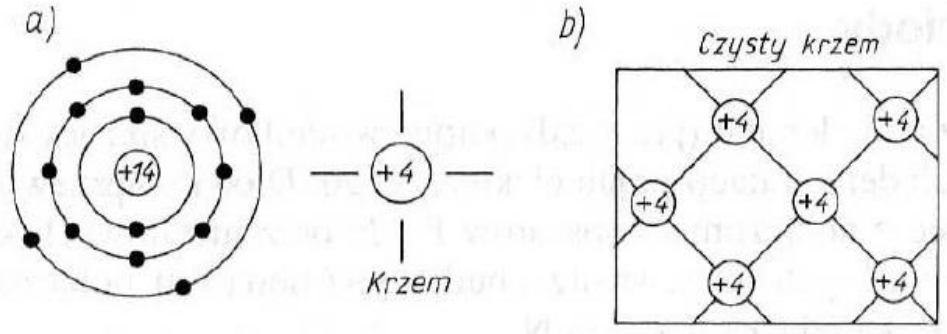
Materiały półprzewodnikowe

Charakteryzują się średnimi wartościami rezystywności, przy czym ta wielkość zależy od czynników zewnętrznych: temperatury, napięcia elektrycznego, oświetlenia lub natężenia pola magnetycznego. Zaliczamy do nich krzem, german. Ze wzrostem temperatury rezystywność półprzewodników w pewnych zakresach może rosnąć, w innych może maleć. Niektóre pierwiastki jak np. krzem, german, arsen, selen i tellur charakteryzują się pewnymi właściwościami zbliżonymi do metali. Materiały zawierające te pierwiastki lub ich związki mogą odznaczać się słabym przewodnictwem metalicznym (materiały węglowe, grafit). Inne z nich charakteryzują się przewodnictwem pośrednim pomiędzy metalami, a dielektrykami, silnie zależnym od czystości lub zawartości celowo wprowadzonych domieszek, i temperatury (półprzewodniki jak np. krzem, german lub np. arsenek galu GaAs). Z półprzewodników wykonywane są podzespoły półprzewodnikowe, które stanowią elementy bierne. Do nich należą: diody, diody Zenera, diody świecące (LED), fotorezystor, tranzystory, tyrystory, termistory, warystory, hallotrony.

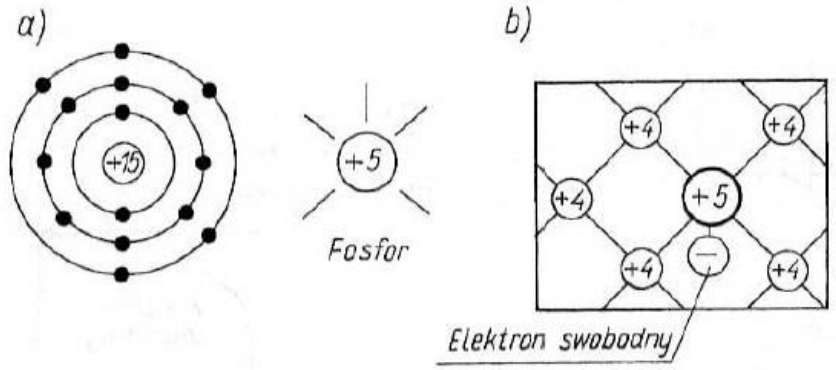
Półprzewodniki to materiały, które pod względem przewodnictwa elektrycznego zajmują miejsce pośrednie między metalami a izolatorami. Ich opór właściwy (rezystywność) zawiera się w granicach $0{,}0001 \div 10^7\ \Omega \cdot \mathrm{m}$ i szybko maleje wraz ze wzrostem temperatury.

Przykładami półprzewodników są takie pierwiastki, jak: german, krzem, tellur, selen, bor, a także niektóre związki chemiczne, jak: Cu_2O, PbTe, PbS.

Powszechnie stosowanym półprzewodnikiem jest **krzem** (Si). W strukturze krystalicznej tego pierwiastka poszczególne atomy tworzą wiązania regularne (rys. 5.1), tzn. nie występują w niej swobodne elektrony. Krzem nie może więc przewodzić prądu elektrycznego. Jeżeli w sieci krystalicznej krzemu znajdą się atomy o większej liczbie elektronów zewnętrznych (np. fosforu), to powstanie kryształ typu N (ang. słowo *negative* znaczy ujemny), w którym znajdą się elektrony swobodne (ładunki ujemne). Przedstawia to rysunek 5.2.



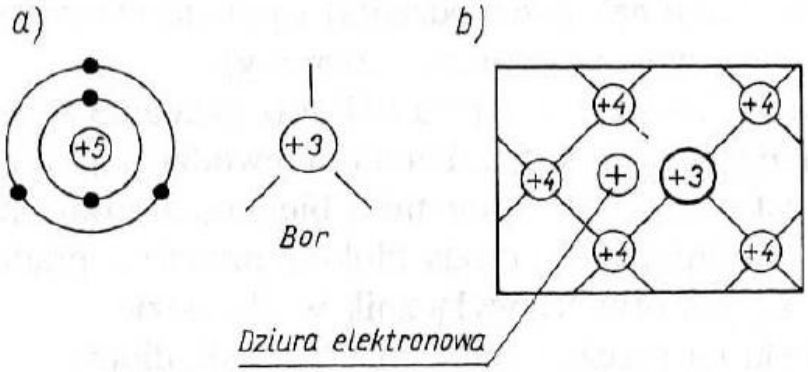
Rys. 5.1. Model atomu krzemu (*a*) i wycinek sieci krystalicznej krzemu (*b*) wg [20]



Rys. 5.2. Model atomu fosforu (*a*) i wycinek sieci krystalicznej krzemu z domieszką fosforu (*b*) wg [20]

Jeżeli w sieci krystalicznej krzemu znajdą się atomy o mniejszej liczbie elektronów zewnętrznych (np. boru), to powstanie kryształ typu P (angl. *positive* — dodatni), w którym utworzą się dziury elektronowe (ładunki dodatnie). Przedstawia to rysunek 5.3.

Przewodnictwo krzemu i germanu można wielokrotnie zwiększyć stosując domieszki odpowiednich pierwiastków.

