

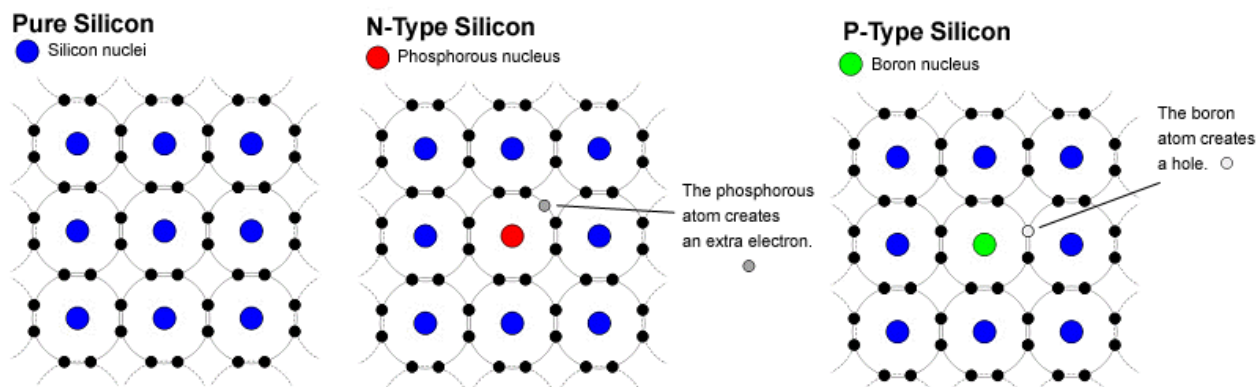
1 Układy diodowe

Pod względem przewodnictwa elektrycznego substancje można podzielić na:

- izolatory – bardzo słabo przewodzą prąd, cząsteczki tych substancji mają bezpostaciową, amorficzną strukturę powiązań, pozbawioną swobodnych nośników ładunku elektrycznego. Typowe izolatory to szkło, porcelana, plastik, guma
- przewodniki – charakteryzują się dobrą i bardzo dobrą przewodnością. Ogromna większość przewodników to metale wykazujące regularne rozmieszczenie cząsteczek w sieci krystalicznej. W ramach węzłów sieci swobodnie przemieszczają się elektrony walencyjne atomów metalu. Przy braku pobudzenia z zewnątrz ruch elektronów walencyjnych w sieci krystalicznej ma charakter chaotyczny. Pod wpływem działania zewnętrznego pola elektrycznego elektrony w kryształach metali zaczynają formować strumień ładunku – prąd elektryczny)
- półprzewodniki – substancje o własnościach pokrewnych obu pozostałym. Wykazują strukturę krystaliczną i posiadają swobodne elektrony, jednak w normalnych warunkach słabo poddają się oddziaływaniu pola elektrycznego

