© TemplatesWise.com

دانشکده مهندسی برق

سمینار درس کوانتوم الکترونیک

بررسی نانوالکترودهای مورد استفاده در ثبت سیگنال‌های عصبی

استاد:

دکتر شهرام محمدنژاد

زمستان ۱۳۹۴

© TemplatesWise.com

سرفصل مطالب

۱- مقدمه

۲- انواع الکترودهای ثبت سیگنال عصبی

۳- فرایندهای ساخت الکترودها

۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

مقدمه

© TemplatesWise.com

مقدمه

نیاز به نانوالکترودهای ثبت سیگنال عصبی

- در سال‌های اخیر با گسترش علوم میکروالکترونیک، ریزسیستم‌های قابل کاشت در بدن نقش مهمی را در پزشکی ایفا می‌کنند. از جمله کاربردهای این ریز سامانه‌ها:

خواندن و پردازش سیگنال‌های مغزی

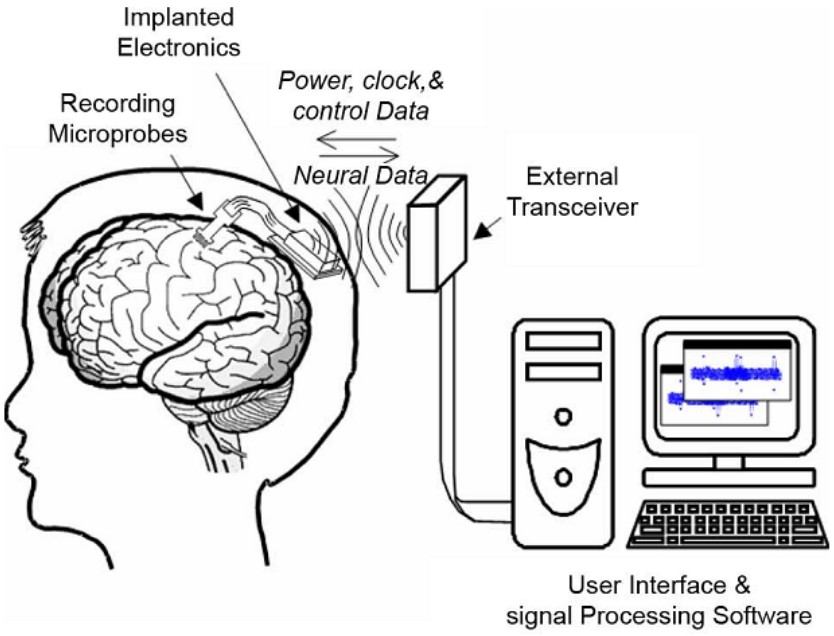
اعضای مصنوعی داخل گوش و چشم جهت کمک به بازیابی توانایی‌های آن‌ها