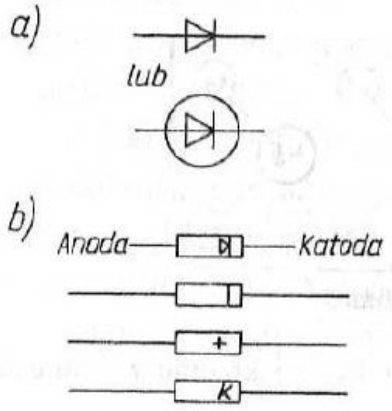


Rys. 5.3. Model atomu boru (*a*) i wycinek sieci krystalicznej krzemu z domieszką boru (*b*) wg [20]

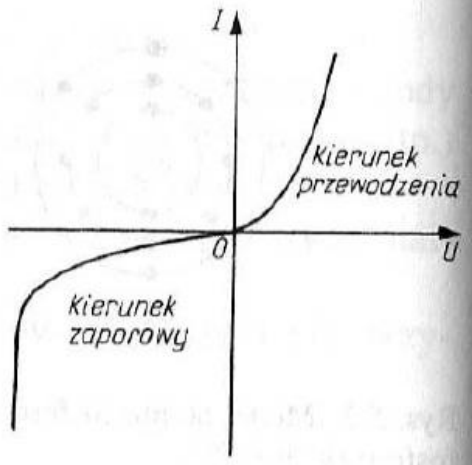
Diody

Dioda to element (przyrząd) półprzewodnikowy służący do prostowania lub demodulacji prądu elektrycznego. Dioda półprzewodnikowa składa się z połączonych obszarów P i N oraz metalowych końcówej wyprowadzonych na zewnątrz obudowy. Anoda jest połączona z obszarem P, katoda z obszarem N.

Symbol graficzny diody półprzewodnikowej oraz sposoby oznaczania katody przedstawia rys. 5.4.



Rys. 5.4. Dioda półprzewodnikowa: *a*) symbol ogólny; *b*) oznaczenia elektrod



Rys. 5.5. Charakterystyka diody półprzewodnikowej wg [6]

Dioda ma niesymetryczną charakterystykę (rys. 5.5). **Charakterystyką diody** nazywamy wykres płynącego przez nią prądu. Niesymetryczna charakterystyka umożliwia stosowanie diod w układach elektronicznych jako elementów, które łatwo przepuszczają prąd w jednym kierunku (kierunek przewodzenia) i prawie nie przepuszczają go w kierunku przeciwnym (kierunek zaporowy).

Zjawiska zachodzące w złączu PN oraz działanie zaporowe i przewodzenie przedstawia rys. 5.6. Dioda przewodzi prąd tylko wówczas, gdy anoda jest połączona z dodatnim biegunem źródła napięcia (rys. 5.6*c*). W przeciwnym razie dioda blokuje przepływ prądu (rys. 5.6*d*), zachowując się jak otwarty wyłącznik w obwodzie.

Ze względu na przeznaczenie rozróżnia się diody:

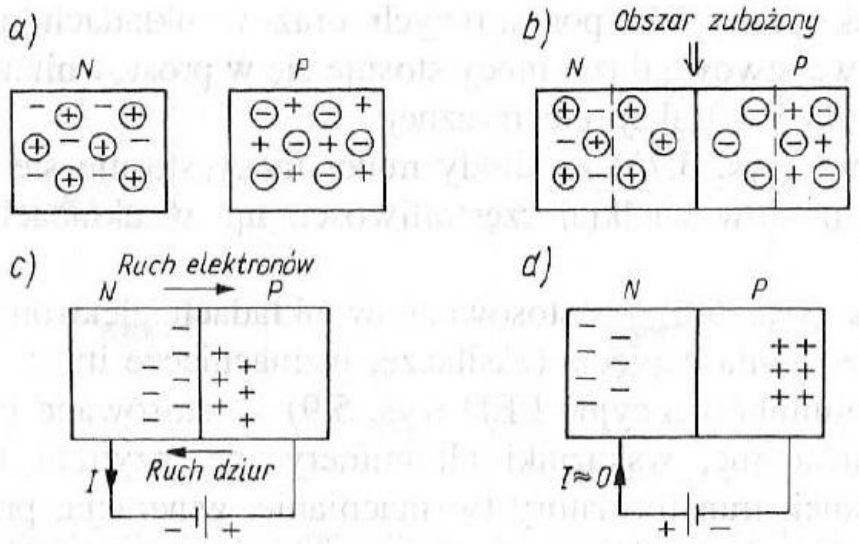
— warstwowe, zwane też złączowymi (rys. 5.7*a*) — diody warstwowe małej mocy stosuje się jako prostowniki w urządzeniach

teleelektrycznych i pomiarowych oraz w układach automatyki; diody warstwowe dużej mocy stosuje się w prostownikach, w elektrochemii i w trakcji elektrycznej;

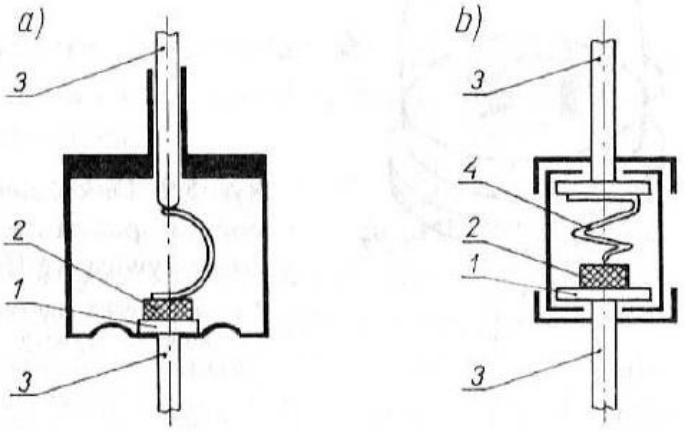
— ostrzowe (rys. 5.7*b*) — diody małej mocy stosuje się do prostowania prądów wielkiej częstotliwości, np. w układach pomiarowych;

— Zenera (rys. 5.8) — stosowane w układach elektronicznych do stabilizowania napięcia (zasilacze, wzmacniacze itp.);

— elektroluminescencyjne LED (rys. 5.9) — stosowane jako lampki sygnalizacyjne, wskaźniki alfanumeryczne, czytniki taśmy perforowanej, transformatory (wzmacnianie, generacja, przełączanie, formowanie sygnałów).

