

論文内容の要旨

博士論文題目

Development of honeycomb-type retinal prosthesis devices integrating a smart CMOS system and chemically-derived iridium oxide electrodes

(スマート CMOS システムと化学誘導酸化イリジウム電極を融合したハニカム型人工視覚デバイスの開発)

氏 名 TSO KUANG-CHIH

(論文内容の要旨)

本研究は、人工視覚デバイスに求められる高分解能、広視野、長期信頼性の実現を目指したスマート CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) システムと酸化イリジウム電極を融合したハニカム型人工視覚デバイスの提案と試作、そしてその実証に関するものである。スマート CMOS システムでは、7つの電極の刺激動作を4つの白金配線だけで制御できる。このスマート CMOS システムにより、電極数に関わらず4本の配線のみで全ての電極を制御可能となる。デバイスを作製する上で最も重要な部品の一つであるバイオセラミック基板は、この7個の刺激電極と CMOS チップ搭載用のパッドで構成されている。これまで、パリレン基板やセラミック基板上に白金配線を作製するプロセスは極め再現性が悪かった。本研究では、実装効率を大幅に向上させるため、新たにセラミック基板の構造を見直し、またパリレン上白金配線との接続を確実にする新しいプロセスを開発し、デバイスを高い歩留まりで作製することに成功した。生理食塩水中の *in vitro* 実験では、新しい方式で試作したデバイスが正常に動作し、設計通りの刺激波形を生成することを確認した。また以前のプロセスで作製したデバイスと比較して、刺激波形や設計電流値を設計値により近づけることができた。以上のことから、開発した新プロセスにより、高い再現性とより正確な刺激波形と電流値を出力するデバイスを実現できた。さらに、高効率刺激電極の実現を目指して、化学バス堆積 (CBD: Chemical Bath Deposition) 法を用いて酸化イリジウム電極の作製を行った。CBD 法はスパッタリング法に比べて酸化イリジウム電極の形成が容易で、かつ低温形成が可能であるため、スマート CMOS 網膜刺激デバイス用電極として適している。CBD 法とスパッタリング法で作製した酸化イリジウム電極について、電荷蓄積能力 (CSC: Charge Storage Capacity)、電荷注入能力 (CIC: Charge Injection Capacity)、及びインピーダンス特性を評価した。その結果、これら3つの指標いずれにおいても、CBD 法による酸化イリジウム電極の性能はスパッタリング法よりも高かった。このように、CBD 法による酸化イリジウム電極を採用したハニカム型デバイスは、網膜刺激用途に有望なデバイス構造で

あることが明らかになった。

以上のように、本研究では、スマート CMOS と CBD 法で作製した酸化イリジウム電極を融合したハニカム型人工視覚デバイスを提案し、デバイスプロセスを開発し、高い再現性かつ高性能な刺激特性を有するデバイスの実現に成功した。またスパッタリング法と CBD 法で作製した酸化イリジウムの電気化学的特性を評価し、CBD 法の有効性を実証した。今後本技術を発展させることで、様々な生体刺激デバイスへの展開が可能である。

(論文審査結果の要旨)

本研究は、人工視覚デバイスに求められる高分解能、広視野、長期信頼性の実現を目指したスマート CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) システムと酸化イリジウム電極を融合したハニカム型人工視覚デバイスの提案と試作、そしてその実証に関するものである。スマート CMOS システムでは、7つの電極の刺激動作を4つの白金配線だけで制御できる。このスマート CMOS システムにより、電極数に関わらず4本の配線のみで全ての電極を制御可能となる。デバイスを作製する上で最も重要な部品の一つであるバイオセラミック基板は、この7個の刺激電極と CMOS チップ搭載用のパッドで構成されている。これまで、パリレン基板やセラミック基板上に白金配線を作製するプロセスは極め再現性が悪かった。本研究では、実装効率を大幅に向上させるため、新たにセラミック基板の構造を見直し、またパリレン上白金配線との接続を確実にする新しいプロセスを開発し、デバイスを高い歩留まりで作製することに成功した。生理食塩水中の *in vitro* 実験では、新しい方式で試作したデバイスが正常に動作し、設計通りの刺激波形を生成することを確認した。また以前のプロセスで作製したデバイスと比較して、刺激波形や設計電流値を設計値により近づけることができた。以上のことから、開発した新プロセスにより、高い再現性とより正確な刺激波形と電流値を出力するデバイスを実現できた。さらに、高効率刺激電極の実現を目指して、化学バス堆積 (CBD: Chemical Bath Deposition) 法を用いて酸化イリジウム電極の作製を行った。CBD 法はスパッタリング法に比べて酸化イリジウム電極の形成が容易で、かつ低温形成が可能であるため、スマート CMOS 網膜刺激デバイス用電極として適している。CBD 法とスパッタリング法で作製した酸化イリジウム電極について、電荷蓄積能力 (CSC: Charge Storage Capacity)、電荷注入能力 (CIC: Charge Injection Capacity)、及びインピーダンス特性を評価した。その結果、これら3つの指標いずれにおいても、CBD 法による酸化イリジウム電極の性能はスパッタリング法よりも高かった。このように、CBD 法による酸化イリジウム電極を採用したハニカム型デバイスは、網膜刺激用途に有望なデバイス構造であることが明らかになった。

以上のように、本研究では、スマート CMOS と CBD 法で作製した酸化イリジウム電極を融合したハニカム型人工視覚デバイスを提案し、デバイスプロセスを開発し、高い再現性かつ高性能な刺激特性を有するデバイスの実現に成功した。またスパッタリング法と CBD 法で作製した酸化イリジウムの電気化学的特性を評価し、CBD 法の有効性を実証した。今後本技術を発展させることで、様々な生体刺激デバイスへの展開が可能であり、その成果は、学術的に新しい知見を見出していると判断され、審査委員一同は、本論文が博士(工学)の学位論文として価値あるものと認めた。