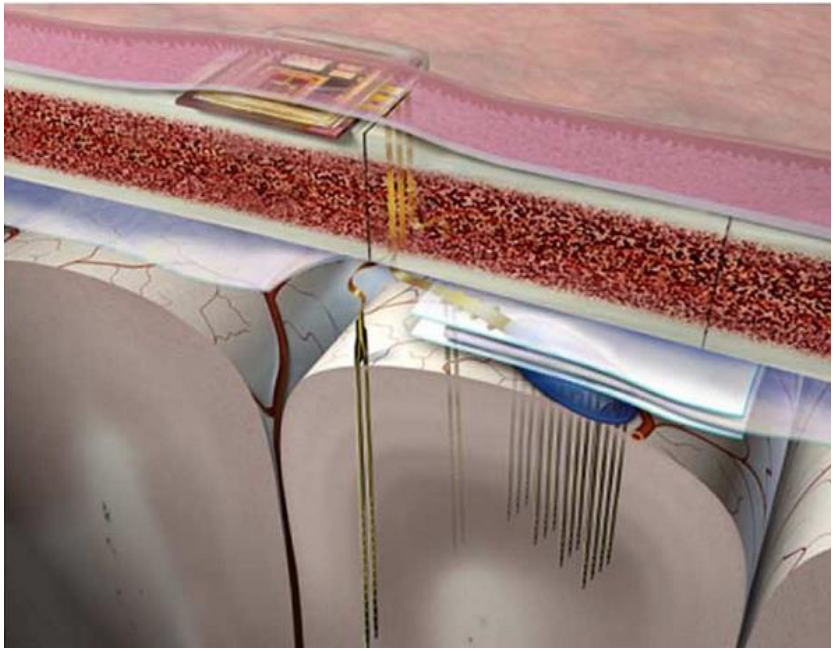
ضربان‌سازهای قلب برای بیماران قلبی

کنترل و درمان بیماری‌های ناشی از اختلال‌های عصبی نظیر پارکینسون و صرع

مقدمه

ساختار کلی یک ریزسیستم عصبی قابل کاشت

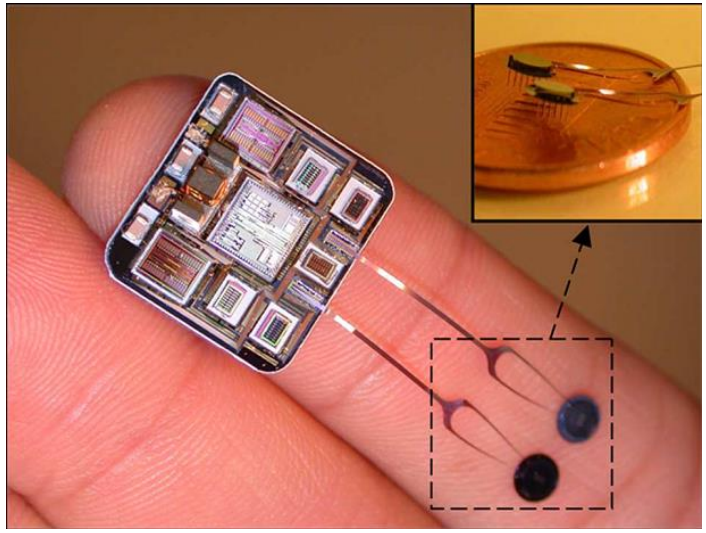




مقدمه

بهبودهای انجام شده در الکترودهای ساخته شده

- ابعاد الکترودها کوچک‌تر و چگالی آن بیش‌تر
- انعطاف‌پذیری بیش‌تر



انواع الکترودهای ثبت سیگنال عصبی

© TemplatesWise.com

انواع الکترودهای ثبت سیگنال عصبی

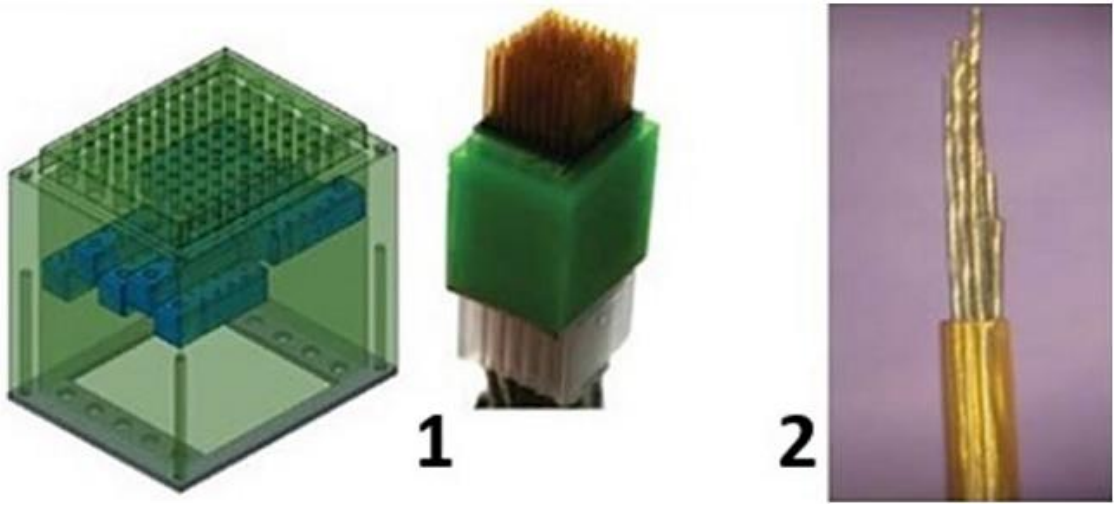
انواع الکترودهای ثبت سیگنال عصبی

- تمرکز اصلی در این فصل بر روی الکترودهای ثبت سیگنال از قشر مغز و نیز اعصاب محیطی خواهد بود.
- فن‌آوری‌های الکترود سنتی به طور عمده بر پایه بافت عصبی هدف در دو دسته کلی قشر مغز و اعصاب محیطی قرار می‌گیرند.
- هم‌چنین این الکترودها از نظر محل قرارگیری الکترودها نسبت به بافت عصبی هدف به دو دسته نافذ و غیرنافذ تقسیم می‌شوند.

انواع الکترودهای ثبت سیگنال عصبی

الکترودهای قشر مغز نافذ (میکروسیم‌ها)