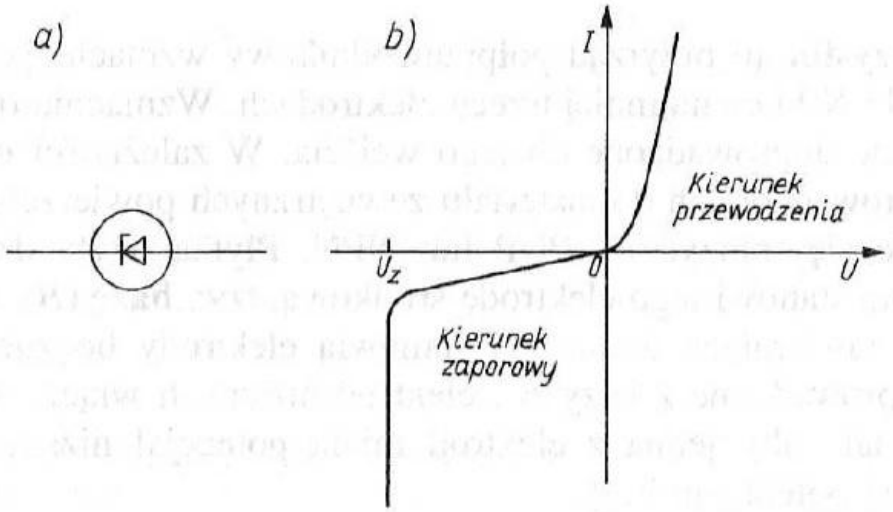


Rys. 5.6. Ilustracja zjawisk zachodzących w złączu PN wg [20]: *a*) półprzewodniki przed złączeniem; *b*) półprzewodniki po złączeniu; *c*) rozkład ładunków w stanie przewodzenia; *d*) rozkład ładunków w stanie zaporowym

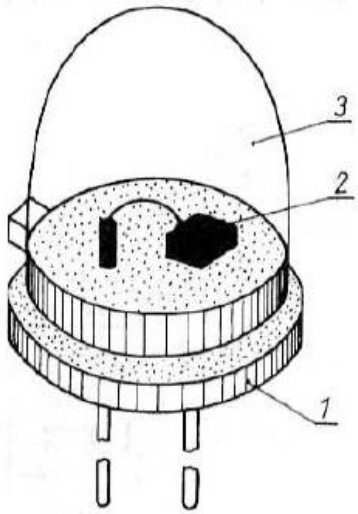


Rys. 5.7. Diody krystaliczne wg [9]: *a*) warstwowa; *b*) ostrzowa

1 — warstwa germanowa P, *2* — warstwa germanowa N, *3* — końcówki, *4* — elektroda ostrzowa (metalowa)



Rys. 5.8. Dioda Zenera wg [20]: *a*) symbol graficzny; *b*) charakterystyka przewodzenia prądu



Rys. 5.9. Dioda elektroluminescencyjna LED zamocowana na podstawce tranzystorowej i pokryta przezroczystą żywicą wg [6]

1 — podstawka tranzystorowa, *2* — kostka półprzewodnikowa, *3* — kopułka z żywicy

Dioda prostownicza krzemowa jest stosowana jako prostownik prądu przemiennego, w układzie mostkowym prądnicy prądu trójfazowego, do rozłączania obwodu elektrycznego, do ograniczenia napięcia wzbudzenia.

Dioda Zenera – w kierunku przewodzenia zachowuje się jak normalna dioda krzemowa. W kierunku zaporowym zamyka przepływ prądu aż do tzw. napięcia przebicia. Liczba napisana na diodzie Zenera oznacza napięcie przebicia. Jest stosowana w układach stabilizacji napięcia.

Dioda świecąca (LED) zachowuje się jak normalna dioda półprzewodnikowa. Napięcie przewodzenia diody Zendra wynosi ok. 1,6 do 4 V i zależy od koloru

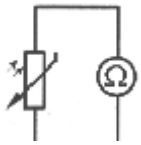
diody. Diod świecących nie wolno używać bez rezystora umieszczonego przed diodą.
Napięcie przewodzenia diod LED wynosi, dla diod o barwie:
- czerwonej ok. 1,6 V;
- pomarańczowej ok. 2,2 V;
- zielonej ok. 2,7 V;
- żółtej ok. 2,4 V;
- niebieskiej ok. 4,0 V.

Diody świecące wykonuje się z połączonych materiałów półprzewodnikowych jak: GaP – gal-fosfor, GaN – gal-azot, GaAsP – gal-arsen-fosfor
Diody świecące stosuje się jako próbnik kontrolny wyposażony w dwie diody świecące (LED). Próbnik ustala rodzaj napięcia, a przy napięciu stałym – biegunowość. Diody świecące są stosowane jako zapory świetlne w czujnikach mających nadajnik światła i światłoczuły odbiornik (np. ustalenie położenia zapłonu w stosunku do obrotu wału korbowego silnika). Bywają stosowane jako wyświetlacze siedmiosegmentowe.

W diodach dla prądu elektrycznego istnieje kierunek przewodzenia i kierunek zaporowy. Jeżeli strzałka w symbolu graficznym diody wskazuje umowny kierunek prądu, to dioda jest połączona w kierunku przewodzenia. W kierunku przewodzenia w diodzie powstaje napięcie ok. 0,7 V, które nazywa się napięciem progowym. W kierunku zaporowym napięcie nie może przekroczyć dopuszczalnej wartości, a w kierunku przewodzenia prąd nie może przekroczyć prądu dopuszczalnego. Praca diody w zbyt dużej temperaturze powoduje zniszczenie diody.
Sprawdzenie diody można dokonać miernikiem uniwersalnym rys.11. Należy zmierzyć rezystancję diody krzemowej w kierunku przewodzenia i zaporowym, wykorzystując różne zakresy pomiarowe.

