

Zusammenfassung der Dissertation:
Elektrische Anregung von Zellsystemen mittels einer zweidimensionalen Elektrodenstruktur

Kurzbeschreibung

Das Ziel der Arbeit war die Entwicklung einer einfachen, planaren Stimulationselektrode, die in verschiedenen biologischen Systemen einsetzbar ist. Die Konzeptionierung der ineinandergreifenden Elektroden erfolgt dabei unter Berücksichtigung der Notwendigkeit von optischer Transparenz, elektrischer Leitfähigkeit, Bioverträglichkeit und Spannungsfestigkeit aufgrund experimenteller Randbedingungen. Als optimierter Schichtaufbau wird eine mittels Elektronenstahlverdampfen hergestellte 50 nm dünne Goldschicht auf einer 5 nm dünnen Titan-Haftschrift experimentell bestimmt.

Das elektrische Verhalten des Systems, bestehend aus Elektroden, Elektrolyt und Zellen, wird für Gleich- und Wechselspannungen frequenzabhängig analysiert. Mit Hilfe eines sukzessiv optimierten Ersatzschaltbildes werden die Impedanzmessungen modelliert und Wechselwirkungsvorgänge charakterisiert.

Die vielseitige Anwendbarkeit der Stimulationselektrode wird anhand von zwei unabhängigen biologischen Systemen, dissoziierten Neuronennetzwerken und suspensierten Hefezellen, durch Bestimmung der Stimulationsparameter (Pulsbreite, Pulsamplitude und Flankensteilheit) demonstriert.

Eine synchrone Netzwerkanregung von dissoziierten Neuronenkulturen wird durch Anlegen eines biphasigen, rechteckigen 10fach-Pulses der Amplitude ± 2.2 V und der Pulsbreite 1 ms erreicht. Eine gezielte Untersuchung des Anregungsmechanismus von Einzelneuronen ist durch das Blockieren der Glutamat- und GABA_A-Neurotransmitterrezeptoren in speziell strukturierten Netzwerken möglich. So wird in Netzbereichen, 1.5 mm entfernt von den Elektroden, eine axonale Anregung (antidrome Stimulation) in dissoziierten Kulturen nachgewiesen. Es stellt sich heraus, dass die Anregungseffizienz direkt mit der Axondichte über den Elektrodenkanten, dem Ort des höchsten Potentialgradienten, korreliert.

Durch eine Stimulation mit einzelnen, biphasigen, rechteckigen Pulsen der Amplitude ± 11 V und der Pulsbreite 4 ms kann der Stoffwechsel von Hefezellen beeinflusst werden. Zusätzlich kann die Elektrode zur elektrischen Detektion der glykolytischen Oszillationen von Hefezellen, hervorgerufen durch periodische Änderungen der Systemimpedanz oder der Membranleitfähigkeit, und von Hefeextrakt, verursacht durch Konzentrationsänderungen von Zuckerphosphaten, verwendet werden.