

## Baterie słoneczne w praktyce

Krzemowe baterie słoneczne już od lat stosowane są w satelitach do zasilania w energię elektryczną. Charakteryzuje je wysoki stopień niezawodności. Są łatwym w transporcie urządzeniem do produkcji ekologicznej energii, charakteryzującym się stosunkowo dużą sprawnością i długą żywotnością.

W ostatnich latach silnie zwiększyło się także wykorzystanie baterii słonecznych na Ziemi. Można je wykorzystywać do zasilania w prąd obiektów i urządzeń elektrycznych znajdujących się w miejscach oddalonych od dużych aglomeracji. Baterie słoneczne doskonale sprawdzają się wszędzie tam, gdzie nieekonomiczne lub technicznie niemożliwe jest wykorzystanie dotychczasowych systemów zasilania. Rośnie także popyt na generatory słoneczne w różnych dziedzinach życia. Są one wykorzystywane np. w radiach tranzystorowych, zegarkach elektronicznych, radiotelefonach, obiektach zasilania w energię elektryczną domków letniskowych, kempingów, altan ogrodowych, samochodów kempingowych, żaglówek, obiektów kolejowych i drogowych itp.

Struktura powierzchniowa poszczególnych ogniw słonecznych (w zależności od producenta), a także różnice w kolorach baterii wynikają z procesu produkcji i nie wykazują żadnego wpływu na ich działanie. Różnice wynikają z zastosowania nowoczesnej technologii produkcji (materiał półkryształiczny, który widać na powierzchni baterii).

W celu ułatwienia korzystania z ogniw słonecznych ich tylną stronę oraz zewnętrzne warstwy segmentów na przedniej stronie poddaje się procesowi cynowania. Umożliwia to łatwiejsze lutowanie baterii oraz jej wzmocnienie, a tym samym zmniejszenie jej łamliwości.

Ewentualne pęknięcia wierzchniej warstwy nie mają wpływu na działanie i sprawność ogniwa.

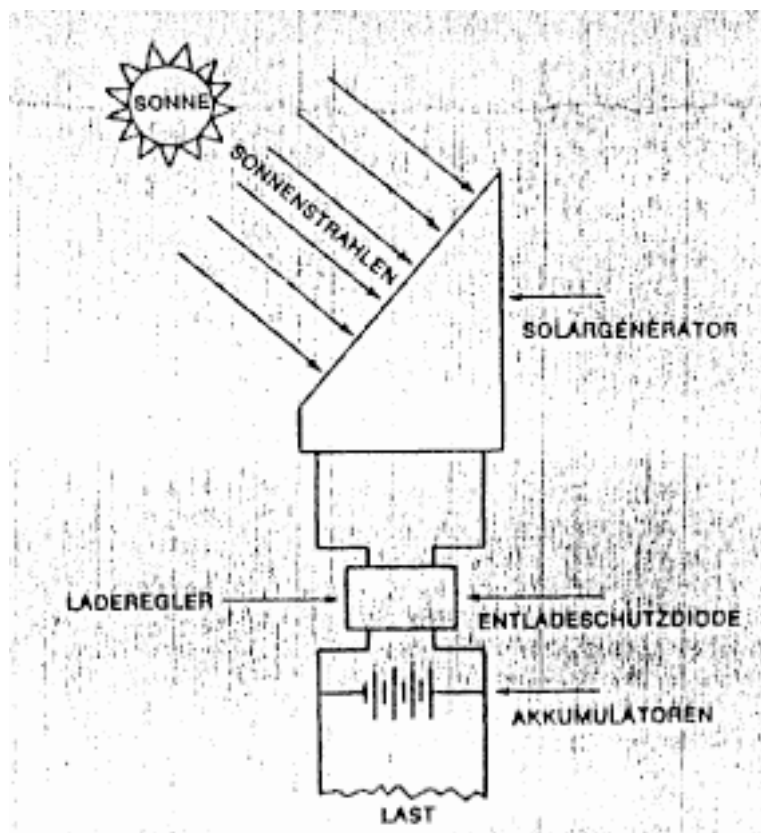
Aby zwiększyć podatność nieocynowanych ogniw na lutowanie, sensowne jest niekiedy zeszkrobanie napyłonej, niepodatnej na lutowanie warstwy w miejscu przeznaczonym do lutowania. **Uwaga!** Nie wywierać silnego nacisku na ogniwo, ponieważ można je łatwo połamać.

Schemat: Prezentacja systemu generatora słonecznego służącego do przetwarzania energii słonecznej w prąd elektryczny w połączeniu z akumulatorami o możliwości wielokrotnego ładowania.