Rys. 11. Sprawdzenia diody: z lewej – w kierunku przewodzenia, z prawej – zaporowym

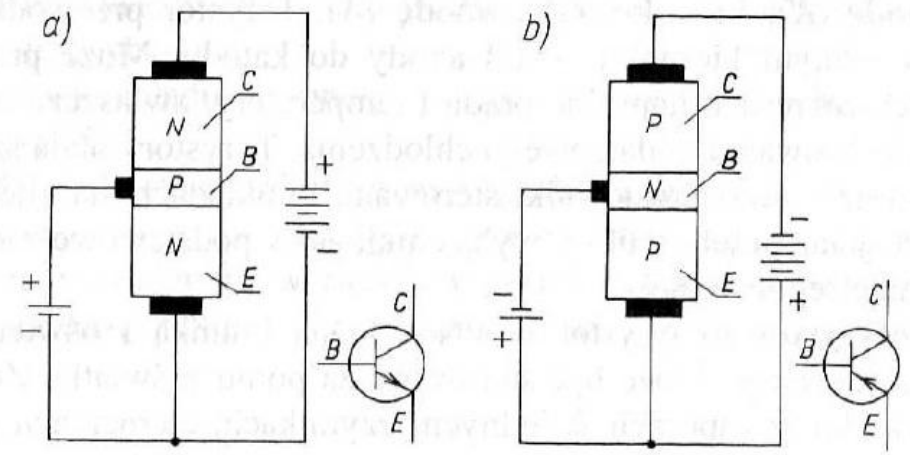
W fotorezystorze – ze wzrostem strumienia światła zmniejsza się rezystancja fotorezystora (LDR). Stosuje się w urządzeniach optycznych, układach zdalnego sterowania, w przetwornikach analogowo-cyfrowych, układach pomiarowych wymiarów liniowych itp.
Fotorezystor stosowany jest do:
- regulacji intensywności oświetlenia np. zestawu wskaźników,
- jako odbiornik w zaporze świetlnej np. w urządzeniu włączającym.



Rys. 18. Obwód z fotorezystorem LDR [4, s. 97]

Tranzystory i tyrystory

Tranzystor to przyrząd półprzewodnikowy wzmacniający, o złączach PN i NP i co najmniej trzech elektrodach. Wzmacnia on sygnały elektryczne doprowadzone do jego wejścia. W zależności od domieszek, wprowadzonych do materiału zewnętrznych powierzchni płytek, otrzymuje się tranzystory PNP lub NPN. Płytka użyta do budowy tranzystora stanowi jego elektrodę środkową, tzw. **bazę** (*B*), natomiast warstwy zawierające domieszki stanowią elektrody boczne. Między styki wyprowadzone z bazy *B* i elektrod bocznych włącza się źródło napięcia tak, aby jedna z elektrod miała potencjał niższy, a druga wyższy od potencjału bazy.



Rys. 5.10. Budowa i polaryzacja tranzystorów wg [20]: *a*) typu NPN; *b*) typu PNP

Elektroda boczna spolaryzowana w kierunku przewodzenia jest nazywana **emiterem** i oznaczana literą *E*. Natomiast elektroda spolaryzowana w kierunku zaporowym jest nazywana **kolektorem** i oznaczana literą *C*.

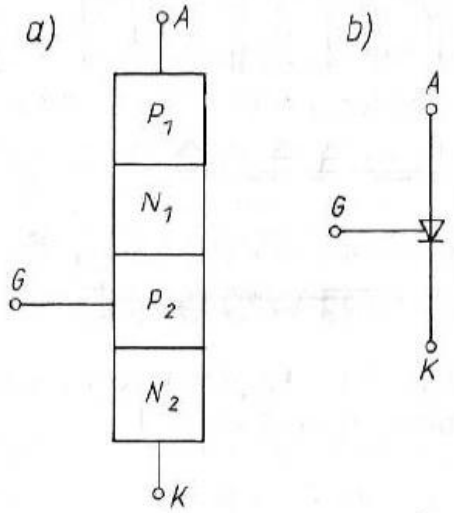
Ze względu na małe wymiary, trwałość, niezawodność, odporność na wstrząsy, małe napięcie zasilania i brak napięcia żarzenia tranzystory zastąpiły próżniowe lampy elektronowe.

Budowę i polaryzację tranzystorów przedstawia rys. 5.10.

W samochodach tranzystory stosuje się w układach przełączających prąd w obciążeniach indukcyjnych, takich jak: cewka zapłonowa, uzwojenie wzbudzenia alternatora lub cewki elektrozaworów.

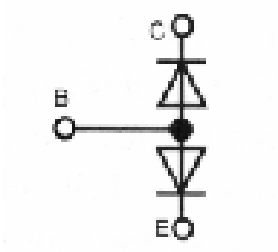
Tyrystor to przyrząd półprzewodnikowy (krzemowy) sterowany, o strukturze czterowarstwowej PNPN (rys. 5.11), mający trzy elektrody: **katodę** (*K*), **bramkę** (*G*) i **anodę** (*A*). Tyrystor przewodzi prąd tylko w jednym kierunku — od anody do katody. Może pracować w dużych zakresach napięcia, prądu i temperatury, zwłaszcza w przypadku zastosowania dodatkowego chłodzenia. Tyrystory mają szerokie zastosowanie: jako prostowniki sterowane w układach stabilizatorów napięcia, jako przełączniki i wyłączniki, jako podstawowe elementy w technice regulacyjnej.

Fototyrystor to tyrystor PNPN z jedną bramką i oświetleniem jednego ze złączy. Może być sterowany za pomocą światła. Znajduje zastosowanie w zaporach świetlnych, czytnikach, elementach logicznych, urządzeniach liczących.

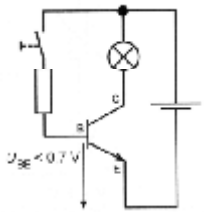


Rys. 5.11. Tyrystor wg [20]: *a*) schemat zastępczy; *b*) symbol graficzny

Tranzystor składa się z trzech warstw półprzewodnikowych. Kiedy dwie warstwy n rozdzielone są warstwą p, mamy do czynienia z tranzystorem n-p-n. Kiedy dwie warstwy p rozdzielone są warstwą n, mamy do czynienia z tranzystorem p-n-p. Przez zmianę prądu bazy można prąd kolektor-emiter osłabić, wzmocnić, włączyć albo wyłączyć.
Tranzystor może działać jako wzmacniacz lub zestyk. Przez zmianę prądu bazy można prąd kolektor emiter wzmocnić, osłabić, włączyć albo wyłączyć. Rysunek 14 przedstawia schemat układu połączeń tranzystora pracującego jako otwarty zestyk.