- میکروسیم‌ها یکی از ابتدائی‌ترین الکترودهای غیرفعال برای ثبت سیگنال‌های عصبی هستند.
- سیم‌هایی با جنس فولاد ضدزنگ، تنگستن یا پلاتین/ایریدیوم که با پوشش مواد زیست‌سازگار
- عدم امکان تعیین موقعیت میکروسیم‌ها بعد از کاشت به طور دقیق
- ایجاد التهاب در بافت در صورت جابجایی میکروسیم‌ها



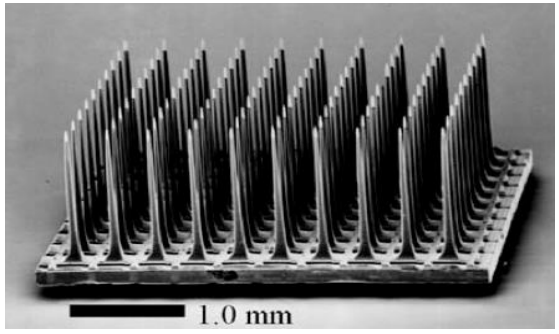
انواع الکترودهای ثبت سیگنال عصبی

الکترودهای قشر مغز نافذ (میکروالکترودها)

- با توسعه روش‌های لیتوگرافی و در دسترس قرار گرفتن اتاق‌های تمیز میکروالکترودهایی که ساختار آن‌ها دارای نیمه‌هادی‌های غیرآلی بود معرفی شدند.
- توانایی ساخت آرایه میکروالکترودها از طریق روش‌های ساخت دقیق امکان تعیین دقیق موقعیت الکترودها را فراهم نموده است که مشکل مکان غیردقیق در میکروسیم‌ها را حل کرده است.
- آرایه میکروالکترودها به صورت‌های مختلف تعریف می‌شوند:

آرایه میشیگان

آرایه یوتا



انواع الکترودهای ثبت سیگنال عصبی

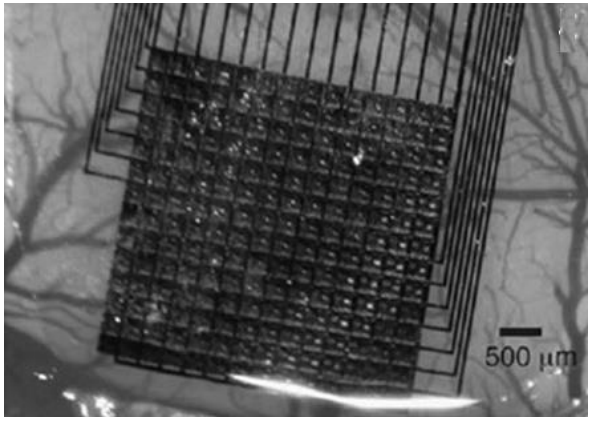
الکترودهای قشر مغز نافذ (با ابعاد زیرمیکرون)