2 Półprzewodnikowe złącze prostownicze

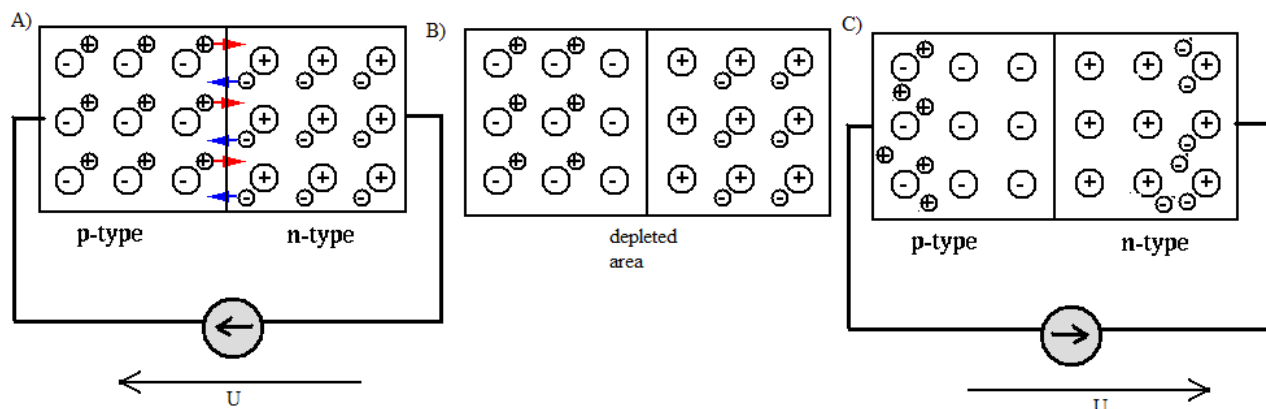
Półprzewodniki mogą być samoistne (słabo nadają się do zastosowań technicznych) oraz domieszkowane (w ich strukturę krystaliczną wtrącono atomy innych pierwiastków) Rysunek 1 prezentuje struktury krystalicznego krzemu zanieczyszczonego odpowiednio Borem oraz Fosforem. Półprzewodnik typu N (negative) posiada w strukturze krystalicznej nadmiar elektronów – stanowią one potencjalne nośniki ładunku elektrycznego i mają zdolność "przeskakiwania" między węzłami sieci krystalicznej. Półprzewodnik typu P (positive) ma nadmiar "dziur" reprezentujących nie sparowane wiązania walencyjne. Termin dziura wiąże się z tym, że nie zbalansowane wiązanie jest "dziurawe" i zdolność do przyjęcia elektronu z zewnątrz. Dziury również mogą wędrować w strukturze krystalicznej sieci.



Rysunek 1: Półprzewodniki: samoistny (czysty krzem), typu N (z nadmiarem elektronów), typu P (z nadmiarem dziur).

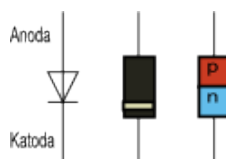
Zetknięcie półprzewodnika P i N tworzy złącze półprzewodnikowe (Rys. 2 .A). W obszarze złącza elektrony rekombinują z dziurami tworząc obszar zubożony (ang. depleted area), w którym nie ma potencjalnych nośników ładunku. Przyłączenie zewnętrznego wymuszenia napięciowego tak, że dodatni potencjał źródła jest dołączony

do półprzewodnika P, a ujemny do N sprawia (Rys. 2.B), że obszar zubożony powiększa się coraz mniej nośników ładunku jest w stanie pokonać barierę złącza: układ odcina przepływ prądu między zaciskami źródła napięcia. Odwrócenie polaryzacji zasilania (Rys. 2.C) sprawia, że obszar zubożony zawęża się. Na granicy styku półprzewodników pojawiają się swobodne nośniki ładunku mające zdolność przenoszenia go przez powierzchnię złącza: złącze zyskuje zdolność do przewodzenia prądu elektrycznego



Rysunek 2: Złącze PN: A) niespolaryzowane B) spolaryzowane w kierunku przewodzenia C) spolaryzowane w kierunku zaporowym

Złącze PN jest podstawa działania diody. Dioda jest elementem dwuzaciskowym pozwalającym na ustalony przepływ prądu tylko w jednym kierunku: od anody do katody. Dzięki temu układy diodowe znalazły szerokie zastosowanie w ciągłych i impulsowych prostownikach napięć przemiennych, układach powielania napięcia oraz w układach detektorowych, stanowiących podstawę działania odbiorników radiowych i telewizyjnych. Istnieje wiele odmian diod o różnych właściwościach. Podczas bieżących ćwiczeń omówione zostaną dwie podstawowe aplikacje półprzewodnikowej, krzemowej diody złączonej PN. W pierwszej części ćwiczenia studenci dokonują rozpoznania podstawowej zasady działania diody złączonej. Następnie omawiany jest elementarny układ prostownika napięcia przemiennego. Na koniec zajęć prezentowane są diody świecące. Symbol prostowniczej diody złączonej PN wraz z typowym oznaczeniem obudowy zaprezentowano na rysunku 3.