Tylna strona  
Podłączenie dla bieguna  
„+”

Podłączenie dla bieguna „-” na światłoczułej stronie ogniwa.



[SONNE]	słońce
[SONNENSTRAHLEN]	promienie słoneczne
[SOLARGENERATOR]	generator słoneczny
[LADEREGLER]	regulator ładowania
[ENTLADESCHÜTZDIODE]	dioda zabezpieczająca przed rozładowaniem
[AKKUMULATOREN]	akumulatory
[LAST]	obciążenie

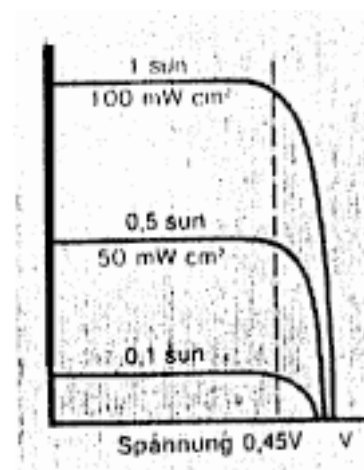
Nieobciążone ogniwo słoneczne dostarcza napięcie o maksymalnej wartości ok. 0,55 V, które przy obciążeniu ogniwa spada do 0,35 V. Maksymalną moc ogniwa uzyskuje się przy 0,45 V.

W celu uzyskania napięcia koniecznego do zastosowania w praktyce należy połączyć kilka ogniw (rys. 1). Napięcie zostanie określone przez liczbę ogniw, a prąd przez wielkość zastosowanych ogniw słonecznych.

### Charakterystyka prądowo-napięciowa

Szczególnie duże znaczenie dla użytkownika ma napięcie jałowe ( $V_{oc}$ ) oraz prąd przy napięciu nominalnym (0,45 V) przy minimum power point (minimalnym punkcie zasilania). Przedstawiona na schemacie rodzina charakterystyk prezentuje typowe zachowanie ogniwa słonecznego przy różnym natężeniu światła.

Stopień wydajności ogniwa słonecznego stanowi miarę, która podaje, jaki procent pochłoniętego promieniowania ( $1000 \text{ W m}^{-2}$  przy pełnym nasłonecznieniu w warunkach bezchmurnego nieba) zostaje przekształconych w energię elektryczną.



[sun]	jednostka nasłonecznienia
[Spännung]	napięcie

W przypadku ogniw słonecznych pewien wpływ na ich sprawność odgrywa także temperatura otoczenia. Większość podawanych parametrów technicznych ogniwa odnosi się do temperatury koloru 2800 K, natężenia promieniowania w warunkach bezchmurnego nieba, prostopadle padających promieni słonecznych oraz temp. ok. 25°C.

Poniższe wielkości przedstawiają zmianę sprawności ogniwa w różnych temperaturach.

2 x 76 mm O / ok. 550 mA

Napięcie	wzrasta / spada o 2 mV/°C	poniżej / powyżej 25°C
Prąd	wzrasta / spada o 2 μA/cm <sup>2</sup> /°C	poniżej / powyżej 25°C
Sprawność	wzrasta / spada o 0,3 %/°C	poniżej / powyżej 25°C

Praca ogniw słonecznych może odbywać się w zakresie temperatur od -65°C do +125°C.

W praktyce ogniwa słoneczne napędzane są w połączeniu z akumulatorami niklowo-kadmowymi lub ołowiowymi. Umożliwia to uniezależnienie się od wahań światła podczas dnia oraz dostępność prądu także w godzinach nocnych i podczas złej pogody. Na jeden akumulator ołowiowy (2V) przypada 6 ogniw słonecznych. W przypadku korzystania z akumulatorów NiCd (1,2V) należy zastosować 4 – 5 ogniw. Dodatkowo konieczne są 1 – 2 ogniwa służące do wyrównywania spadku napięcia na diodzie zabezpieczającej przed rozładowaniem. Jej zadaniem jest zapobieganie rozładowaniu akumulatorów przez ogniwa słoneczne w ciemności.

#### Liczba ogniw słonecznych przypadających na akumulatory

1 akumulator NiCd	5 ogniw słonecznych
2 akumulatory NiCd	8 ogniw słonecznych
3 akumulatory NiCd	12 ogniw słonecznych
4 akumulatory NiCd	16 ogniw słonecznych
5 akumulatorów NiCd	20 ogniw słonecznych
6 akumulatorów NiCd	24 ogniwa słoneczne
10 akumulatorów NiCd	32 ogniwa słoneczne
akumulator ołowiowy 6 V	1 ogniwo słoneczne
akumulator ołowiowy 12 V	36 ogniw słonecznych

Jeżeli ładowanie akumulatorów ma następować także przy złych warunkach oświetleniowych, to należy znacznie zwiększyć liczbę ogniw słonecznych.

