

жах $+250$ в. Випрямляч, що живить блок реле часу, побудовано за однонапівперіодною схемою.

Стабілізація вихідної напруги $+100$ в здійснюється стабілізовольтом СГ—ЗС.

Потужність, яку споживає рефлексометр від мережі, дорівнює 85 вт.

Габарити приладу: $495 \times 320 \times 300$ мм. Вага $12,5$ кг.

Конструктивно рефлексометр оформлено у вигляді трьох блоків (живлення, тензометричного підсилювача, реле часу), які вставляють на розйомах у загальний кожух.

Загальний вигляд приладу показано на рис. 2.

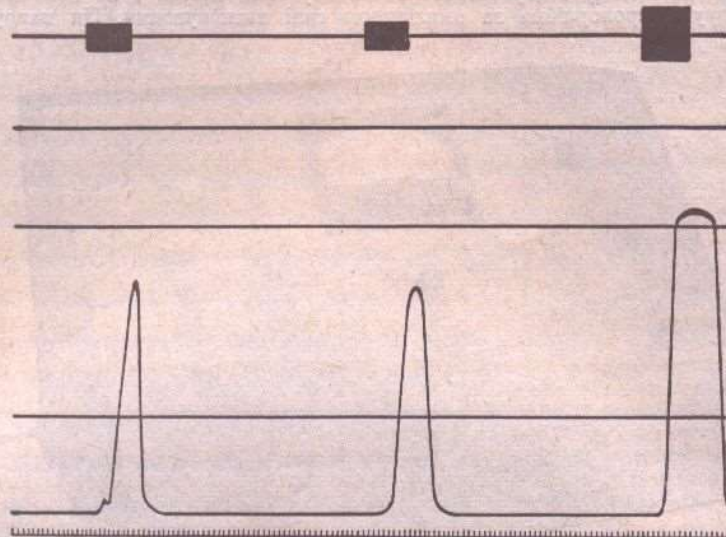


Рис. 3. Записи рефлексографа.

Прилад пройшов лабораторні випробування і у квітні 1965 р. його було передано в клініку відділу психіатрії і патології вищої нервової діяльності для дослідної експлуатації.

Під час експлуатації прилад виявив добру якість і точність запису за його допомогою характеристик вищої нервової діяльності досліджуваних. На рис. 3 наведено записи, зроблені в клініці під час дослідження хворих. На верхній лінії записано величину і тривалість подразника, на нижній — силу натиску на кнопку.

Скляні мікроелектроди з металевим провідником для позаклітинної реєстрації потенціалів

Л. В. Решодько, О. П. Ветров

Інститут кібернетики Академії наук УРСР, Київ

Найчастіше для реєстрації швидких позаклітинних потенціалів користуються металевими мікроелектродами або скляними мікроелектродами з сольовими або металевими провідниками. Незважаючи на те, що металеві електроди нескладні за своєю конструкцією, технологія їх виготовлення, особливо з кінчиками у $1-2$ мк тривала і трудомістка. Крім того, майже неможливо одержати кінчики електродів діаметром менше десятих часток мікрона [1, 4]. Іншим недоліком металевих електродів є те, що такі тонкі металеві кінчики стають м'якими і використання їх ускладнене.

Найпоширенішими капілярними мікроелектродами для позаклітинної реєстрації є звичайний внутріклітинний електрод з вставленим у нього якомога глибше металевим провідником.

Діаметр цих електродів звичайно понад 20 мк, тому що у малі капіляри металевий дріт ввести не можна. У тих випадках, коли діаметр кінчика надто тонкий, щоб дріт міг доходити до кінця, основна частина опору зберігається, а він, при значній ємкості на вході підсилювача непридатний для реєстрації швидких потенціалів.

Дуже часто користуються також електродами, витягнутими з скляної трубки, заздалегідь заповненої металом [5], або використовують легкоплавкі метали, такі як індій, і у готовий вже капіляр проштовхують метал, обережно підігріваючи його. Потім самий кінчик електролітично вкривають золотом або платиною [3]. Такі електроди можна одержати з дуже тонкими кінчиками і значно меншим опором. Проте методика їх виготовлення, як видно, ще більш кропітка і складна, ніж металевих електродів.

Запропоновані нами електроди найбільш придатні як позаклітинні подразнюючі або відвідні електроди з порівняно тонкими кінчиками і невеликим опором. Електроди призначені для подразнення короткими поштовхами струму, а також для реєстрації швидких потенціалів, які відводять від мікроструктур, зокрема від перехватів Ранв'є.

Запропоновані нами електроди для позаклітинної реєстрації швидких потенціалів від мікроструктур прості у виготовленні і мають хороші характеристики. Методика їх виготовлення може бути налагоджена в будь-якій електрофізіологічній лабораторії, де застосовують метод внутріклітинного відведення.

Для цього скляну мікропіпетку, призначену для дальшого заповнення електролітом, вкривають зовні тонким шаром срібла з допомогою реакції срібного дзеркала.

Слід спинитися на застосуванні у нашій лабораторії технології покриття, а також основних властивостях цих електродів (величині електродного потенціалу щодо розчину Рінгера, тривалості збереження постійного потенціалу при хлоруванні та без хлорування, значенні активного опору залежно від товщини нанесеного шару срібла).