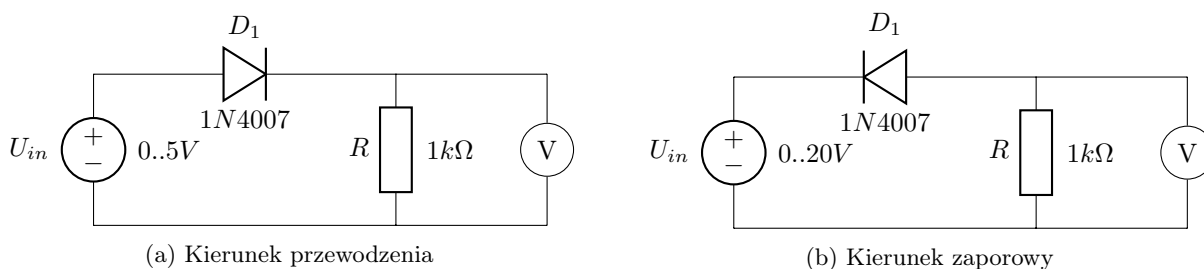
Rysunek 3: Dioda prostownicza: symbol, oznaczenie obudowy, struktura półprzewodnikowa.

3 Charakterystyka stałoprądowa dla diody złączonej.

Niniejsze ćwiczenie ma na celu praktyczną weryfikację zasady działania półprzewodnikowego złącza PN. W pierwszej części ćwiczenia złącze jest podłączone do obwodu w sposób pozwalający na przepływ prądu (w tzw. kierunku przewodzenia), następnie połączenie diody zostaje odwrócone i bada się jej zachowanie w stanie braku przewodzenia (w przytzw. polaryzacji zaporowej).

3.0.1 Przebieg ćwiczenia

1. Zapoznaj się ze schematem (rys. 4) zestawu pomiarowego.
2. Dobierz elementy rezystancyjne, a następnie zmierz rzeczywiste wartości rezystancji.
3. Przygotuj zestaw pomiarowy według rysunku 4a. Skorzystaj z zasilacza laboratoryjnego, multimetrów oraz płyty prototypowej dostępnej na stanowisku. Szczególną uwagę zwróć na sposób podłączenia diody półprzewodnikowej.



Rysunek 4: Układ do badania charakterystyki statycznej diody

4. Wykonaj serię 10 pomiarów spadków napięć U_R na rezystorze, zmieniając wartość napięcia zasilania źródła U_{in} w zakresie 0..5V. Wyniki pomiarów dla tego przypadku odnotuj w tabeli 1.
5. Zmodyfikuj zestaw pomiarowy według schematu z rysunku 4b.
6. Wykonaj serię 3 pomiarów spadków napięć U_R na rezystorze, zmieniając wartość napięcia zasilania źródła U_{in} w zakresie 0..20V. Wyniki pomiarów dla tego przypadku odnotuj w tabeli 1.
7. Na podstawie pomiarów oblicz kolejne wartości napięć U_D na zaciskach diody wyrażane jako

$$U_D = U_{in} - U_R \quad (1)$$

8. Uzupełnij tabelę o wartości prądów diody I_D wyliczonych na podstawie dokonanych pomiarów i zależności

$$I_D = \frac{U_R}{R} \quad (2)$$

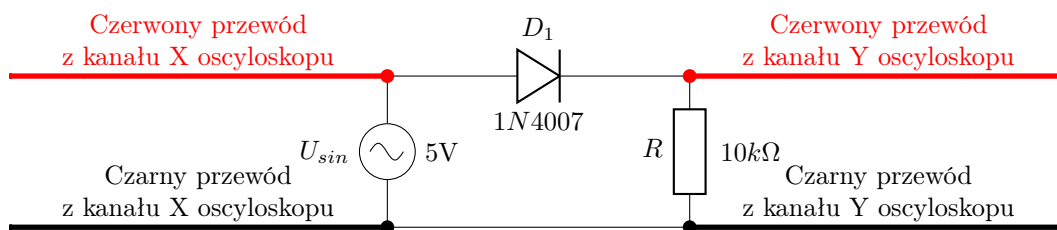
9. Na wspólnym wykresie zobrazuj przebieg charakterystyki $I_D = f(U_D)$ dla diody spolaryzowanej w kierunku zaporowym i przewodzenia.

