

人の視覚情報処理機能を有する三次元積層人工網膜チップの作製と評価

Fabrication and evaluation of the 3D-stacked retinal prosthesis chip

with human visual information processing function

°大西 青葉¹ 番場 峻太郎¹ 岸本 凌平² 木野 久志¹ 福島 誉史^{1,2} 田中 徹^{1,2}

(1. 東北大院医工、2. 東北大院工)

°Aoba Onishi¹, Ryotaro Bamba¹, Ryohei Kishimoto²,

Hisashi Kino¹, Takafumi Fukushima^{1,2}, and Tetsu Tanaka^{1,2}

(Graduate School of Biomedical Engineering¹, Graduate School of Engineering², Tohoku Univ.)

E-mail: link@lbc.mech.tohoku.ac.jp

1. 背景

2015 年度の全都道府県を対象とした視覚障害の実態調査によると、日本における視覚障害の原因疾患の第 2 位に網膜色素変性症、第 4 位に加齢黄斑変性症が挙げられている[1]。これらの疾患では目に入射した光を電気信号に変換する視細胞の機能が減退することで視力が低下し、最悪の場合は失明に至る。根本的な医学的治療法はまだ確立されておらず、新しい治療法として視細胞以外の残存する網膜細胞を電気刺激することで視覚の再建を行う人工網膜が検討されている。

本研究は三次元積層人工網膜チップを用いた眼球内完全埋植型人工網膜の実現を目的とする[2]。図 1 に網膜下刺激型三次元積層人工網膜チップの模式図を示す。今回は眼球への負担や刺激効率を考慮して網膜下刺激を採用しているが、刺激電極位置の変更によって網膜上刺激にも適用できる。三次元積層人工網膜チップは外界の光を電気信号に変換する受光チップと信号処理および刺激電流生成を行うチップが Si 貫通配線(Through Si Via: TSV)とマイクロバンプを介して電氣的に接続される。従来は 2 次元方向に配置されていた複数の IC チップを縦方向に積層することで全ての機能を 1 つのチップと同じ面積内に集積できるため、眼球内に完全埋植可能な高解像度・高機能・高感度の人工網膜を実現できる。人工網膜によって人と同等の視覚を得られることが理想的であるが、数億個の神経細胞による情報処理は非常に複雑で、全ての機能を実現することは困難である。そのため障がい者に必要な情報を適切に再建することが重要であり、三次元積層人工網膜チップによってそれが可能となる。

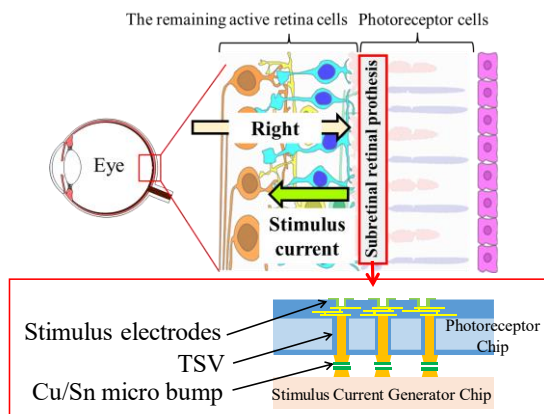


Fig. 1. Schematic illustration of a 3D-stacked retinal prosthesis chip for subretinal stimulation.

2. 三次元積層人工網膜チップの作製

三次元積層人工網膜チップの作製工程を図 2 に示す。まず、仮接着剤を用いて受光チップを石英基板に接着し、コンタクトホールと刺激電極を形成した。仮接着したチップを剥離後、刺激電極面を下にして仮接着を再度行った。次に、チップを厚さ 50 μm まで薄化し TSV を形成した。Sn を堆積した後、Cu をバンプ形状に加工することでマイクロバンプを形成した。最後に受光チップを信号処理・刺激電流生成チップ上に積層し、チップ間にアンダーフィルを充填した。図 3 に積層後の TSV およびマイクロバンプの断面図を示す。

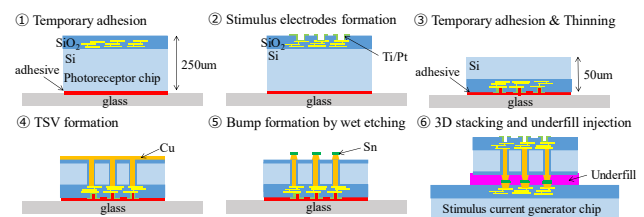


Fig. 2. Process flow of the 3D-stacked retinal prosthesis chip.

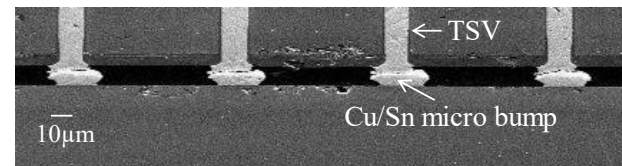


Fig. 3. SEM Cross-section of TSV after 3D stacking.

3. まとめ

人の視覚情報処理機能を有する三次元積層人工網膜チップの作製を行った。作製した三次元積層人工網膜チップでは照射光に応じた刺激電流が生成でき TSV 経由で電流刺激が行えることを確認した。講演では三次元積層人工網膜チップの電気特性や画像出力の詳細についても報告する。

謝辞

本研究は、東京大学 VDEC 活動を通して、日本ケイデンス株式会社の協力で行われ、東北大学大学院工学研究科附属マイクロ・ナノマシニング研究教育センター、東北大学西澤潤一記念教育センターの施設を利用して行われたものである。また本研究の一部は JSPS 科研費 21H04951 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Y. Morizane et al., Jpn J Ophthalmol. Vol. 63, No. 1, pp.26-33 (2019)
- [2] T. Tanaka et al., IEEE IEDM Tech. Dig (2007) pp.1015-1018.