

Miniaturowy czujnik do badania poziomu glukozy we krwi

(glucose microsensor, biosensor)

1. MEMS a medycyna:

Technologia MEMS bardzo szybko zaczęła być wykorzystywana w medycynie.

Było to spowodowane postępującą miniaturyzacją w branży.

Przykładem zastosowania technologii MEMS w medycynie, jest właśnie czujnik, który służy do monitorowania poziomu glukozy we krwi.

2. Co chcemy uzyskać?:

- Glukoza to związek chemiczny, monosacharyd (inaczej cukier prosty).
- Podgląd własnego poziomu glukozy we krwi jest niezbędny dla każdej osoby chorującej na cukrzycę.
- Stąd duże zapotrzebowanie na miniaturowy czujnik, który będąc nadal kompaktowych rozmiarów oraz łatwy i szybki w obsłudze, umożliwiłby podgląd poziomu glukozy we krwi.

3. Rodzaje rozwiązań:

Obecnie najczęściej stosowaną metodą jest nakłuwanie palca, które jest proste, ale bolesne i podatne na infekcje. Aby przezwyciężyć te problemy, proponujemy inne, nieinwazyjne metody tj.:

- Nieenzymatyczny czujnik do pomiaru glukozy z nanporowatymi platynowymi elektrodami,
- Nieenzymatyczny czujnik dielektryczny wykorzystujący koplanarne elektrody funkcjonalizowane hydrożelem,
- Czujnik enzymatyczny do pomiaru glukozy oparty na krzemie

4. Czujniki nieenzymatyczne i enzymatyczne:

- Czujnik nieenzymatyczny oznacza, że jego działanie nie zależy od obecności i aktywności enzymów.
- Enzymy to białka, które działają jako katalizatory, przyspieszając reakcje chemiczne.
- W przypadku czujników enzymatycznych, ich skuteczność opiera się na zdolności enzymów do rozpoznawania i reagowania z określonymi substancjami chemicznymi.

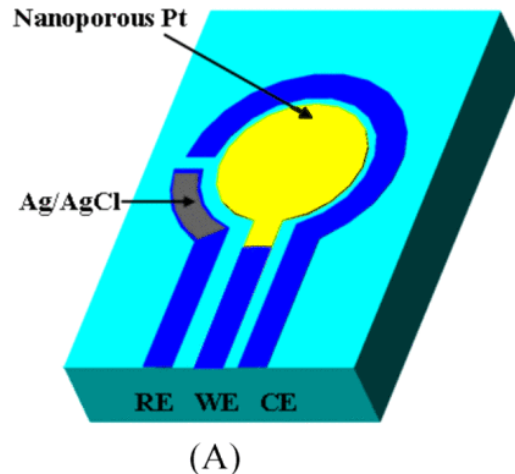
5. Wady czujników enzymatycznych:

- Czułość na Warunki Środowiskowe - tj. temperatura, pH czy obecność substancji chemicznych,
- Trwałość - mogą ulegać degradacji w wyniku ekspozycji na warunki zewnętrzne lub w wyniku długotrwałego użytkowania,
- Koszty - produkcja i stabilizacja enzymów może być kosztowna.

6. Nieenzymatyczny czujnik do pomiaru glukozy z nanoporowatymi platynowymi elektrodami:

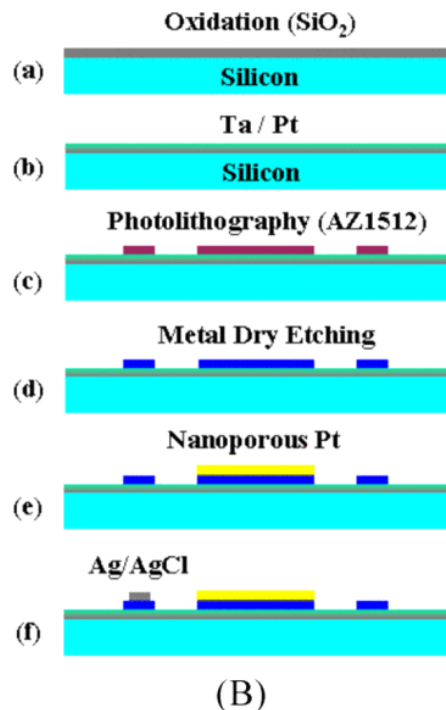
Czujnik ten posiada 3 elektrody:

- elektrodę pracującą (WE)
- elektrodę przeciwną (CE)
- elektrodę odniesienia (RE)



Schemat czujnika

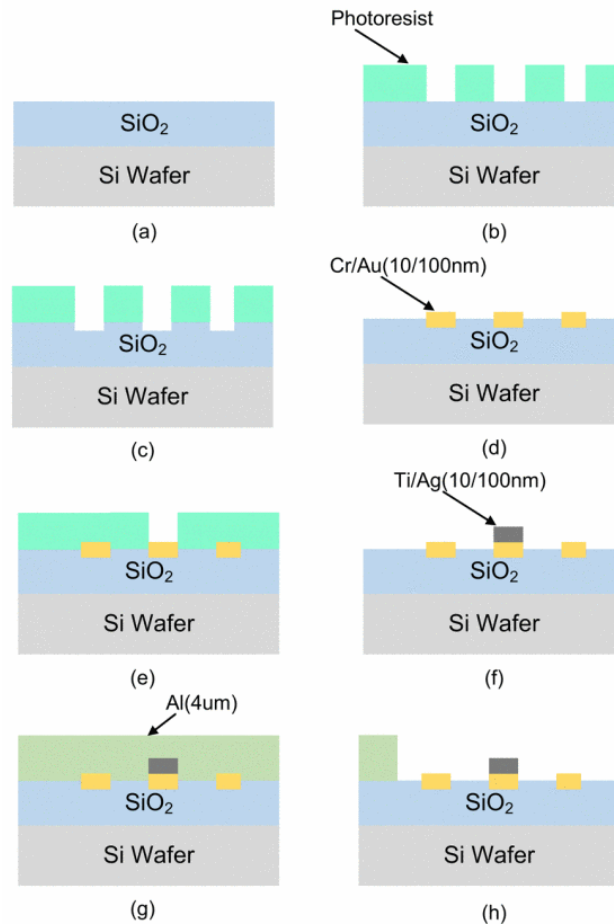
Na początku została osadzona warstwa izolacyjna na podłożu krzemowym. Elektrody te zostały wytworzone za pomocą techniki wytrawiania na sucho napyłając warstwy Ta i Pt na warstwę SiO_2 . Nanporowata platynowa elektroda została utworzona na wierzchu elektrody pracującej wykorzystując do tego technikę galwaniczną. Platynowa elektroda została tutaj wykorzystana aby poprawić czułość czujnika.