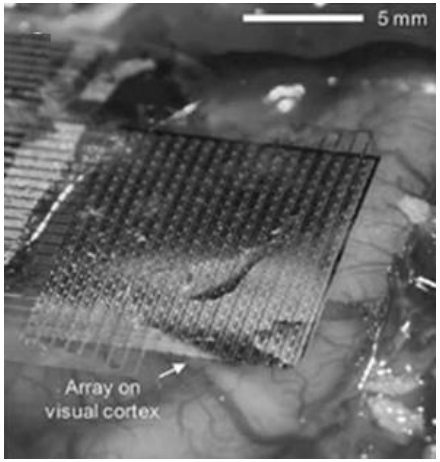
- برای ساختن آرایه‌های با چگالی بیش‌تر نیاز به قطرهای بسیار کوچک‌تر خواهد بود. این امر منجر به کاهش ابعاد الکترودها از مجدوده میکرومتر به محدوده نانومتر خواهد شد که باعث صدمه کم‌تر به بافت خواهد شد.

انواع الکترودهای ثبت سیگنال عصبی

الکترودهای قشر مغز غیر نافذ

- میکروالکترودهای نافذ بحث شده باعث ایجاد صدمه در بافت‌ها می‌شوند و مناسب کاربردهای با زمان طولانی نمی‌باشند.
- آرایه‌های میکروالکترودی دارای متناظر غیرنافذ نیز می‌باشند که دارای انعطاف بالایی می‌باشند و مناسب بافت‌های زیستی می‌باشند.

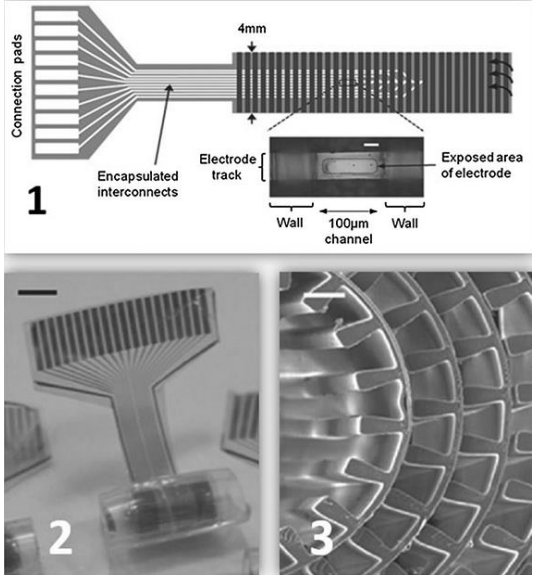


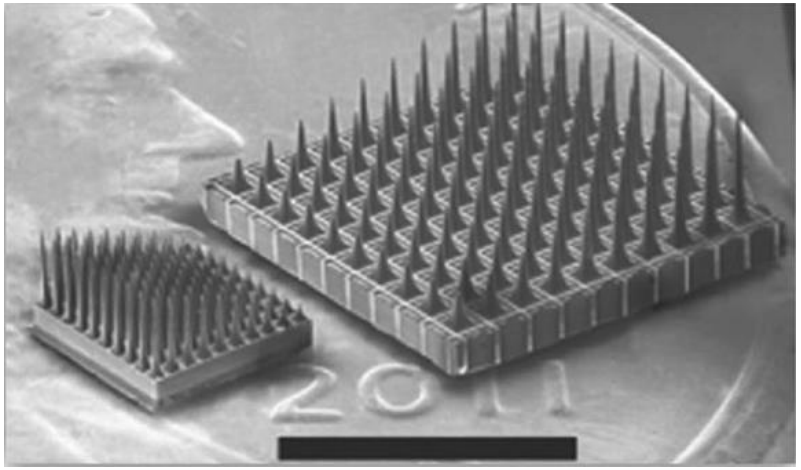


انواع الکترودهای ثبت سیگنال عصبی

الکترودهای نافذ اعصاب محیطی

- اعصاب به عنوان مسیر سیگنال‌های حسی و حرکتی بین مغز و اعصاب محیطی عمل می‌کند.
- آن‌ها در انتقال حس لامسه، دما و اطلاعات درد و هم‌چنین کنترل حرکت کمک می‌نمایند. علاوه بر این آن‌ها اعمال غیرارادی بدن را کنترل می‌نمایند.
- از مزایای مهم الکترودهای اعصاب محیطی این است که سیگنال‌های به دست آمده بسیار نزدیک محل موردنظر می‌باشند.





