

Technische Daten – Potentiostat-/Galvanostat-Systeme

1. Geltungsbereich und Verwendungszweck

Die Beschaffung umfasst Potentiostat-/Galvanostat-Geräte für Forschung und Lehre im Zusammenhang mit mikrobiellen Elektrolysezellen (MECs), mikrobiellen Bioanoden und der allgemeinen elektrochemischen Charakterisierung.

Die Geräte werden für folgende Zwecke eingesetzt:

- langfristige potentiostatische Anreicherung mikrobieller Bioanoden;
- Betrieb von elektrochemischen Dreielektrodenzellen;
- gleichzeitiger Betrieb mehrerer unabhängiger MEC-Experimente;
- kontinuierliche Strom- und Potentialüberwachung über Zeiträume von mehreren Tagen oder Wochen;
- elektrochemische Charakterisierung von Elektroden und ausgereiften Biofilmen;
- zyklische Voltammetrie, lineare Sweep-Voltammetrie, Chronoamperometrie, Chronopotentiometrie und Messungen des Leerlaufpotentials;
- elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) an mindestens einem Messkanal oder Gerät;
- laufende und zukünftige Forschungsprojekte, studentische Projekte und Lehrveranstaltungen.
- Die erforderliche Konfiguration kann entweder bestehen aus:
- einem modularen System mit einer gemeinsamen Basiseinheit und unabhängigen Potentiostat-/Galvanostat-Modulen; oder
- drei separaten Potentiostat-/Galvanostat-Geräten.

In beiden Fällen müssen mindestens drei elektrochemische Zellen unabhängig voneinander und gleichzeitig steuerbar sein.

2. Technische und funktionale Anforderungen

2.1 Allgemeine Anforderungen

Das angebotene System muss:

- im potentiostatischen und galvanostatischen Modus arbeiten;
- den standardmäßigen Dreielektrodenbetrieb mit einer Arbeitselektrode, einer Gegenelektrode und einer Referenzelektrode unterstützen;
- für langfristige potentiostatische Experimente mit einer Dauer von mehreren Tagen oder Wochen geeignet sein;
- mindestens drei unabhängig voneinander steuerbare Messkanäle bereitstellen;
- Strom, Potential und Zeit kontinuierlich aufzeichnen;
- die Definition individueller Versuchsparameter für jeden unabhängigen Kanal ermöglichen.

2.2 Strombelastbarkeit

Jeder unabhängige Kanal muss Folgendes bieten:

- eine maximale Strombelastbarkeit von mindestens ± 100 mA;
- vorzugsweise etwa ± 200 mA oder mehr;
- wählbare Strombereiche, die für Messungen von niedrigen Strömen während der anfänglichen Biofilmbildung bis hin zum maximalen Betriebsstrom geeignet sind;
- automatische und/oder manuelle Auswahl des Strombereichs.

Wird die angegebene Strombelastbarkeit von mehreren Kanälen gemeinsam genutzt, muss der Lieferant die maximale Strombelastbarkeit, die bei gleichzeitigem Betrieb zur Verfügung steht, eindeutig angeben.

2.3 Potential und Compliance-Spannung

Jeder unabhängige Kanal muss Folgendes bieten:

- einen für die geplanten elektrochemischen Experimente geeigneten Potentialbereich;
- eine Compliance-Spannung von mindestens 10 V;
- eine stabile Regelung des Potentials der Arbeitselektrode relativ zur Referenzelektrode;

- einen hochohmigen Referenzelektroden-Eingang, der für standardmäßige elektrochemische Referenzelektroden geeignet ist.

Die vorgesehene angelegte MEC-Zellspannung beträgt bis zu ca. 1,2 V. Die höhere Compliance-Spannung ist erforderlich, um trotz Innenwiderstand und Elektrodenverlusten eine stabile Regelung aufrechtzuerhalten.

2.4 Erforderliche elektrochemische Methoden

Das System muss mindestens folgende Methoden unterstützen:

- Chronoamperometrie (CA);
- Zyklische Voltammetrie (CV);
- Lineare Sweep-Voltammetrie (LSV);
- Leerlaufpotential (OCP);
- Chronopotentiometrie (CP) oder einen gleichwertigen galvanostatischen Betrieb.

Vom Lieferanten sind weitere im System enthaltene elektrochemische Verfahren anzugeben.

2.5 Elektrochemische Impedanzspektroskopie

Mindestens ein unabhängiger Kanal oder eines der separaten Geräte soll vorzugsweise die elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) ermöglichen.