Tablica 1: Wzorzec tabeli pomiarowej

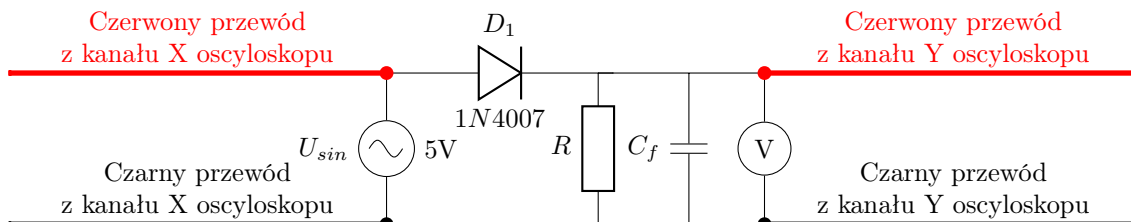
U_{in} [V]	U_R [V]	U_D [V]	I_D [mA]
-	-	-	-

3.1 Badanie prostownika jednopółkowego

Podstawowym zadaniem układów prostownikowych jest zamiana prądu przemiennego na stały. Niniejsze ćwiczenie pozwoli zbadać zachowanie się diody prostowniczej w układzie elementarnego prostownika jednopółkowego.



Rysunek 5: Układ pomiarowy dla badania własności prostownika jednopółwkowego



Rysunek 6: Układ pomiarowy dla badania własności prostownika jednopółwkowego

3.1.1 Przebieg ćwiczenia

1. Przygotuj zestaw laboratoryjny według schematu z rysunku 5. Wykorzystaj generator przebiegów sinusoidalnych, płytę prototypową oraz oscyloskop dostępny na stanowisku.
2. Zaobserwuj kształt przebiegu napięcia na wejściu i wyjściu prostownika przy częstotliwości przebiegu wejściowego równej 50Hz . Zapisz oscylogram do pliku graficznego lub zrób zdjęcie telefonem.
3. Zmierz i zanotuj różnice amplitud napięcia między przebiegiem wejściowym oraz wyjściowym. Czym jest ona spowodowana?
4. Zmodyfikuj schemat zestawu laboratoryjnego do postaci z rysunku 6.
5. Ustaw wartość międzyszczytową napięcia U_{sin} przebiegu wejściowego na $5V_{pp}$ oraz częstotliwość na 50Hz .
6. Zmierz wartości napięć stałych $U_{R(DC)}$ oraz zmiennych $U_{R(AC)}$ na rezystancji obciążenia R . Przy pomocy oscyloskopu wyznacz wartości międzyszczytowe napięcia $U_{R(pp)}$ tętnień na rezystancji R . Pomiary wykonaj dla 4 kombinacji wartości elementów R, C z zestawu: $R = 500\Omega$, $R = 2k\Omega$, $C_f = 22\mu F$, $C_f = 47\mu F$.
7. Wyniki uzyskanych pomiarów wpisz do tabeli 2

Tabela 2: Parametry pracy prostownika 1-półwkowego

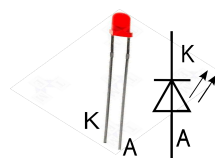
$R [\Omega]$	$C_f [\mu F]$	$U_{R(DC)} [V]$	$U_{R(AC)} [V]$	$U_{R(pp)} [V]$
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

8. Jakie zależności można dostrzec pomiędzy wielkością napięcia międzyszczytowego tętnień, wartością pojemności filtrującej C_f oraz wartością rezystancji obciążenia R ?