فرایندهای ساخت الکترود

© TemplatesWise.com

فرایندهای ساخت الکترود

ساختار الکترودهای بلند

فرایند ساخت الکترود بلند در فناوری SOI ، لایه دی‌اکسید سیلیکون مدفون با ضخامت 500nm و لایه رویی 65µm

مرحله ۱

ویفر با ضخامت 65µm

مرحله ۲

ریختن فتورزیست با ضخامت 4.2µm

فرایندهای ساخت الکترود

ساختار الکترودهای بلند

مرحله ۳

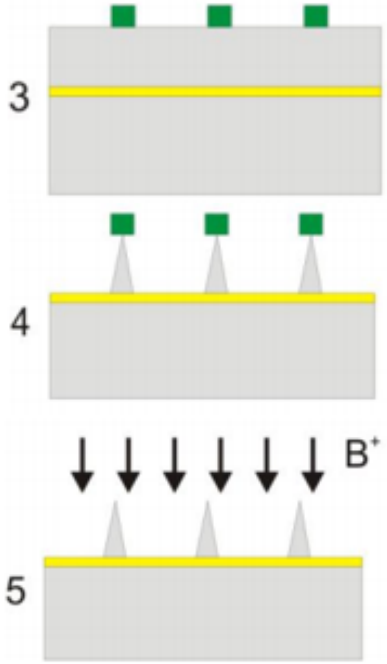
عملیات نوردهی و پاک کردن فوتورزیست با الگوی مناسب برای شکل دادن الکترودها

مرحله ۴

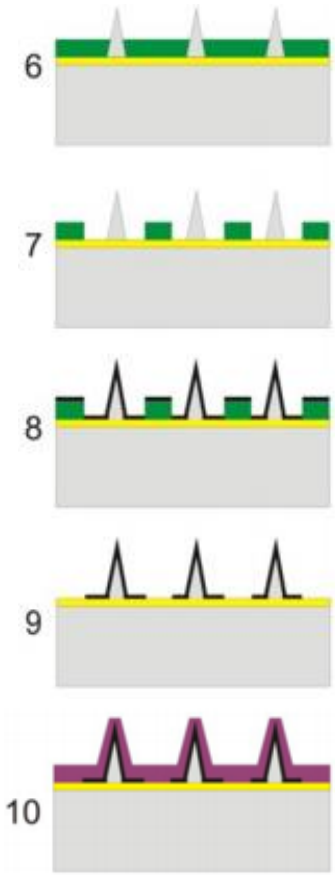
زدایش الکترودها با زداینده سیلیکون پیشرفته

مرحله ۵

قرارگیری الکترودها در معرض ناخالصی برای افزایش میزان هدایت الکتریکی



فرایندهای ساخت الکترود



ساختار الکترودهای بلند

مرحله ۶

ریختن مجدد فوتورزیست

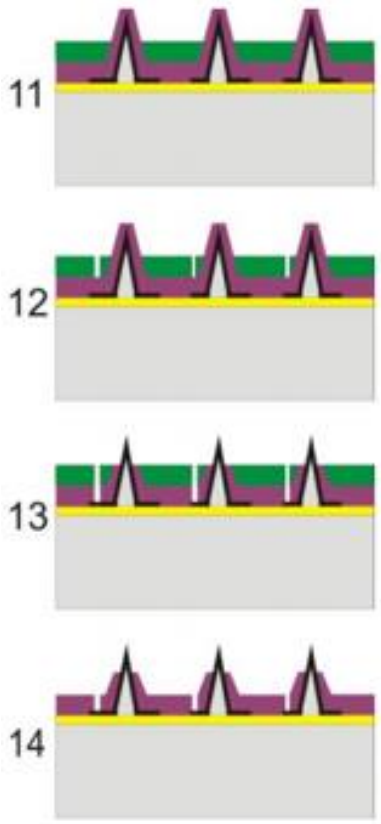
مرحله ۷ و ۸

نشاندن لایه فلزی موردنظر (۲۰ نانومتر Ti و ۲۰۰ نانومتر Pt یا Au)