Der EIS-fähige Kanal oder das Gerät muss Folgendes bieten:

- potentiostatische EIS;
- einen Frequenzbereich von mindestens 10 mHz bis 100 kHz;
- eine einstellbare Wechselstrom-Störamplitude;
- die Erfassung frequenzabhängiger Impedanz- und Phasendaten;
- die Anzeige von Nyquist- und Bode-Diagrammen.

Eine Erweiterung unterhalb von 10 mHz ist wünschenswert, jedoch nicht zwingend erforderlich.

Falls für die EIS ein zusätzliches Hardwaremodul erforderlich ist, muss dieses Modul in der angebotenen Konfiguration enthalten sein.

2.6 Unabhängiger und paralleler Betrieb

Für modulare oder Mehrkanalsysteme:

- Jeder erforderliche Kanal muss als unabhängiger Potentiostat/Galvanostat fungieren;
- Auf verschiedenen Kanälen müssen unterschiedliche Experimente und Betriebsparameter möglich sein;
- Experimente müssen gleichzeitig durchführbar sein;
- Der Langzeitbetrieb auf einem Kanal darf den Betrieb der übrigen Kanäle nicht beeinträchtigen;
- Eine gleichzeitige Datenerfassung von aktiven Kanälen muss möglich sein.

Ein einfacher Multiplexer, der lediglich einen Potentiostaten nacheinander zwischen mehreren Zellen umschaltet, erfüllt nicht die Anforderung an einen unabhängigen, gleichzeitigen Betrieb.

2.7 Elektrodenanschlüsse

Für jeden erforderlichen Kanal müssen alle für den standardmäßigen Dreielektrodenbetrieb notwendigen Kabel enthalten sein.

Die Anschlüsse müssen, sofern zutreffend, Folgendes umfassen:

- Arbeitselektrode (WE);
- Gegenelektrode (CE);
- Referenzelektrode (RE);
- Messleitung der Arbeitselektrode;
- vom Gerät benötigte Erdungs- oder Abschirmungsanschlüsse.

Der Lieferant muss die verwendeten Steckertypen angeben und die erforderlichen Kabel und Adapter für elektrochemische Standard-Laborelektroden bereitstellen.

3. Software und Datenexport

Die für den Betrieb des Geräts erforderliche Software muss im Lieferumfang enthalten sein.

Die Software muss Folgendes bieten:

- Einrichtung und Steuerung des Geräts;
- Definition und Speicherung von Versuchsmethoden;
- Echtzeitanzeige von Strom und Potential;

- Überwachung mehrerer Kanäle, sofern zutreffend;
- kontinuierliche Aufzeichnung von Langzeitversuchen;
- grafische Darstellung der Messdaten;
- grundlegende Analyse elektrochemischer Messungen.

Für den EIS-fähigen Kanal oder das EIS-fähige Gerät muss die Software außerdem Folgendes bieten:

- Nyquist-Diagramme;
- Bode-Diagramme;
- Export von Frequenz-, Impedanz- und Phasendaten.

Messdaten müssen in einem allgemein zugänglichen Format exportierbar sein, wie zum Beispiel:

- CSV;
- TXT;
- ASCII;
- 3izenzo gleichwertiges, nicht proprietäres Tabellenformat.

Die exportierten Daten müssen für die Weiterverarbeitung mit gängiger wissenschaftlicher Datenanalysesoftware geeignet sein.

Der Anbieter muss angeben:

- ob es sich bei der Softwarelizenz um eine unbefristete 3izenzo der ein Abonnement handelt;
- die Anzahl der enthaltenen Lizenzen;
- ob Software-Updates enthalten sind;
- ob ein Offline-Betrieb möglich ist;
- ob eine API oder eine Skriptschnittstelle verfügbar ist.

Wiederkehrende Lizenzgebühren müssen im Angebot klar ausgewiesen werden.

4. Lieferumfang

Der angebotene Preis muss alle Komponenten umfassen, die für den normalen Betrieb des vorgeschlagenen Systems erforderlich sind, einschließlich gegebenenfalls:

- Potentiostat-/Galvanostat-Einheit(en);
- Grundrahmen oder Chassis für ein modulares System;
- erforderliche Potentiostat-/Galvanostat-Module;
- EIS/FRA-Modul oder EIS-fähiges Gerät, sofern angeboten;
- Netzteile und Netzkabel;
- Elektrodenkabel für alle erforderlichen Kanäle;
- Kabel für Arbeits-, Gegen- und Referenzelektroden;
- Mess- und Erdungskabel, sofern erforderlich;
- Kommunikationskabel oder -schnittstellen;
- Gerätesteuerungs- und Analysesoftware;
- erforderliche Softwarelizenzen;
- Bedienungsanleitungen und technische Dokumentation.