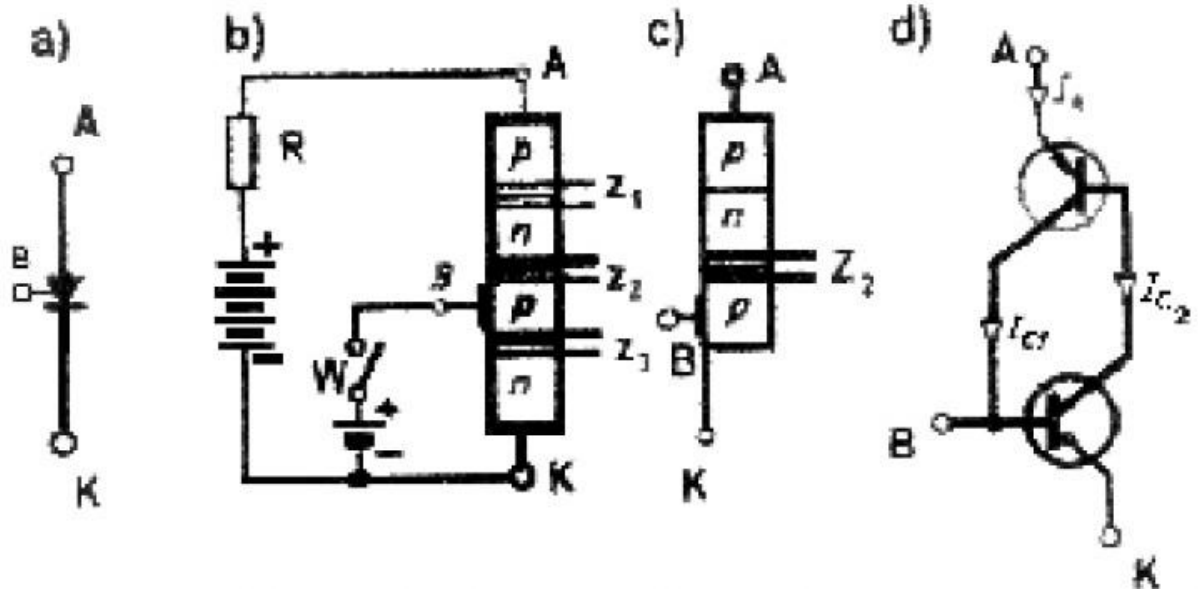


Rys. 10. Diody połączone szeregowo obrazują pracę tranzystora



Rys. 14. Schemat układu połączeń tranzystora pracującego jako otwarty zestyk

Tyrystor nazywamy jest także krzemowym prostownikiem sterowanym. Jest to element półprzewodnikowy krzemowy o strukturze czterowarstwowej p-n-p-n. Końcówki przyłączone są do warstw zewnętrznych p i n, stanowią anodę i katodę, a końcówka przyłączona do warstwy p stanowi elektrodę sterującą, zwanej bramką.



Rys. 15. Tyrystor : a) symbol graficzny, b) struktura czterowarstwowa, c) schemat zastępczy, d) analogia dwutranzystorowa

Zasadę działania tyrystora o strukturze czterowarstwowej p-n-p-n można wyjaśnić poprzez zastosowanie analogii z dwoma tranzystorami p-np oraz n-pn (jak na rys. 15d). Gdy do tyrystora doprowadzone jest napięcie polaryzujące dodatnio anodę względem katody, zewnętrzne złącza z1 i z3 są spolaryzowane w kierunku przewodzenia, złącze z2 jest spolaryzowane zaporowo.

Termistor jest elementem półprzewodnikowym o bardzo dużym ujemnym współczynniku temperaturowym. Najczęściej jest wykonany z półprzewodników samoistnych stanowiących mieszaniny tlenków różnych metali (żelaza, niklu, manganu). Wytwarzane są w postaci krążków, prętów lub płytek o różnych wymiarach geometrycznych. Jest stosowany jako przetwornik termoelektryczny w układach do pomiaru i regulacji temperatury.

Warystor – zwany także rezystorem nieliniowym. W celu otrzymania stałego napięcia, niezależnie od napięcia zasilającego stosuje się podwójną diodę Zenera nazywaną warystorem. Jest elementem półprzewodnikowym o rezystancji zależnej od przyłożonego napięcia. Wykonuje się go z ziarenek węglika krzemu (SiC), z odpowiednimi domieszkami lub z wielokrystalicznego proszku ZnO lub SiC, który po dodaniu spoiwa jest prasowany i spiekany. Jest stosowany do ochrony urządzeń elektrycznych przed przepięciami, do stabilizacji napięcia.

Hallotron jest elementem półprzewodnikowym, którego działanie opiera się na zjawisku Halla. Wykonuje się go z antymonku indu i arsenku indu (InSb i InAs). Zasadniczą częścią hallotronu jest cienka prostopadłościenna płytka półprzewodnikowa, wzdłuż której płynie prąd, zwany prądem sterującym. Stosuje się w czujnikach odległości, kąta i położenia.

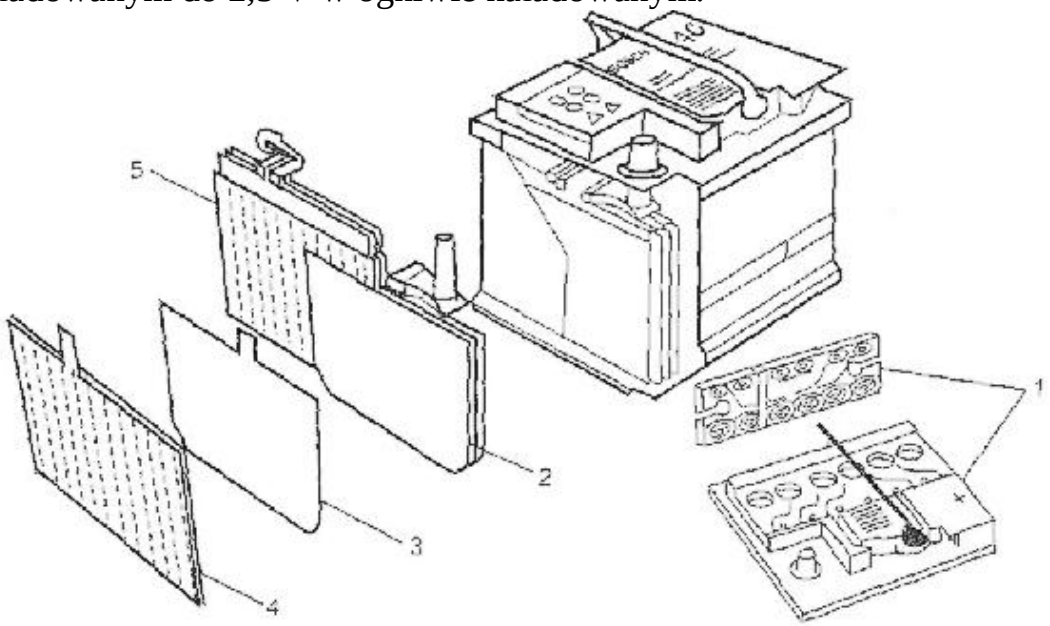
Cewka indukcyjna wykonana jest z przewodu elektrycznego (najczęściej z miedzi). Cewek indukcyjnych używa się jako części składowych filtrów elektrycznych i obwodów drgających oraz do zwiększenia indukcyjności obwodów elektrycznych. Rozróżnia się cewki indukcyjne jedno- i wielowarstwowe, z rdzeniami ferromagnetycznymi lub bez nich. Transformator składa się z dwóch sprężonych indukcyjnie cewek elektrycznych.

