

脳深部刺激用 光・電気ハイブリッド 電極の製作

株式会社中原光電子研究所

代表者名 代表取締役社長 中原基博
 設 立 2003 年 6 月
 所 在 地 〒 028-0114 岩手県花巻市東和町土沢 1-1-1
 TEL : 0198-42-3906 FAX : 0198-29-4787
 URL : <http://www.noel-sekiei.co.jp/>
 E-mail : info@noel-sekiei.co.jp
 資 本 金 800 万円
 従業員数 5 名
 事業内容 医療、バイオテクノロジー、分析、光通信及び半
 導体産業等向けの高精度石英ガラス管等の製造・
 販売

経緯

東北大学医学部の依頼を受け、電気刺激と光刺激を同一の電極で行うことができる、脳深部刺激用のハイブリッド電極の開発、製造に取り組む。

実施内容

石英ガラスと金属細線との一体化の研究開発を行い、最終的には金属電極、光ファイバ、薬物流入路を一体化した電極を目指し、脳深部刺激用の光・電気ハイブリッドガラス電極を開発した。

成果

光損失が極めて少なく、外国製品に比べ低コストで製造できる、光・電気ハイブリッドガラス電極の製作に成功。石英ガラス管の歩留まりの向上に向け、引き続き研究を続けている。

1. 実施した経緯

脳深部の神経細胞を直接、電気や光、薬剤で刺激することにより、うつ病やパーキンソン病、てんかん等の原因究明とその治療が期待される脳神経深部刺激用電極。

現在、脳神経への電気刺激には金属電極を埋め込んだガラス電極、光学的な刺激には光ファイバ、試薬注入にはプラスチックチューブとそれぞれ単機能のプロープ（挿入針）が用いられている。このため同一神経の同じ場所にこれら複数の刺激を与えることや、同時または周期的に複数の刺激を加えたりすることは困難であった。また、国内にあるこれらの電極のほとんどは外国製である。さらに、それぞれの研究者が要求する仕様があり、これを全て満たす電極の入手も難しく、研究機関等では各種の刺激を1本で行える国産の電極の開発が強く望まれていた。

様々な分野向けに高精度石英ガラス管製品の製造を手がける当社は、東北大学医学部の依頼を受け、電気刺激電極と光刺激電極を1本の電極としたハイブリッド電極の開発に着手した。平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業として、公益財団法人いわて産業振興センターとの委託契約による「微細・高精度切削加工技術の開発による医療用多機能ガラス電極の実現」（平成25年に委託契約は終了）の研究成果を基に、引き続き本事業によりハイブリッド電極の製品化を目指すこととした。

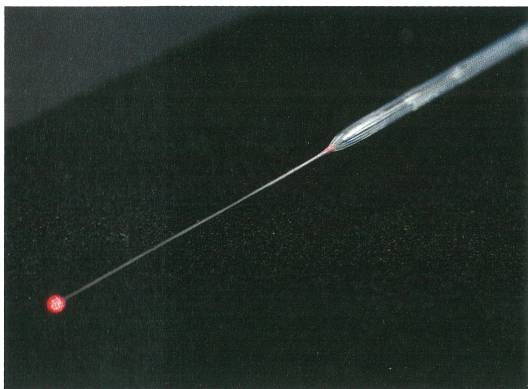
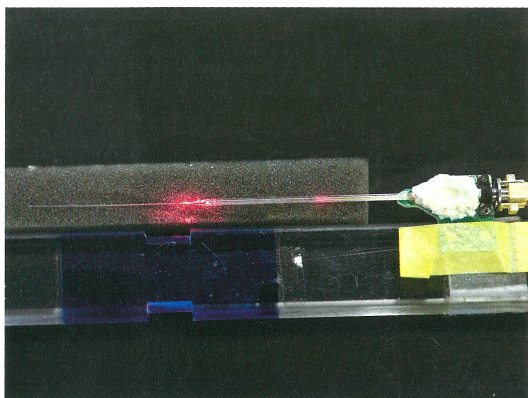
2. 実施した内容

ハイブリッド電極の製作法は、母材となる長さ200mm、直径50mmの石英ガラスに超音波ドリルで複数の穴を開け、これを電気炉内の熱加工により、直径2mmのガラス管とするため引き延ばす。これにタングステンの金属細線を挿入し、再度レーザーにより加熱し、ガラス管と一体化させながら、さらに直径0.3mmのガラス管となるよう引き延ばし加工を行う。

