

システム開発に関する研究（分担研究課題）

研究分担者 太田 淳 奈良先端科学技術大学院大学 教授

研究要旨：高分解能化，視野広角化を実現するスマート電極型の人工網膜システムについての研究を行なった。半導体チップ内蔵型スマート電極構造を提案し，専用チップを設計して電極のプロトタイプを試作した。試作した電極を摘出豚眼に埋植し，刺激機能を実証した。

A．研究目的

人工網膜デバイスを用いて読書や歩行を可能にする為には，高精細かつ広い視野を提供する必要がある。このためには刺激電極数の増加と電極アレイの明晰の拡大が必要である。これらの要求に対し，従来型刺激電極でのアプローチを超える性能が見込めるスマート電極型の人工網膜システムについて，システム設計と電極の試作，実装方法の開発や，機能実証などを行う。

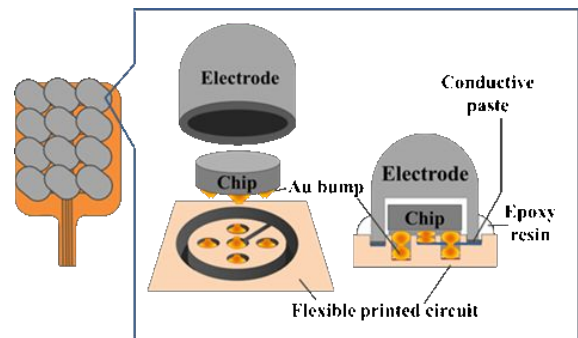


図1 半導体チップ内蔵スマート電極構造図

B．研究方法

高分解能化，視野広角化を進めた場合，多数の刺激電極をいかに制御し，またそれらの配線を細くまとめて体内埋め込みに適したシステムとするかが重要である。この点については昨年度までの研究で実証してきた半導体チップ分散型のスマート電極構造が有用である。しかし本構造では，半導体チップが露出しており，体内埋め込み時の安全性，耐久性の向上が課題となっていた。また，半導体チップ搭載に伴い，電極配置間隔に制限がある事も課題であった。

そこで本研究では，刺激電極の内部にキャビティを形成し，半導体チップを電極内に埋め込む構造（図1）を提案し，このスマート電極をアレイ化する事を検討した。本電極アレイは，STS方式の臨床研究に用いられた電極アレイと同様の外見ながら，個々の電極は半導体チップでスマート化されている。半導体チップが電極によって覆われる構造であるため，高い安全性と耐久性が期待できる。また電極外部の半導体チップ搭載スペースが不要になるため，電極配置密度を高める事も可能となる。この構造を用いれば超多電極化が可能となり，高分解能化，視野広角化した人工網膜システムが実現できる。

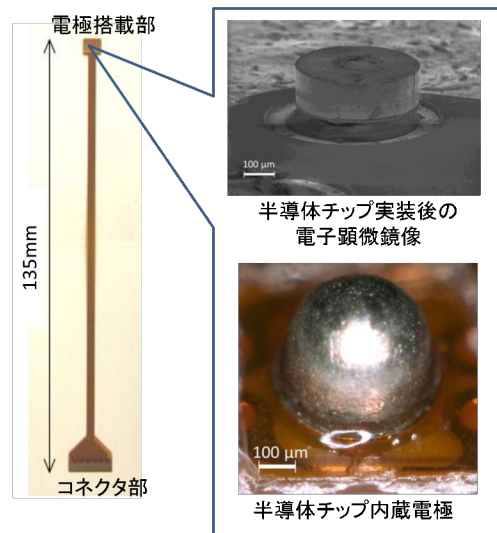


図2 試作した半導体チップ内蔵電極

C．研究結果

電極に内蔵する為の専用半導体チップを設計，試作した。半導体チップには ・動作制御機能 ・アドレッシング機能 ・刺激電流生成機能 などを

集積化し，直径370μmに収まるように設計した。チップ試作サービスによってチップを作製し，シリコンエッチング加工により直径400μmの小型円形チップを切り出した。このチップを組み込む電極はチタン製とし，電極表面は白金コーティングした。電極の弾丸型の形状は，亜急性臨床試験に使用した電極とほぼ同一の直径550μm，高さ500μmとし，内部にチップ組み込み用キャビティを形成した。作製したチップと電極をポリイミド