مرحله ۹ و ۱۰

برداشتن فتورزیست و لایه نشانی نیترید سیلیکون

فرایندهای ساخت الکترود



ساختار الکترودهای بلند

مرحله ۱۱ و ۱۲

ریختن مجدد فوتورزیست و ایجاد الگو با لیتروگرافی

مرحله ۱۳

زدایش لایه نیترید سیلیکون

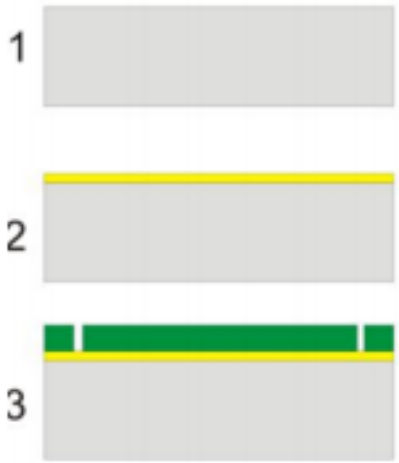
مرحله ۱۴

پاک‌کردن فوتورزیست

فرایندهای ساخت الکترود

ساختار الکترودهای کوچک

مراحل ساخت الکترود کوچک به شرح زیر است:



مرحله ۱

سیلیکون معمولی صیقل داده شده

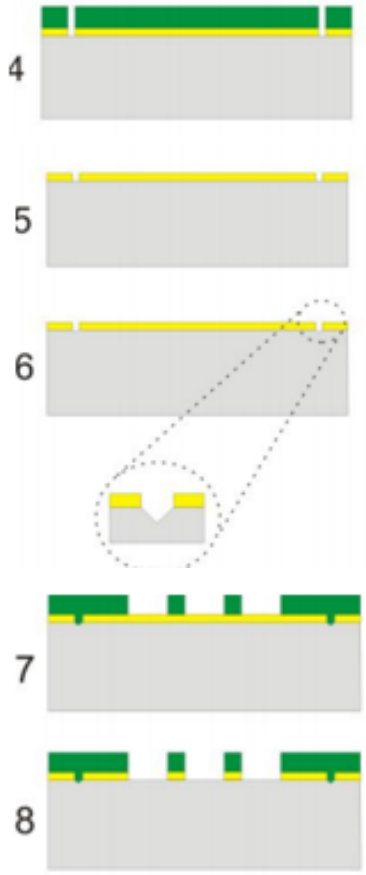
مرحله ۲

رشد لایه‌ای به ضخامت ۵۰۰ نانومتر از جنس دی‌اکسید سیلیکون

مرحله ۳

قرار دادن فتورزیست و لیتروگرافی

فرایندهای ساخت الکترود



ساختار الکترودهای کوچک

مرحله ۴ و ۵

زدایش اکسید و پاک کردن فتورزیست

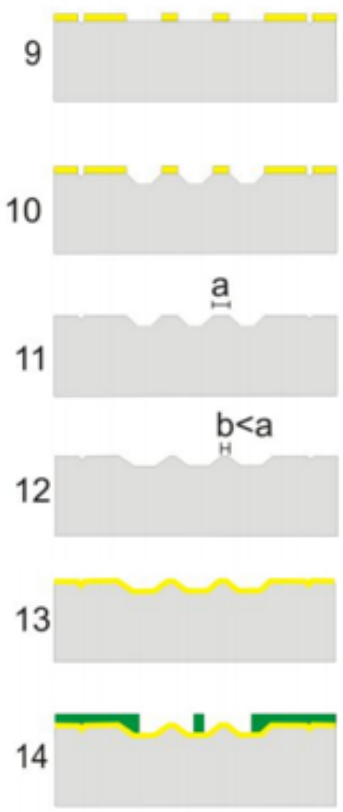
مرحله ۶ و ۷

زدودن ساختارهای تنظیم با استفاده از KOH، ریختن فوتورزیست و الگودهی

مرحله ۸

فرایند زدایش اکسید با روش‌های RIE یا BHF

فرایندهای ساخت الکترود



ساختار الکترودهای کوچک

مرحله ۹ و ۱۰

پاک کردن فتورزیست زدایش سیلیکون با استفاد از KOH

مرحله ۱۱ و ۱۲

زدودن اکسید و زدایش همه جهته در یک ASE به مدت ۳۰ ثانیه تا ۲ دقیقه برای تیزتر کردن الکترودها

