

電子・情報工学 専攻	学籍番号	089303	指導 教員	石田 誠
申請者 氏名	針本 哲宏			澤田 和明

論文要旨 (博士)

論文題目	シリコンウィスカー電極を用いた網膜光応答多チャンネル計測技術に関する研究
------	--------------------------------------

(要旨 1,200字程度)

網膜は外界からの光を受容するのみならず、エッジ検出やコントラスト増強、スパイク符号化などの基本的な情報処理機能を有する2次元多層構造の神経回路網である。その初期視覚情報処理機能を実現する網膜の神経回路機構は、網膜を構成する各細胞活動を計測し解析が進められている。近年、半導体デバイス技術の応用などから様々なタイプのマルチ電極アレイが開発され、網膜研究では、平面型や剣山型のマルチ電極アレイを用いて、網膜の出力を担う神経節細胞の光応答を同時記録することで光刺激条件とスパイク発火の関係などが調べられている。しかしながら、網膜の初期視覚情報処理は外網状層や内網状層といった網膜内部の神経回路網で行われており、こうした情報処理メカニズムを解析するためには、光を受容する視細胞から網膜出力の神経節細胞まで、あらゆる網膜神経細胞応答を多チャンネル同時記録する必要がある。これらの要求に応えるべく、我々の研究グループでは、シリコン (Si) 基板上に直径数 μm のSi針状結晶体 (ウィスカー) を成長できる選択的Vapor-Liquid-Solid (VLS) 結晶成長法を用いた刺入型Siウィスカー電極を提案し、開発してきた。

本研究では網膜光応答多チャンネル同時記録に向けて試作されたSiウィスカー電極を用いて、硬骨魚類であるコイの単離網膜から細胞外記録として神経電位が記録できることを示した。その応答は網膜を構成する視細胞や双極細胞などの細胞応答が重畳した網膜電位図 (Electroretinogram: ERG) であることを示した。しかしながら、ERGは100 μV 程度の微小信号であるため、信号対雑音比が低いことや電極記録領域が極微小なため高インピーダンス特性であるなど、Siウィスカー電極による神経電位記録法を確立するためには、Siウィスカー電極およびその計測系の電気的特性に関する課題を解決する必要がある。そこで電極を低インピーダンス化するために、電極先端部に金 (Au) 電解メッキ処理を施し、ウィスカープローブ本体部の電極径は3.5 μm そのままで、プローブ先端の記録部のみ10 μm まで増大させた。さらに電極アレイチップやチップープリアンプ間のケーブルに存在する寄生インピーダンスがもたらす網膜光応答の信号減衰や位相遅れを逆フィルタリング法によってチャンネル毎に補正する手法を確立した。本研究の金メッキや信号補正法を用いることによって高インピーダンスの極微小電極でもひずみのない神経信号を記録することができることを示した。また、Siウィスカー電極毎に電極長を制御できる技術を生かして、高さの異なる3段階のプローブ長を持つSiウィスカー剣山型電極アレイを製作した。今後、これにより網膜各層からの光応答電位の3次元同時計測が期待されることから、網膜諸機能の解明に向けた強力な計測ツールになるものと確信する。