#### Prąd uzyskany przy bezpośrednio padających promieniach słonecznych w lecie

Wymiary ogniw słonecznych

5 x 2,5 mm	ok. 2 mA
10 x 5 mm	ok. 10 mA
20 x 10 mm	ok. 40 mA
20 x 17 mm	ok. 85 mA

25 x 25 mm	ok. 100 mA
50 x 25 mm	ok. 200 mA
50 x 50 mm	ok. 440 mA
70 x 70 mm	ok. 1,2 A

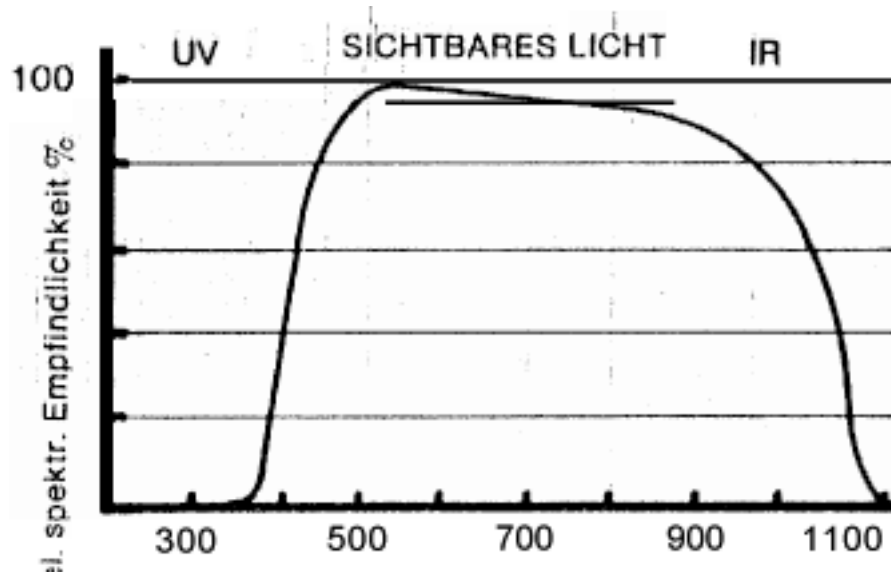
1/1 x 50 mm O / ok. 400 mA
1/2 x 50 mm O / ok. 200 mA
1/4 x 50 mm O / ok. 100 mA
1/8 x 50 mm O / ok. 50 mA
1/4 x 76 mm O / ok. 280 mA
1
1/1 x 76 mm O / ok. 1,2 A
1/1 x 100 mm O / ok. 2,1 A
1/4 x 100 mm O / ok. 500 mA

Do połączenia poszczególnych ogniw słonecznych można użyć miękkiego posrebrzanego drutu miedzianego o średnicy 0,2 mm. Najlepiej nadają się jednak do tego miękkie pasy miedziane o szerokości 1 – 4 mm i grubości 0,1 – 0,2 mm lub splotka płaska.

W przypadku standardowych ogniw słonecznych przyłącz ujemny umieszczony jest na światłoczułej stronie ogniwa. Przyłącz dodatni znajduje się na stronie dolnej.

#### Zakres absorbowanego pasma

Światło słoneczne składa się z fal o różnych barwach. Kolor i względna moc każdej barwy światła określana jest przez długość fali. Poniższy wykres przedstawia czułość (absorpcję) typowego ogniwa słonecznego na fale o poszczególnych długościach.



[SIGHTBARES LICHT]	światło widoczne
[rel. spektr. Empfindlichkeit %]	względna czułość spektralna %
[Wellenlänge, Nanometer]	długość fali, nanometr
[SPEKTRALE EMPFINDLICHKEIT]	zakres absorbowanego pasma
[terrestrischer Solarex Solarzellen]	naziemne ogniwa słoneczne Solarex

### Lutowanie ogniw słonecznych

Należy unikać zadrapań strony światłoczułej. Ogniwo słoneczne jest także wrażliwe na zbyt wysoką temperaturę lutowania. W związku z tym nie powinno się przekraczać 250°C, a sam proces lutowania nie powinien trwać dłużej niż 5 – 10 sek. – prace wykonuje się bezpośrednio na kryształach półprzewodników. Do lutowania należy używać lutownicy o dużej mocy, przynajmniej 50 W. Jeżeli lutowanie wykonuje się na powierzchni niezdrapanej, to proces można powtórzyć po upływie krótkiego czasu chłodzenia. W celu uniknięcia spięć na złączach P-N należy unikać przedostawania się cyny lutowniczej na boczne płaszczyzny ogniwa. Najlepsze wyniki można uzyskać dzięki wcześniejszemu ocynowaniu miejsca na ogniwie, w którym ma być przyłutowany drut łączący.