مرحله ۱۳ و ۱۴

لایه نشانی اکسید سیلیکون و ریختن فتورزیست

فرایندهای ساخت الکترود

ساختار الکترودهای کوچک

مرحله ۱۵

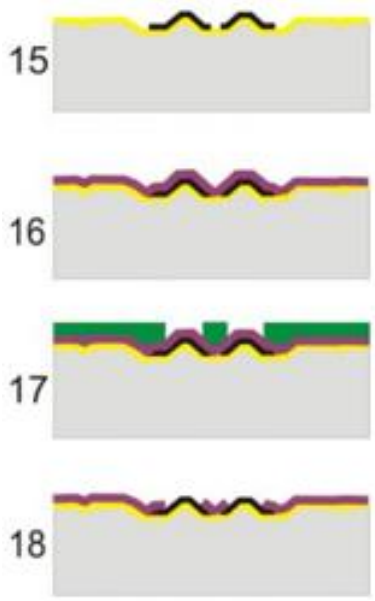
فلزکاری

مرحله ۱۶ و ۱۷

نشاندن لایه نیترید سیلیکون برای غیرفعالسازی سطح و الگودهی دهانه‌های لایه غیرفعال‌سازی

مرحله ۱۸

زدودن نیترید از ناحیه الکترود با استفاده از روش RIE



جمع بندی

© TemplatesWise.com

جمع بندی

- در این گزارش، طراحی‌های الکترودهای ثبت رایج و روندهای حال حاضر در فن‌آوری ثبت عصبی برای اعصاب غشایی و محیطی بررسی شد.
- بافت‌های عصبی بسیار نرم می‌باشند و به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که در برابر حرکات مشخص بدن مقاومت کنند. رابط‌های الکترودی با ویژگی‌های مکانیکی همین بافت‌های عصبی قادر خواهند بود عملیات ثبت از مغز، اعصاب و نخاع را با انسجام و درستی بالا انجام دهند.
- باتوجه به این واقعیت، فن‌آوری‌های موجود برای مغز و اعصاب می‌تواند برای نخاع نیز اصلاح شود اگر مواد سازنده الکترودها به گونه‌ای انتخاب شود که بتواند حرکات پویای نخاع را تحمل کند.
- پیشرفت‌های اخیر در زمینه الکترودهای ثبت به سمت آرایه چندگانه پیش می‌رود که متشکل است از تعداد زیادی الکترود که می‌توانند فعالیت الکتریکی بافت‌های عصبی را با SNR زیاد و دقت فضایی و دمایی زیاد برای یک دوره زمانی طولانی ثبت کند.
- مواد بسیاری برای ساخت الکترودها در زمینه‌های مختلف به کار برده شد که برخی از آن‌ها به موفقیت‌های چشم‌گیری دست یافتند. با این وجود عملیات ثبت مزمن هم‌چنان به عنوان یکی از چالش‌های مطرح این طرح می‌باشد.

جمع بندی

- برخی چالش‌ها و پیشرفت‌های پیش روی فن‌آوری رابط‌ها و حس‌گرهای عصبی:

❑ الکترودهای ثبت تغییرات دمایی منطقه کاشته شده را تحمل می‌کنند. بنابراین در بدن موجود زنده، ساختار روش به کار رفته برای تأمین شرایط الکترودهای کاشته شده بسیارحائز اهمیت است.

❑ چالش بعدی در روش‌های موجود، ثابت نگه داشتن امپدانس در رابط بافت-الکترود است.