Kondensatorem nazywa się układ składający się z dwóch przewodników (okładzin) rozdzielonych warstwą – dielektrykiem. Na jednej okładzinie gromadzi się ładunek dodatni, na drugiej ujemny. Rozróżnia się kilka typów kondensatorów różniące się metodą wykonania, kształtem i zastosowaniem. Są to kondensatory napowietrzne stosowane do strojenia radioodbiorników, papierowe (zwijkowe) – okładziny z folii aluminiowej zwiniętej w rulon, tworzyw sztucznych (warstwa dielektryka z tworzywa sztucznego, elektrody z folii metalowej), ceramiczne budowane z jednej lub wielu płytek ceramicznych, których głównym składnikiem jest dwutlenek tytanu, mikowe – zwykle napylone po obu stronach płytki mikowej warstwami srebra, elektrolityczne stosowane jako: aluminiowe mokre (separatorem jest papier nasączony elektrolitem z kwasu borowego, glikolu i rozpuszczalnika), aluminiowe suche (separatorem jest włókno szklane pokryte dwutlenkiem manganu), tantalowe (anoda z tantalu, dielektrykiem jest tlenek tantalu Ta2O5, a elektrolitem dwutlenek manganu, katoda – warstwa srebrnej farby).

Budowa i parametry akumulatora

Zadaniem układu zasilania (nazywanego czasem układem ładowania) jest zasilanie odbiorników elektrycznych w przypadku, gdy silnik spalinowy pracuje (prąd oddaje prądnica) lub gdy nie pracuje (prąd jest czerpany z akumulatora).

Samochodowy akumulator zbudowany jest z kilku (najczęściej sześciu) ogniw połączonych szeregowo. Każde ogniwo składa się z zestawu dwóch zespołów płyt (elektrod) oraz naczynia z elektrolitem - rozcieńczonym kwasem siarkowym. Płyty akumulatorowe wykonane są z ołowiu w postaci kratek i wypełnione tzw. masą czynną. W płytach, które pracują jako biegun dodatni akumulatora masę czynną stanowi dwutlenek ołowiu PbO2 w postaci pasty, natomiast w płytach, które mają być biegunem ujemnym masą czynną jest ołów gąbczasty. Taki sposób wykonania płyt (elektrod) i umieszczenie ich zanurzonych w elektrolicie powoduje, że różnica potencjałów pomiędzy płytami waha się od 1,75 V w ogniwie wyładowanym do 2,5 V w ogniwie naładowanym.



Rys. 1. Budowa akumulatora: 1 – pokrywa kompletna, 2 – zestaw płyt ujemnych, 3 – płyta ujemna (kratka z naniesioną masą czynną), 4 – płyta dodatnia, 5 – zestaw płyt dodatnich

Elektrolit do akumulatorów ołowiowych tworzy roztwór kwasu siarkowego z wodą destylowaną o gęstości od 1,265 do 1,28 g/cm3 w stanie naładowanym. Płyty o tej samej biegunowości łączy się ze sobą ołowianym mostkiem w zespół płyt. Z mostka jest wyprowadzona końcówka ogniwa, zwana trzpieniem biegunowym, która służy do łączenia akumulatora z obwodem zewnętrznym. Zestaw płyt ujemnych posiada o jedną płytę więcej niż odpowiadający mu zespół płyt dodatnich. Jest to spowodowane zjawiskiem wyboczania się płyt dodatnich podczas obciążenia jednostronnego. Między płytami o przeciwnej biegunowości umieszczone są przekładki międzypłytowe zwane separatorami, mające właściwości izolacyjne, lecz zapewniają swobodną wędrówkę i wymianę elektrolitu.

Separatory mają postać listkową lub kopertową (polichlorek winylu), ponadto są używane przekładki mikroporowate papierowe nasycone żywicą syntetyczną. Obudowa akumulatora, nazywana często blokiem, podzielona jest na komory (cele). Do ich wykonania stosowane są tworzywa sztuczne o właściwościach kwasoodpornych i izolujących. Akumulatory powinny być zabezpieczone przed wylaniem elektrolitu. Poszczególne cele akumulatora są szczelnie zamknięte pokrywą (wieczkiem). Wieczko posiada specjalne otwory na bieguny akumulatora oraz może mieć gwintowane otwory (zamykane korkami) do napełniania ogniw elektrolitem. Akumulatory ołowiowe powinny mieć: szeroki temperaturowy zakres pracy (-30 ^{o}C do +85 ^{o}C), wysoką odporność na długotrwałe obciążenia, wstrząsy i uszkodzenia mechaniczne, wycieki oraz samorozładowanie. Powinny także nadawać się do powtórnego przetworzenia (recycling).