Dobrze ocynowany drut łączący należy ostrożnie przytknąć kolbą lutującą do ogniwa i poczekać, aż cyna zacznie się zlewać. Czynność należy wykonać szybko, ponieważ delikatny metal w miejscu styku rozpuszcza się w płynnej cynie. Jako podkładka do lutowania ogniw słonecznych najlepiej sprawdziła się gładka i czysta płyta drewniana oraz papa.

Podczas lutowania nie wolno naciskać kolbą na ogniwo słoneczne, ponieważ krzem jest bardzo delikatnym surowcem, który łatwo się kruszy. Pęknięta bateria słoneczna nadal nadaje się do użytku, ale wykazuje mniejszą sprawność. Przyłutowanych drutów nie należy narażać na obciążenia mechaniczne. Diody zabezpieczające przed rozładowaniem zaopatrzone są często w twarde druty, w związku z tym nie należy ich lutować bezpośrednio do ogniwa słonecznego.

Ogniwa słoneczne można dowolnie łączyć szeregowo lub równolegle tak, aby uzyskać odpowiednie napięcie wyjściowe lub prąd o odpowiednim natężeniu. Połączenia szeregowo i równoległe można wykonywać wyłącznie przy użyciu ogniw o jednakowej wielkości (rys. 1, rys. 5).

### Sterowanie uzależnione od światła bez zastosowania akumulatorów

W ostatnim czasie coraz bardziej zwiększała się sprawność ogniw słonecznych, poprawiały się techniki ich produkcji. Ogniwa stawały się coraz lżejsze i tańsze. W wielu przypadkach można było całkowicie zrezygnować z typowych baterii na korzyść baterii słonecznych – mogły one dostarczać niezbędnej energii elektrycznej potrzebnej do napędzania urządzeń na pokładach satelitów.

Badania takie otworzyły drzwi do nieograniczonego potencjału użytkowania technologii słonecznej zarówno w przemyśle, jak i w życiu codziennym.

W przypadku stosowania baterii słonecznych bez akumulatora następuje bezpośrednie łączenie ogniwa z odbiornikiem. Najczęściej używane są tutaj specjalne silniki pracujące przy niskim napięciu anodowym już od 0,3 V. Przy użyciu 4 – 5 ogniw słonecznych połączonych w sposób szeregowy można uzyskać dobry moment obrotowy, przy którym można zasilać drugą zabawkę (rys. 8).

Energię pobraną w ciągu dnia – szczególnie w czasie słonecznej pogody – można zgmagazynować w akumulatorach, a następnie wykorzystać w dowolnym czasie.

W tym celu można stosować wszystkie powszechnie używane akumulatory. Spośród akumulatorów ołowiowych korzystniejsze są produkty niewymagające konserwacji (rys. 7).

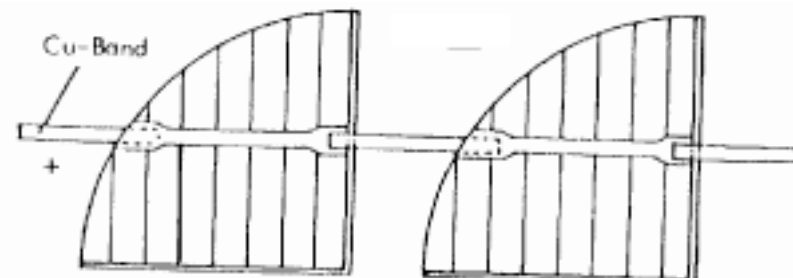
Akumulatory ołowiowe są wrażliwe na nad napięcie, a niklowo-kadmowe na nadmiar prądu. W związku z tym należy wykonać odpowiednie zabezpieczenia przed nad napięciem lub nadmiarem prądu, stosując oporniki wstępne (szeregowe) (rys. 6). W przypadku większych obiektów konieczne jest zastosowanie regulatora napięcia w celu stabilizacji napięcia ładowania.