❑ شرایط لازم دیگر برای فن‌آوری ثبت موفق وظیفه‌مند کردن سطح الکترود است به گونه‌ای که پاسخ‌های تنش دار بافت‌ها در محیط ثبت را به صورت ایمن در منطقه کاشت کاهش دهد.

❑ توسعه الکترودهای ثبت عصبی به ویژگی‌های الکتریکی و مکانیکی مواد سازنده الکترودها وابسته است. اگر بتوان موادی یافت که به طور مکانیکی قوی و بسیار انعطاف‌پذیر باشد به گونه‌ای که بتواند به طور کامل رفتار بافت‌های عصبی را تقلید کند و دارای انسجام کامل با آن‌ها باشد، در این صورت می‌توان انتظار داشت که فن‌آوری الکترود ثبت طولانی مدت به بازار عرضه شده است.

مراجع

© TemplatesWise.com

مراجع

[1] Piccolino M (1997) Luigi galvani and animal electricity: two centuries after the foundation of electrophysiology. Trends Neurosci 20(10):443–448
[2] F L, Boya J, Alamo C (2006) Neuron theory, the cornerstone of neuroscience, on the centenary of the Nobel Prize award to Santiago Ramón y Cajal. Brain Res Bull 70(4–6):391–405
[3] Adrian E (1928) The basis of sensation: the action of the sense organs. O-P books, Christophers
[4] Hodgkin AL, Huxley A, Katz B (1952) Measurement of current-voltage relations in the membrane of the giant axon of loligo. J Physiol 116(4):424
[5] Hodgkin A, Huxley A (1952) A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. J Physiol 117(4):500–544.
[6] Hubel D, Wiesel T (1959) Receptive ields of single neurones in the cat's striate cortex. J Physiol 148(3):574–591
[7] Hamill O, Marty A, Neher E, Sakmann B, Sigworth F (1981) Improved patch-clamp techniques for high-resolution current recording from cells and cell-free membrane patches. Plügers Archiv 391(2):85–100
[8] Neher E, Sakmann B, Steinbach JH (1978) The extracellular patch clamp: a method for resolving currents through individual open channels in biological membranes. Plügers Arch 375(2):219–228
[9] Sakmann B, Neher E (1984) Patch clamp techniques for studying ionic channels in excitable membranes. Ann Rev Physiol 46(1):455–472
[10] Renshaw B, Forbes A, Morison BR (1940) Activity of isocortex and hippocampus: electrical studies with micro-electrodes. J Neurophysiol 3(1):74–105
[11] Woldring S, Dirken M (1950) Spontaneous unit-activity in the supericial cortical layers. Acta Physiol Pharmacol Neerl 1(3):369–379
[12] Li CL, Jasper H (1953) Microelectrode studies of the electrical activity of the cerebral cortex in the cat. J Physiol 121(1):117–140
[13] Dowben RM, Rose JE (1953) A metal-illed microelectrode. Science 118(3053):22–24
[14] Green J (1958) A simple microelectrode for recording from the central nervous system. Nature 182:962
[15] Wolbarsht M, MacNichol E, Wagner H (1960) Glass insulated platinum microelectrode. Science 132(3436):1309–1310
[16] Vallbo A, Hagbarth K (1968) Activity from skin mechanore-ceptors recorded percutaneously in awake human subjects. Exp Neurol 21(3):270–289
[17] Marg E, Adams J (1967) Indwelling multiple micro-electrodes in the brain. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 23(3):277–280
[18] Kruger J, Bach M (1981) Simultaneous recording with 30 microelectrodes in monkey visual cortex. Exp Brain Res 41(2):191–194
[19] Schmidt E, McIntosh J, Durelli L, Bak M (1978) Fine control of operantly conditioned iring patterns of cortical neurons. Exp Neurol 61(2):349–369
[20] Wise KD, Sodagar AM, Ying Y, Gulari MN, Perlin GE, Najai K (2008) Microelectrodes, microelectronics, and implantable neural microsystems. Proc IEEE 96(7):1184–1202
[21] Wise KD, Angell JB, Starr A (1970) An integrated-circuit approach to extracellular microelectrodes. IEEE Trans Biomed Eng 17(3):238–247

با سپاس از توجه شما