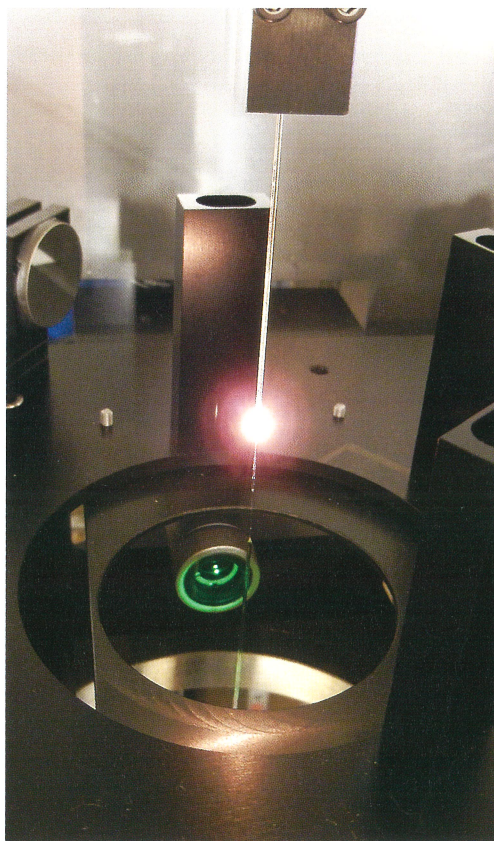
まず挙げた課題は、直径50mmから2mmまで引き延ばす際に出来るキャピラリー（ガラス毛细管）の歪みであった。歪みがあると金属細線の挿入が困難になるほか、一体化後の密着性にも問題が生じるため、真円状態を保ったまま引き延ばす方法を検討した。

この課題解決のため、母材の把持部に常に中心を保つことのできる微動機構を持ったチャック（治具）を装着し、引き延ばし部分の温度分布が均一になるよう改善を施すとともにガラス管の構造も見直した。

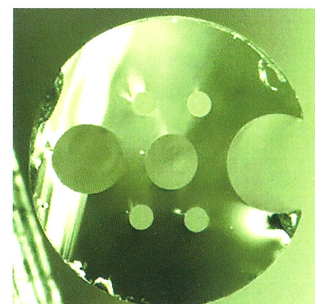
次に取り組んだのが、金属細線とガラス管を密着させながら、直径2mmから0.3mmに引き延ばす際にできるガラス管の外径が変動することの解決であった。この外径変動が起きる大きな要因は、引き延ばす速度が一定しないために起きることがわかり、引き延ばし速度の安定化が必要であると判明。このため、引き延ばし速度を自動制御するソフトウェアと機器を独自に開発するとともに、断面切断機（ワイヤーソー）を新たに導入し、引き延ばしたガラス管の断面を観察しながら、その結



(上) 従来の一体化の方法では、ネックダウン部で光が反射し先端まで届かない。
(下) 延伸後に光ファイバをはめ込む新構造では、ほぼ 100% の光を到達させることが可能に。



複数の鏡を使ってレーザーを 1 点に集め、その熱でガラス管を延伸する。



直径 2 mm 段階の、新構造のハイブリッド電極の断面図。この後タングステンをはめ込み 0.3mm まで引き延ばす。



代表取締役社長の中原基博さん。

果を引き延ばし速度にフィードバックしながら各種調整を行った。その結果、これまで $\pm 25\mu$ だった変動値を $\pm 10\mu$ 以下まで縮小することができた。

また大きな課題として、直径 2mm のガラス管に光ファイバを入れ、一緒に熱加工しながら引き延ばして作ったガラス管では、ガラス管のネックダウン部（2mm から 0.3mm に紡錘型に細くなっている部分）で光が反射し、先端まで光が届かないという問題もみつかった。

この点は、光ファイバをガラス管に通し、一緒に熱で引き延ばしするのではなく、真円のガラス母材の端に半円形の溝を施し、ガラス管を 0.3mm に引き延ばした後、この溝に光ファイバをはめ込む構造にすることで解決できた。ガラス管と一緒に熱により引き延ばした場合、光がガラス管の先端までほとんど届かないのに対し、新構造では 100% 近い光が到達するようになり、光・電気ハイブリッド電極を完成させた。

最終的には、電気を伝えるためのタングステン電極 5 本と、薬液を入れるための流路 1 本、光ファイバをはめ込む溝を 1 つ備えた、新たな構造のハイブリッドガラス管電極を実現した。

3. 取り組みの成果

本事業により完成した脳深部刺激用光・電気ハイブリッド電極の試作品は、世界的に見ても画期的な性能を持つ製品である。

類似した機能を持つ外国製のハイブリッド電極は存在するも

の、高額な上に光損失が大きく、素材が硬いため折れたりする問題もあった。試作品は現時点で量産には至っていないが、量産となった場合は、外国製のハイブリッド電極に比べ低価格、かつ性能の高い製品を提供することが可能となる。

現在、ハイブリッド電極はラットやサルを使った基礎研究段階であるため、想定されるユーザーは研究機関に限られる。しかし、ハイブリッド電極を使用した研究を行っている機関は国内外合わせ 800 力所以上あり、市場規模は決して小さいものではなく需要も多いと想定されている。また高精度な金属とガラスの一体化技術は、脳神経刺激用電極のみならず様々な分野への応用も可能であり、量産化の実現が大いに期待されている。

4. 今後の取り組み

直面する課題は、ガラス管の歩留まりの向上である。歩留まりの悪さは、直径 2mm のガラス管を、ガラスと金属を一体化させながら 0.3mm に引き延ばす際の熱温度分布の不均一性にあることがわかっており、その解決に向けて検討と試作が引き続き行われている。

当社は、「量産化も含めこの技術の確立が当面の課題である。将来的には、研究内容に合わせたオーダーメイドのハイブリッド電極を手がけられるようになることを目標」ととしている。私たちの健康や QOL（生活の質）に大きく関わってくるであろう世界的な研究に、岩手発の技術で貢献したい。