schemat przedstawiający zaproponowane etapy produkcji czujnika na podłożu krzemowym

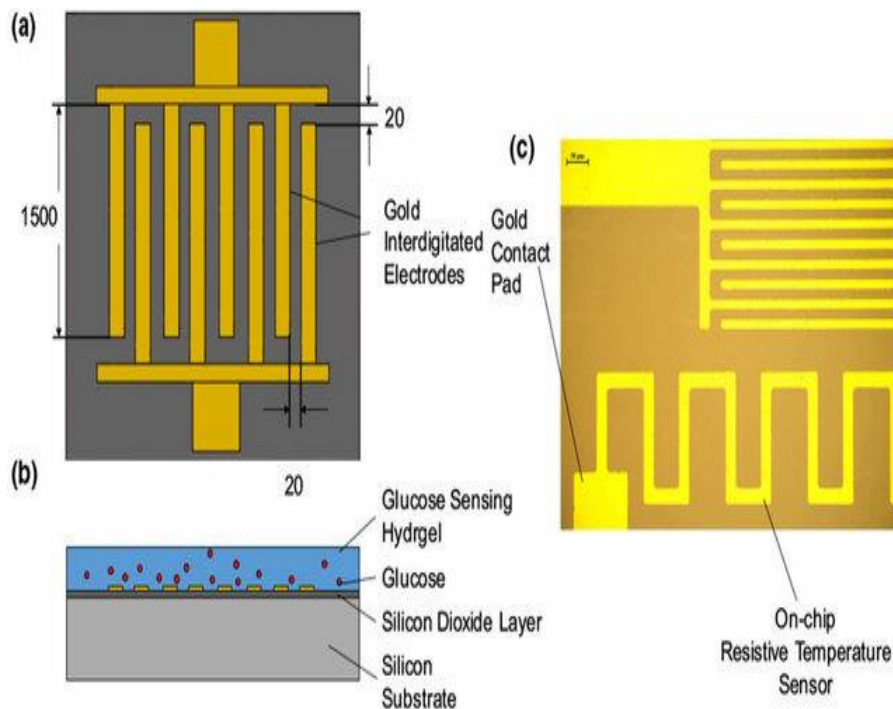
7. Czujnik enzymatyczny do pomiaru glukozy oparty na krzemie

Jako jeden z przykładów podaliśmy czujnik enzymatyczny, który oparty jest na krzemie. Czujnik ten wykorzystuje działanie elektrochemicznej reakcji glukozy opartej dokładniej na oksydacji glukozy. Reakcja ta rozpoczyna się od katalizowania glukozy do nadtlenu wodoru. H_2O_2 utlenia się w tym czujniku na powierzchni elektrod co powoduje uwolnienie się elektronów generując przy tym sygnał prądowy, który jest proporcjonalny do stężenia glukozy



Schemat czujnika oraz etapy produkcji

8. Czujnik dielektryczny wykorzystujący koplarnane elektrody funkcjonalizowane hydrożelem



Schemat czujnika: a) widok z góry, b) widok z boku c) widok wytworzonego czujnika, skala μm

Czujnik składa się z hydrożelu, który ‘przymocowany’ jest do elektrod leżących na tej samej płaszczyźnie, co pozwala mu na dielektryczny pomiar glukozy w tkance podskórnej. Kiedy hydrożel zostanie wszczepiony do tkanki podskórnej, molekuły glukozy zaczynają ulegać dyfuzji i wiążą się z cząsteczkami kwasu fenyloboronowego. Powoduje to zmianę w przenikalności elektrycznej hydrożelu co sprawia, iż zmienia się impedancja pomiędzy elektrodami, która może zostać zmierzona w celu ustalenia poziomu glukozy we krwi. Czujnik ten wykorzystuje współpłaszczyznowy pojemnościowy konwerter przy pomocy technologii IDE. IDE umieszczone jest na podłożu wykonanym z dwutlenku krzemu, które składa się z 40 par złotych elektrod

9. Zalety czujników nieenzymatycznych:

- Są one trwalsze
- Ich koszt produkcji jest mniejszy
- Lepiej przystosowane do produkcji masowej
- Brak ograniczeń tlenowych
- Ich rozmiar jak i możliwości są odpowiednie by wykorzystać je jako przenośny czujnik do pomiaru glukozy.

10. Bibliografia

- <https://ieeexplore-1ieee-1org-1600oqgnr008d.han.bg.pwr.edu.pl/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9871755>
- https://www.researchgate.net/publication/316713508_A_dielectric_affinity_glucose_microsensor_using_hydrogel-functionalized_coplanar_electrodes
- <https://ieeexplore-1ieee-1org-1600oqg2f00fd.han.bg.pwr.edu.pl/document/4666731>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925400523012698>