Відважують 10 г азотнокислого срібла, 2 г AgNO_3 , 1,8 г сегнетової солі ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6\text{K} \cdot \text{Na} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). У хімічно чистій колбі в 100–200 мл бідистилату розчиняють 10 г азотнокислого срібла. Одну третину цього розчину виливають як запас в іншу колбу. Потім, енергійно струшуючи, до залишеного розчину азотнокислого срібла обережно додають з бюретки трохи водного аміаку. Утворене темно-буре помутніння усувають при додаванні водного аміаку. Після цього доливають із запасної колби трохи розчину азотнокислого срібла знову до темно-бурого помутніння. Таку операцію повторюють доти, поки не буде витрачений весь запасний розчин. Останнє додавання складатиметься з азотнокислого срібла і при цьому розчин помірно мутнішає. Одержаний розчин азотнокислого срібла розбавляють бідистилатом до 1 л і виливають у банку з коричневого скла.

Після цього готують розчин відновника. Наважку сегнетової солі розчиняють у 1 л бідистилату і підігрівають розчин до кипіння. До киплячого розчину обережно приливають розчин азотнокислого срібла, одержаний при розчиненні 2 г AgNO_3 у 100 мл бідистилату. Утворене коричневе помутніння перетворюється на зеленувато-сірий осад. Протягом 6–8 хв його продовжують кип'ятити, а потім фільтрують. Одержані розчини AgNO_3 і сегнетової солі, якщо їх зберігати в темному місці, придатні кілька місяців. Більш детально методика приготування розчинів описана в літературі [2].

Для покриття мікропіпеток шаром срібла їх закріплюють партіями по 5–10 штук у якийсь тримач. Зручно застосовувати для тримача смужки мікропористої гуми, для чого слід проколоту в ній невеликі отвори, куди вставляються мікропіпетки. Потім у тигель висотою трохи більше, ніж довжина електродів наливають у рівних кількостях розчин срібла і сегнетової солі. Швидкість реакції значною мірою залежить від температури розчину срібла і розчину відновника. Найкраща якість покриття одержується при температурі розчину срібла 20°C і відновника — 50°C при тривалості покриття 60 сек.

При тривалішому покритті шар срібла буде шорстким і менш міцним. Слід відзначити, що для того, щоб нанесений на капіляр шар був рівномірним і міцним, необхідно перед покриттям ретельно знежирювати мікропіпетки.

В одержаних таким способом електродах ми перевіряли величину активного опору та їх електродний потенціал по відношенню до розчину Рінгера (для холоднокровних).

В табл. 1 наведені значення величин активного опору таких електродів залежно від тривалості покриття (товщини шару). Вимірювання опору здійснювалось на одинарному мості РЗ-16 з класом міцності 0,2. Як електроліт був застосований нормальний розчин Рінгера. Сила струму залежно від вимірюваного опору коливалась від $2 \cdot 10^{-4}$ а до $3 \cdot 10^{-4}$ а. Занурення кінчика електрода у розчин контролювали за допомогою мікроскопа.

Величину нормального електродного потенціалу срібних електродів по відношенню до розчину Рінгера визначали за допомогою високоомного потенціометра постійного струму типу РЗ07 з номінальним робочим струмом 0,1 ма. Як електрод порівняння був застосований нормальний каломельний електрод, заповнений розчином Рінгера, власний потенціал якого був заздалегідь обчислений по відношенню до нормального каломельного електрода, заповненого насиченим розчином KCl (табличне значення при температурі 16°C).

В табл. 2 наведені результати вимірювань величин електродного потенціалу срібних хлорованих і нехлорованих електродів по відношенню до розчину Рінгера.

Хлоровані електроди зберігають свій електродний потенціал при силі струму 0,1 ма у розчині Рінгера практично невизначено довго (спостереження тривали три години). Електродний потенціал нехлорованих електродів зменшувався доти, поки не відбувалось насичення срібла хлором і не встановлювалась величина потенціалу, що дорівнює електродному потенціалу неполяризованого електрода Ag (AgCl). Описані електроди ми застосовували для подразнення і для відведення струмів дії від перехватів Ранв'є одиничних мієлінізованих волокон жаби.



Рис. 1. Розташування електродів біля перехвату Ранв'є.
Діаметр волокна 10 мк.

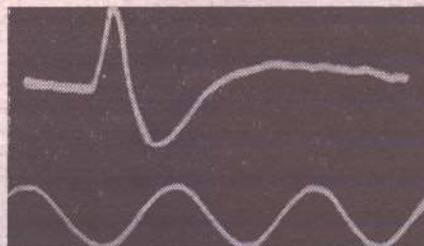


Рис. 2. Струм дії одиночного волокна.
Калібровка: 250 гц, 250 мкв.

Таблиця 1

Величина активного опору електродів (в ком) залежно від тривалості покриття (в сек)

	Час у секундах		
	40	60	90
Опір в ком	84	62	40
	75	51	41
	76	46	42
	78	45	40
	80	48	41
	78,6	50,4	40,8

Таблиця 2

Електродний потенціал (в мв) по відношенню до розчину Рінгера

Потенціал (в мв)	
Електроди	
Нехлоровані	Хлоровані
56	45
54	46
55	46
58	47
55	46
Середні дані 556	46

На рис. 1 наведена фотографія розташування мікроелектродів на перехваті Ранв'є, а на рис. 2 форма струму дії при такому відведенні.

Слід відзначити, що якщо такі електроди вкрити тонким шаром лаку, їх можна застосовувати і для внутріклітинного відведення як електроди з невеликим опором.

Література

1. Костюк П. Г.— Микроэлектродная техника, К., 1960, Изд-во АН УССР.
2. Руководство по препаративной неорганической химии под редакцией Г. Брауэра, М., 1956, ИЛ.
3. Dowben R., Rose S.— Science, 1953, 118, 23.
4. Green J.— Nature, 1958, 132, 962.
5. Taylor R.— Phys. Rev., 1924, 23, 655.