9. Jaka jest interpretacja pomiarów napięcia stałego (DC) oraz zmiennego (AC) w układach prostowniczych?

4 Diody świecące

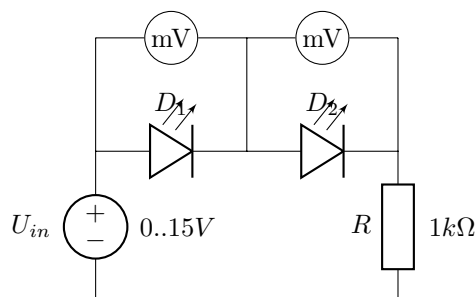
Wprowadzenie specyficznego domieszkowania kryształów półprzewodników samoistnych zaowocowało uzyskaniem specyficznego typu złącza PN, które po spolaryzowaniu na przewodzenie emituje część energii ładunków przechodzących przez obszar złącza w postaci strumienia fotonów. Skład domieszkowania wpływa na zakres kwantów energii unoszonej przez fotony, a tym samym na długość skojarzonej z tym procesem fali elektromagnetycznej. Złącze PN w takich diodach zyskuje zatem zdolność emisji światła, a samą diodę określa się wówczas mianem diody LED¹. Na rysunku 7 zamieszczono przykładową diodę świecącą wraz z symbolem i oznaczeniem wyprowadzeń.



Rysunek 7: Dioda świecąca, jej symbol i sposób oznaczenia wyprowadzeń.

4.1 Przebieg ćwiczenia

1. Połącz obwód pomiarowy według schematu z rysunku 8. Wybierz dwie diody świecące w różnych kolorach.



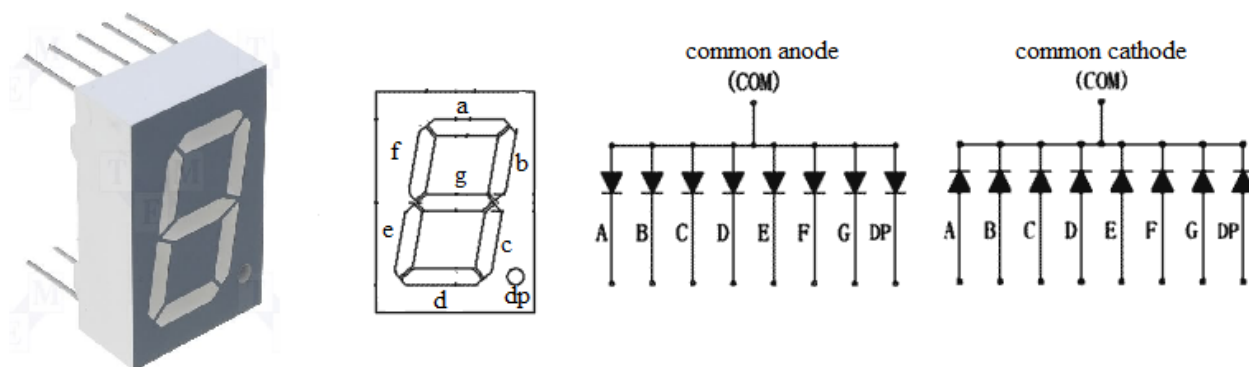
Rysunek 8: Schemat układu pomiarowego do badania diod świecących

2. Uruchom układ pomiarowy. Zaobserwuj wpływ wartości napięcia zasilania na intensywność świecenia diod. Uwaga: nie przekraczaj wartości napięcia zasilania rzędu 15V.
3. Przy pomocy woltomierza napięcia stałego zmierz wartości spadków napięć na obu świecących diodach. Pomiaru dokonaj z dokładnością przynajmniej 1mV.
4. Wykonaj zdjęcie świecących diod i zamieść je w sprawozdaniu.
5. Wyjaśnij zależność między zmierzonymi spadkami napięcia, a kolorem świecenia diody.

