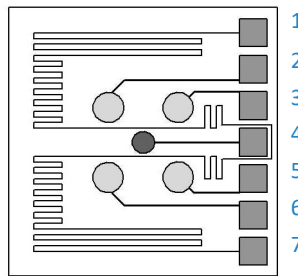


Figure 12: 3電極セットアップのポテンシostatの簡略回路図

ピン配置



1	2	3	4
温度センサ	glucose 1	glucose 2	基準電極
5	6	7	
glucose 3	ブランク	温度センサ	



INNOVATIVE SENSOR TECHNOLOGY

Innovative Sensor Technology IST AG, Stegrütistrasse 14, CH-9642 Ebnat-Kappel, Switzerland,
Phone: +41 (0) 71 992 01 00 | Fax: +41 (0) 71 992 01 99 | E-mail: info@ist-ag.com | Web: www.ist-ag.com



All mechanical dimensions are valid at 25 °C ambient temperature, if not differently indicated • All data except the mechanical dimensions only have information purposes and are not to be understood as assured characteristics • Technical changes without previous announcement as well as mistakes reserved • The information on this data sheet was examined carefully and will be accepted as correct; No liability in case of mistakes • Load with extreme values during a longer period can affect the reliability • The material contained herein may not be reproduced, adapted, merged, translated, stored, or used without the prior written consent of the copyright owner • Typing errors and mistakes reserved • Product specifications are subject to change without notice • All rights reserved