

## Zagadnienia na kolokwium z wykładu „Metody symulacji fotoogniw”

### Z wykładów E.Z.

1. Definicja koncentracji nośników ładunku w półprzewodniku samoistnym – opis + wzór. Temperaturowa zależność koncentracji samoistnej nośników dla półprzewodników niedomieszkowanych (wykres zależności).
2. Temperaturowa zależność koncentracji elektronów (dziur) w półprzewodniku donorowym (akceptorowym) – obszar jonizacji domieszki, niesamoistny i obszar samoistny.
3. Jak rozumiesz pojęcie „jonizacji domieszek” w półprzewodniku donorowym i akceptorowym? Równanie neutralności ładunku i prawo równowagi mas, na podstawie których możemy wyznaczyć koncentrację nośników (np. elektronów).
4. Definicja przewodności właściwej w przypadku półprzewodników. Temperaturowa zależność przewodności właściwej dla półprzewodnika domieszkowego.
5. Przedstaw diagram pasmowy danego złącza metal-półprzewodnik. Wygięcie pasm, kierunek natężenia pola elektrycznego, bariera potencjału od strony metalu i od strony półprzewodnika. Powstawanie złącza Schottky’ego (prostującego) i złącza omowego w zależności od relacji między pracami wyjścia elektronów z metalu i półprzewodnika.
6. Charakterystyka prądowo-napięciowa złącza Schottky’ego (prostującego) i kontaktu omowego. Jaki jest wpływ wysokości bariery potencjału na natężenie prądu płynącego przez złącze Schottky’ego (jego charakterystykę I-V)?
7. Opisz model idealnego oraz rzeczywistego złącza metal-półprzewodnik – teoria Schottky’ego-Motta oraz model Bardeena. Co to są stany powierzchniowe na złączu metal-półprzewodnik? Jak rozumiesz sformułowanie „*Fermi level pinning*”?
8. O czym nam mówi przybliżenie obszaru zubożonego w przypadku idealnego złącza Schottky’ego? Ładunek przestrzenny w idealnym złączu Schottky’ego. Obszary: zubożony, przejściowy i neutralny w złączu metal-półprzewodnik. Natężenie pola elektrycznego oraz potencjał elektryczny w idealnym złączu Schottky’ego. Graficzna reprezentacja zależności  $\rho(x)$ ,  $E(x)$  oraz  $V(x)$  dla idealnego złącza Schottky’ego.  
**Uwaga:** Wspaniale byłoby znać równanie Poissona i na podstawie tego równania umieć wyprowadzić zależności na natężenie pola elektrycznego oraz potencjał elektryczny dla idealnego złącza Schottky’ego.
9. Charakterystyka pojemnościowo-napięciowa (C-V) złącza Schottky’ego spolaryzowanego w kierunku zaporowym i przewodzenia – wykres. Jak wyznaczyć koncentrację domieszki na podstawie pomiarów C-V? Profil koncentracji domieszki w obszarze zubożonym złącza. W jakim zakresie napięć polaryzujących złącze Schottky’ego model Schottky’ego-Motta najlepiej opisuje to złącze?
10. Diagram pasmowy złącza p-n w stanie równowagi termodynamicznej i po spolaryzowaniu napięciem w kierunku zaporowym i przewodzenia. Prąd dyfuzyjny oraz unoszenia w złączu p-n: z czego wynikają oraz jakie są ich kierunki przepływu w złączu.
11. Równanie Shockley’a i charakterystyka I-V dla złącza p-n. Współczynnik idealności złącza – co opisuje i jakie przyjmuje wartości w przypadku idealnego oraz rzeczywistego złącza p-n.
12. Rozkład ładunku przestrzennego w idealnym oraz rzeczywistym złączu p-n (przybliżenie obszaru zubożonego oraz ogony Debye’a). Co określa tzw. długość Debye’a ( $L_D$ ) w regionie typu p i n złącza i od jakiego parametru złącza zależy? Jaka jest relacja między szerokością obszaru zubożonego złącza p-n a długością Debye’a?
13. Potencjał i pole elektryczne w złączu p-n: graficzna reprezentacja zależności  $E(x)$  oraz  $V(x)$  dla idealnego złącza p-n.
14. Prawo Fresnela, Lamberta-Beera oraz Snella. Definicja współczynnika odbicia, załamania oraz współczynnika absorpcji.
15. Opisz interferencję światła w cienkich warstwach: interferencja konstruktywna i destruktywna; różnica dróg optycznych.

16. W jaki sposób na podstawie zależności  $R=f(\lambda)$  – tj. współczynnika odbicia światła w funkcji długości fali dla badanej cienkiej warstwy określić jej grubość?

17. Cienkie warstwy antyrefleksyjne w ogniwach słonecznych – wyjaśnij ich rolę oraz określ od jakich parametrów zależy ich działanie. Jaka powinna być grubość warstwy i jej współczynnik załamania, aby pełniła funkcję antyrefleksyjną.

18. Efekt fotowoltaiczny w złączu p-n. Jakie muszą być spełnione warunki aby mógł zajść efekt fotowoltaiczny?

19. Schemat zastępczy ogniwa w modelu jednodiowym oraz dwudiowym: rezystancja szeregową i upływu oraz współczynniki idealności. Który z modeli lepiej opisuje „jasną” charakterystykę prądowo-napięciową ogniwa i dlaczego? Jakiego rzędu powinny być  $R_s$  i  $R_{sh}$  ogniwa aby jego sprawność była jak najwyższa przy maksymalnym oświetleniu o natężeniu  $1000 \text{ W/m}^2$ ?

#### [Z wykładów K.G.](#)

20. Mechanizmy rekombinacji w materiałach półprzewodnikowych; model ABC - założenia i ograniczenia. Optyczne metody wyznaczania stałych rekombinacji i ich komplementarność.

21. Równanie dyfuzji w 1D, zagadnienie dyfuzji w materiałach półprzewodnikowych i ich znaczenie dla fotowoltaiki.

22. Zależność parametrów pracy ogniwa fotowoltaicznego (napięcie rozwarcia, prąd zwarcia, FF) od natężenia oświetlenia i temperatury.

23. Instalacje fotowoltaiczne - rodzaje integracji, elementy i ich funkcje. Założenia planowania prostej instalacji fotowoltaicznej *stand-alone*.

24. Budowa ogniwa fotowoltaicznego, ewolucja na przykładzie architektur o wysokiej sprawności.