Akumulator nie wytwarza energii elektrycznej, lecz ją magazynuje. Energia elektryczna z obcego źródła doprowadzona do akumulatora zostaje w nim przetworzona na energię chemiczną. Proces ten nazywamy ładowaniem i opisuje go równanie:

$$\mathbf{PbSO_4 + 2H_2O + PbSO_4 \rightarrow PbO_2 + 2\,H_2SO_4 + Pb}$$

płyta „+" woda płyta „-" płyta „+" elektrolit płyta „-"

Zgromadzona energia chemiczna w każdej chwili może zostać zamieniona z powrotem w energię elektryczną. Przemiana ta nazywana jest wyładowaniem i opisuje ją następująca reakcja chemiczna:

$$\mathbf{PbO_2 + 2\,H_2SO_4 + Pb \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O + PbSO_4}$$

płyta „+" elektrolit płyta „-" płyta „+" woda płyta „-"

Parametry akumulatora

Napięcie znamionowe – jest to napięcie między biegunami akumulatora, czyli iloczyn napięcia znamionowego ogniwa i liczby ogniw połączonych szeregowo. Dla pojazdów osobowych akumulatory posiadają napięcie 12 V.

Maksymalne napięcie pracy (ładowania) – wartość napięcia między biegunami sprawnego akumulatora mierzona zaraz po zakończeniu ładowania (około 13,2 V dla akumulatora 12 V).

Minimalne napięcie pracy (wyładowania) – najniższa wartość napięcia, do którego można wyładować akumulator, bez obawy o jego trwałe uszkodzenie (około 10,5 V).

Napięcie ładowania – napięcie doprowadzone do akumulatora z prostownika podczas ładowania.

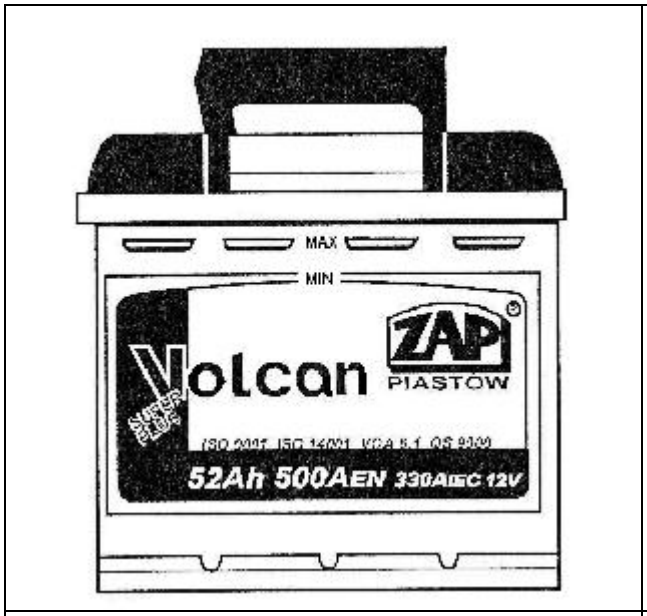
Pojemność znamionowa – ilość ładunku elektrycznego podana w Ah, którą sprawny i naładowany akumulator może oddać do chwili wyładowania (10,5 V). Potocznie nazywana pojemnością dwudziestogodzinną i oznaczana symbolem Q20.

Prąd znamionowy (Izn) – prąd, który można pobrać ze sprawnego i naładowanego akumulatora w ciągu 20 godzin aż do stanu wyładowania.

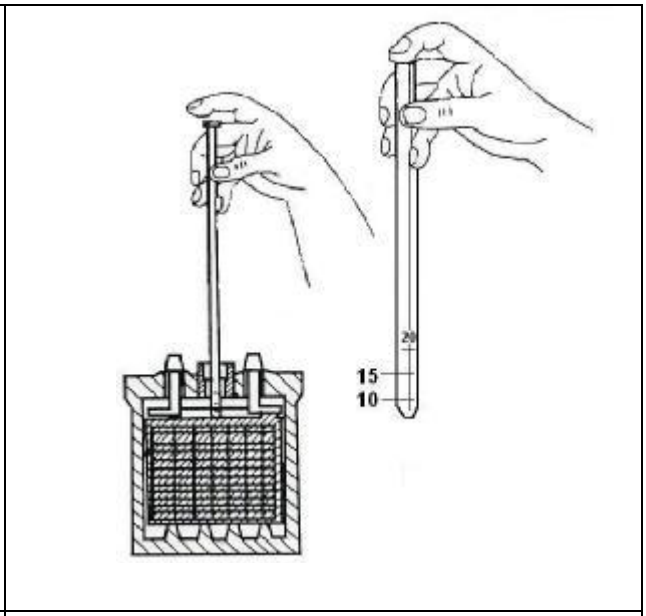
Prąd ładowania (Iład) – prąd zastosowany do ładowania akumulatora, określony ułamkiem pojemności dwudziestogodzinnej.
Prąd zimnego rozruchu (IZR) – prąd, który można pobrać z akumulatora oziębionego do -18°C ciągle, aż do zmniejszenia się napięcia akumulatora do pewnej wartości. Wartości te są zróżnicowane w różnych normach (DIN, SAE, EN).
Gęstość elektrolitu – umożliwia szybką ocenę stanu naładowania akumulatora. Pomiar należy przeprowadzić po 30 minutach od zakończenia pracy lub ładowania albo po 24 h, jeżeli był uzupełniany poziom elektrolitu.

Obsługa i konserwacja akumulatora

Poziom elektrolitu w akumulatorze określamy na podstawie jego ilości w poszczególnych celach. W większości współczesnych akumulatorów poziom elektrolitu jest widoczny z zewnątrz i powinien zawierać się między znakami **min** i **max** na obudowie.