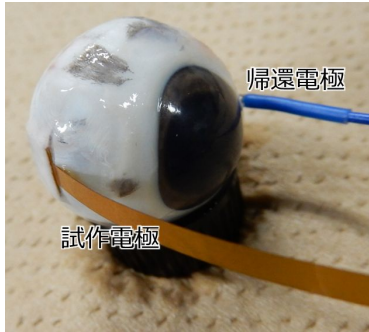


図3 摘出豚眼を用いた機能評価

製のフレキシブル基板に実装した。まず半導体チップをフリップチップ実装し、続いて電極で覆って基部を樹脂シーリングした。試作した電極を図2に示す。

図3に示すように、試作した電極を摘出豚眼に埋植して、機能評価を実施した。電極は埋植した状態で正常に動作し、外部からの制御信号で設定した波形と強度で刺激電流を出力可能であることを確かめた。

#### D．考察

試作電極が正常動作した事から、提案したチップ内蔵電極を用いた高機能人工網膜システムのコンセプトが実証された。今後は家兎等に埋植して動物実験を実施すると共に、長期埋植時の耐久性についても評価する必要がある。

#### E．結論

高分解能化、視野広角化を実現する高機能人工網膜システムに用いる、半導体チップ内蔵スマート電極を提案した。専用チップと電極を設計試作して、チップ内蔵電極を完成させた。試作した電極を摘出豚眼に埋植して評価し、集積化した機能が正常動作する事を確かめた。

#### F．健康危険情報

該当する危険なし

#### G．研究発表

##### 1. 論文発表

Toshihiko Noda, Kiyotaka Sasagawa, Takashi Tokuda, Hiroyuki Kanda, Yasuo Terasawa, Hiroyuki Tashiro, Takashi Fujikado and Jun Ohta, "Fabrication of Fork-Shaped Retinal Stimulator Integrated with CMOS Microchips for Extension of Viewing Angle," Sensors and Materials, Vol. 26, No.

8, pp. 637-648, 2014.

Toshihiko Noda, Kiyotaka Sasagawa, Takashi Tokuda, Yasuo Terasawa, Hiroyuki Tashiro, Hiroyuki Kanda, Takashi Fujikado, Jun Ohta, "Performance improvement and functionalization of an electrode array for retinal prosthesis by iridium oxide coating and introduction of smart-wiring technology using CMOS microchips," Sensors and Actuators A: Physical, Vol. 211, pp.27-37, 2014.

##### 2. 学会発表

Toshihiko Noda, Hiroaki Takehara, Kiyotaka Sasagawa, Takashi Tokuda, and Jun Ohta, "Smart electrode devices with CMOS microchips for retinal prosthesis," International Conference on BioElectronics, BioSensors, Biomedical Devices, BioMEMS/NEMS and Applications 2014 (Bio4Apps 2014), Nov. 17-19, 2014, Shanghai, China. (Invited), (keynote)

Takumi Fujisawa, Toshihiko Noda, Yasuo Terasawa, Hiroaki Takehara, Kiyotaka Sasagawa, Takashi Tokuda, Jun Ohta, "Smart electrode devices with CMOS microchips for retinal prosthesis," International Conference on BioSensors, BioElectronics, BioMedical Devices, BioMEMS/NEMS and Applications 2014 (Bio4Apps 2014), Nov. 17-19, 2014, Shanghai, China.

Toshihiko Noda, Takumi Fujisawa, Kiyotaka Sasagawa, Takashi Tokuda, Hiroaki Takehara, Yasuo Terasawa, Hiroyuki Tashiro, Hiroyuki Kanda, Takashi Fujikado, Jun Ohta, "Fabrication of a smart electrode array with built-in CMOS microchips for STS retinal prosthesis," The 8th Biennial World Congress on the Relationship between Neurobiology and Nano-Electronics Focusing on Artificial Vision (The Eye & the Chip), Sep. 29, 2014, Michigan, USA.

藤沢 匠, 野田 俊彦, 寺澤 靖雄, 田代 洋行, 竹原 宏明, 笹川 清隆, 徳田 崇, 太田 淳, "人工視覚用 CMOS チップ内蔵型スマート電極デバイスの刺激機能実証," 平成 26 年応用物理学会秋季学術講演会, 2014/9/17.

#### H．知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

野田俊彦, 笹川清隆, 徳田崇, 太田淳, "生体用高機能電極", 特願 2013-028006, 平成 25 (2013) 年 2 月 15 日