¹ang. Light Emitting Diode

5 Wyświetlacz LED

Diody świecące można produkować w obudowach mających różne kształty, przez co istnieje możliwość tworzenia bezpośrednio podświetlanych symboli. Do tej koncepcji nawiązują siedmiosegmentowe wyświetlacze LED. Taki element zawiera siedem diod świecących ułożonych w podłużne segmenty tworzące cyfrę 8. W zależności od typu wyświetlacza stosuje się wewnętrzne połączenie diod ze wspólną anodą lub wspólną katodą. Zapalenie danej cyfry na wyświetlaczu sprowadza się do doprowadzenia napięć zasilających do anod i katod odpowiednich segmentów. Na rysunku 9 zaprezentowano zdjęcie wyświetlacza siedmiosegmentowego zestawione ze sposobem oznaczania segmentów oraz dwoma typowymi konfiguracjami połączeń wewnętrznych.



Rysunek 9: Fotografia, oznaczenia segmentów i układ połączeń wewnętrznych wyświetlaczy siedmiosegmentowych

5.1 Przebieg ćwiczenia

1. Umieścić egzemplarz wyświetlacza w płycie prototypowej. Zwrócić uwagę, czy wyprowadzenia elementu pasują do otworów montażowych w płycie. Użycie nadmiernej siły może spowodować wygięcie lub wyłamanie wyprowadzeń.
2. Uruchomić zasilacz napięcia stałego o wartości napięcia $+5V$.
3. Przy użyciu kabelka zewrzeć ze sobą środkowe nóżki wyświetlacza, a następnie podłączyć do tych nóżek rezystor $2.2k\Omega$. Podłączyć jeden zacisk zasilacza do wolnego wyprowadzenia rezystora podłączonego do wyświetlacza. W zależności od posiadanego egzemplarza rezystor jest podłączony albo do wspólnej anody, albo wspólnej katody.
4. Podłączyć drugi zacisk zasilacza do dowolnego pozostałego wyprowadzenia wyświetlacza. Sprawdzić czy któryś z segmentów zapalił się. Jeśli nie zweryfikować połączenia i odwrócić kolejność włączenia zacisków zasilania.
5. Przy pomocy przewodów dokonać niezbędnych połączeń do wyprowadzeń wyświetlacza tak, aby ten pokazał cyfrę zadaną przez prowadzącego.
6. Wykonać zdjęcie działającego układu i zamieścić je w sprawozdaniu.
7. W sprawozdaniu umieścić schemat zrealizowanych połączeń z oznaczeniami wyprowadzeń wyświetlacza jak na rys. 9.

6 Sprawozdanie

W sprawozdaniu należy zamieścić:

- Schematy obwodów.
- Wartości elementów wykorzystanych w badaniach.
- Wykres charakterystyki statycznej diody dla polaryzacji w kierunkach: zaporowym i przewodzenia.
- Wypełnione tabele z pomiarami.
- Oscylogramy(zdjęcia) z przebiegów napięciowych w układzie prostownika jednopółkowego.
- Odpowiedzi na pytania do ćwiczeń.
- Spadki napięć na diodach świecących.
- Schemat połączeń wyświetlacza LED.
- Uwagi i wnioski z przeprowadzonych badań.

Literatura

- [1] S. Bolkowski, *Teoria obwodów elektrycznych*, ser. Elektrotechnika teoretyczna. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1986, no. t. 1. [Online]. Available: <https://books.google.pl/books?id=iUFntwAACAAJ>
- [2] P. Horowitz and W. Hill, *Sztuka elektroniki*. WKiŁ, 2003, vol. 1.
- [3] D. Halliday, R. Resnick, and J. Walker, *Podstawy fizyki*. PWN, 2003, vol. 3.
- [4] J. Watson, *Elektronika*. WKiŁ, 1999.
- [5] Z. Nosal and J. Baranowski, *Układy elektroniczne*. WNT, 2003.