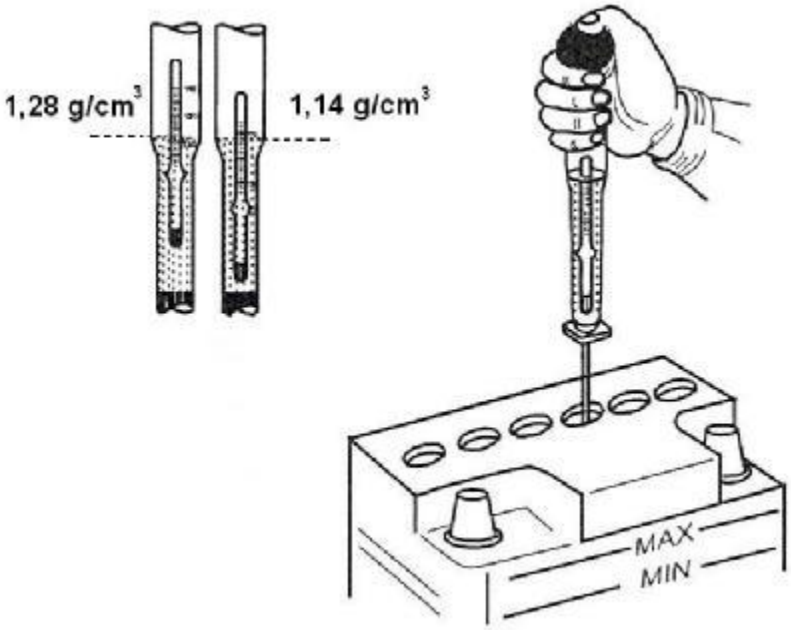
Rys. 2. Znaki na obudowie akumulatora



Rys. 3. Pomiar poziomu elektrolitu

W przypadku akumulatorów o nieprzezroczystych ściankach obudowy, do sprawdzenia poziomu elektrolitu należy użyć szklanej rurki z naniesioną podziałką milimetrową. Poziom elektrolitu powinien znajdować się do 10 do 15 mm powyżej górnej krawędzi płyt.

Stan naładowania akumulatora można ocenić poprzez pomiar gęstości elektrolitu areometrem lub refraktometrem. Areometr jest to szklana rurka, od dołu zakończona gumową, wąską końcówką, a od góry gumową gruszką. Wewnątrz rurki jest umieszczony wyskalowany w g/cm3 pływak. Dla ułatwienia odczytu podziałka pływaka bywa zabarwiona na różne kolory, które określają stan akumulatora.



Rys. 4. Pomiar gęstości elektrolitu areometrem

Bezpośredniego pomiaru gęstości elektrolitu możemy także dokonać refraktometrem. W tym celu należy nanieść pipetą kroplę elektrolitu na szklany pryzmat i opuścić wieczko przyrządu. Następnie obserwujemy w okularze poziom granicy światła, który określa gęstość elektrolitu.

Rys. 5. Refraktometr - odczyt gęstości w okularze

Pomiar stanu sprawności akumulatora

Do określenia stanu akumulatora niezbędna jest informacja o wartości napięcia akumulatora pod obciążeniem. Możemy takiego pomiaru dokonać woltomierzem widełkowym, pamiętając o odpowiednim doborze rezystora obciążającego. Wynik pomiaru odczytujmy na podziałkach wyskalowanych w woltach lub w procentach. Próba pod obciążeniem nie powinna trwać dłużej niż 30 s. Warunkiem prawidłowości pomiaru jest stopień naładowania akumulatora (min 50 % - mierzony areometrem) i właściwa temperatura elektrolitu w granicach 15-30 °C.

Rys. 6. Widełkowy próbnik akumulatora

Nowoczesne testery akumulatorów wykorzystują metodę konduktancyjną, która umożliwia wiarygodny pomiar akumulatora podczas normalnego użytkowania w pojeździe, w chwili rozruchu a także na stanowisku pomiarowym. Niektóre elektroniczne testery umożliwiają pomiar sprawności całego układu akumulator – rozrusznik – alternator. Po wyborze odpowiednich nastaw, określających parametry akumulatora, wynik pomiaru odczytujemy na ciekłokrystalicznym wyświetlaczu. Dodatkowo istnieje możliwość wydruku raportu wszystkich parametrów badanego akumulatora.

Sposoby ładowania akumulatorów

Akumulatory mogą być ładowane na trzy sposoby:

a) przy stałej wartości napięcia (taką metodą jest ładowany akumulator w pojeździe) – doprowadzamy do akumulatora od 14 do 15 V, w trakcie ładowania prąd samoczynnie maleje,

b) przy stałej wartości prądu, przy czym rozróżniamy:

– ładowanie jednostopniowe, gdzie ustalamy stałą wartość prądu $I_{ład}$ = 0,1 Q20 (np. dla akumulatora o pojemności znamionowej 60 Ah prąd ładowania wynosi 6 A),

– ładowanie dwustopniowe, gdzie ustalamy stałe wartości prądu ładowania dla dwóch faz:

- w pierwszej fazie $I_{ład}$ = 0,1 Q20 (do początku gazowania),
- w drugiej fazie $I_{ład}$ = 0,05 Q20 (do pełnego naładowania).

c) przy stałej wartości prądu i napięcia – rozróżniamy tu dwie fazy:

– pierwsza faza - ładowanie stałą wartością prądu, np. $I_{ład}$ = 0,05 Q20 (do początku gazowania),

– druga faza – ładowanie stałym napięciem w granicach 2,4 do 2,45 V/ogniwo, aż do czasu pełnego naładowania.

Rodzaje ładowania

a) doładowanie – uzupełnienie ładunku elektrycznego w akumulatorze, może być przeprowadzone każdym z trzech sposobów ładowania,

b) podładowanie – przyspieszone doładowanie akumulatora przeprowadzane w stanach awaryjnych. W ten sposób można dostarczyć w krótkim czasie akumulatorowi około 50% ładunku elektrycznego potrzebnego do pełnego naładowania. Akumulator można podładować:

– jednostopniowo, gdzie ustalona jest stała wartość napięcia 2,4 do 2,45 V/ogniwo (prąd ładowania zmienia swą wartość od 0,9 Q20 do 1…2 A),

– dwustopniowo: najpierw prądem o maksymalnej wartości $I_{ład}$ = 0,8 Q20 (do początku gazowania), a następnie prądem $I_{ład}$ = 0,1 Q20 (do pełnego naładowania),

c) ładowanie wyrównawcze – ma na celu wyrównanie stanu naładowania wszystkich ogniw akumulatora. Przebiega ono przy stałej wartości prądu ładowania $I_{ład}$ = 0,05 Q20,

d) ładowanie odsiarczające – przeprowadza się przy stałej, niewielkiej wartości prądu $I_{ład}$ = 0,02…0,05 Q20 do oznak całkowitego naładowania. Po ładowaniu przez około 12 godzin następuje 2-godzinna przerwa. Następnie badany jest stan naładowania akumulatora, jeżeli wynosi on minimum 70% przeprowadzić należy doładowanie, jeżeli nie, ładowanie odsiarczające należy powtórzyć z kilkakrotną wymianą elektrolitu na wodę destylowaną. Końcowe ładowanie należy przeprowadzić po napełnieniu akumulatora elektrolitem o gęstości 1,26 g/cm3.