Die gelieferte Konfiguration muss den gleichzeitigen Betrieb von mindestens drei unabhängigen Dreielektrodenzellen ermöglichen, ohne dass zusätzliche wesentliche Komponenten erworben werden müssen.

Alle für den normalen Betrieb erforderlichen Komponenten, die nicht im Basisangebot enthalten sind, müssen eindeutig gekennzeichnet und separat berechnet werden.

Optionales Zubehör, zusätzliche Module und Stromverstärker können separat aufgeführt werden.

5. Service und Support

Der Lieferant hat Angaben zu folgenden Punkten zu machen:

- Garantiezeitraum;
- technischer Support in Deutschland und/oder der Europäischen Union;
- Reparatur- und Wartungsleistungen;
- Verfügbarkeit von Ersatzkabeln und Ersatzteilen;
- Kalibrierungs- oder Rekalibrierungsleistungen;
- Software-Support und Updates;

- voraussichtliche langfristige Serviceverfügbarkeit für die angebotenen Geräte.

Unterstützung bei der Erstinstallation und Anwenderschulungen sind wünschenswert.
Sofern Schulungen angeboten werden, sollten diese folgende Themen umfassen:

- Einrichtung der Geräte;
- Elektrodenanschlüsse;
- potentiostatischer und galvanostatischer Betrieb;
- Chronoamperometrie;
- zyklische und lineare Sweep-Voltammetrie;
- EIS-Betrieb, sofern zutreffend;
- Datenspeicherung und -export;
- grundlegende Fehlerbehebung.

Bei modularen Systemen sollte der Lieferant angeben, ob in Zukunft zusätzliche Potentiostat-/Galvanostat- oder EIS-Module hinzugefügt werden können.

6. Vom Lieferanten bereitzustellende Dokumentation

Der Lieferant hat ausreichende Unterlagen vorzulegen, um die Einhaltung der Anforderungen nachzuweisen.

Das Angebot muss Folgendes enthalten:

- Hersteller und genaue Modellbezeichnung;
- vollständige technische Datenblätter;
- Beschreibung der angebotenen Systemkonfiguration;
- Anzahl der unabhängig steuerbaren Kanäle;
- maximaler Strom pro Kanal;
- verfügbare Strombereiche;
- Konformitätsspannung;
- Potentialbereich;
- unterstützte elektrochemische Techniken;
- EIS-Frequenzbereich, sofern zutreffend;
- Bestätigung, ob EIS integriert ist oder ein zusätzliches Modul erfordert;
- Angaben zur Kanalisolierung, sofern zutreffend;
- Beschreibung der mitgelieferten Elektrodenkabel und Steckverbinder;
- Softwarebeschreibung und Lizenzbedingungen;
- verfügbare Datenexportformate;
- Garantie- und Servicebedingungen;
- Lieferzeit;
- Bestätigung, dass alle für den normalen Betrieb erforderlichen Komponenten enthalten sind.

Bei einem modularen System muss der Anbieter die Basiseinheit und alle enthaltenen Module eindeutig kennzeichnen.

Bei einem Angebot, das aus separaten Geräten besteht, sind die Spezifikationen jedes einzelnen Geräts separat anzugeben.

Jede Abweichung von den festgelegten Anforderungen ist im Angebot eindeutig zu kennzeichnen.

Hinweis zur Gleichwertigkeit

Um einen fairen Vergleich der angebotenen Geräte zu gewährleisten, werden gleichwertige Lösungen akzeptiert, sofern sie die verbindlichen Mindestanforderungen erfüllen und für die oben beschriebene beabsichtigte Anwendung geeignet sind.

Einzelne Abweichungen von Spezifikationen, die als bevorzugt, wünschenswert oder optional gekennzeichnet sind, führen nicht automatisch zum Ausschluss, sofern das angebotene Gerät eine vergleichbare Funktionalität bietet und dessen bestimmungsgemäße Verwendung nicht wesentlich einschränkt.

Der Anbieter hat etwaige Abweichungen von den angegebenen technischen und funktionalen Anforderungen im Angebot eindeutig zu kennzeichnen und zu erläutern. Alternative technische Lösungen können akzeptiert werden, wenn der Anbieter nachweist, dass sie für die beabsichtigte Anwendung ein gleichwertiges oder besseres Leistungsniveau bieten.

Nur Abweichungen von Anforderungen, die ausdrücklich als verbindliche oder Mindestanforderungen gekennzeichnet sind und für die keine gleichwertige funktionale Lösung angeboten wird, können zum Ausschluss aus dem Beschaffungsverfahren führen.