### Wskazówki dotyczące montażu

Przyklejanie ogniw na płycie z żywicy epoksydowej lub szklanej najlepiej wykonać przy użyciu dwustronnej taśmy klejącej. Na jedno ogniwo stosuje się 1 mały kawałek taśmy, który należy umieścić na środku ogniwa. Ogniwa słoneczne należy przykleić na płycie epoksydowej lub szklanej tak, aby nie stykały się ze sobą. Giętką splotkę płaską należy wcześniej przylutować do dolnej strony ogniwa. Należy wykonać w miarę możliwości krótkie, ale niezbyt sztywne połączenie, ponieważ ze względu na rozszerzalność termiczną materiału zastosowanego na dolnej stronie konieczna jest pewna swoboda ruchu przewodu.

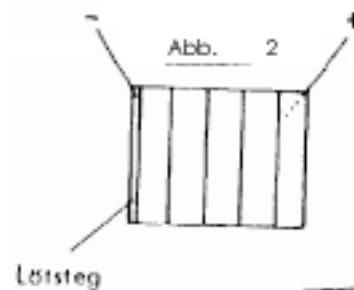
W celu ochrony całego obiektu przed wpływem niekorzystnych warunków atmosferycznych całość należy nakryć materiałem, który nie wpływa na wrażliwość spektralną krzemu (zakres absorbowanego pasma). Najlepiej nadaje się do tego celu płyta szklana o odpowiedniej grubości, umieszczona wraz z ogniwami słonecznymi na jednej ramie aluminiowej.

Aby uniknąć skraplania się pary wodnej, całość należy zamknąć w sposób umożliwiający wymianę powietrza. Najlepiej pozostawić otwartą dolną stronę. Najwyższą sprawność ogniw uzyskuje się przy prostopadłym ustawieniu modelu do wektora padania promieni słonecznych.



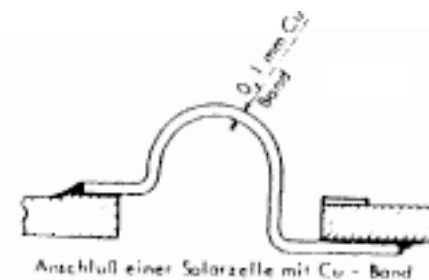
Rys. 1

[Cu-Band] - taśma miedziana  
połączenie szeregowe wyższe napięcie



Rys. 2

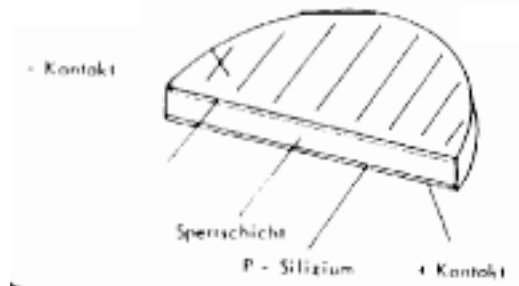
[Lötsteg] - próg lutowania



Rys. 3

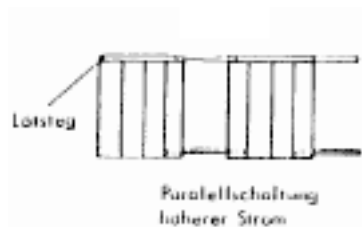
[Cu-Band] -  
 [Anschluß einer Solarzelle ...]-

taśma miedziana  
 połączenie ogniwa słonecznego przy  
 pomocy taśmy miedzianej



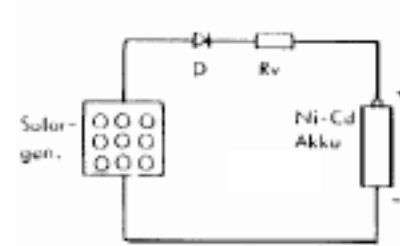
Rys. 4

[Kontakt] - styk  
 [Sperrschicht] - warstwa blokująca  
 [P - Silizium] - krzem P



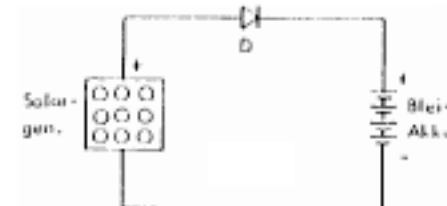
Rys. 5

[Lötsteg] - próg lutowania  
 [Parallelschaltung] - połączenie równoległe  
 [höherer Strom] - większy prąd



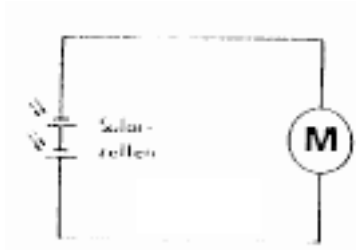
Rys. 6

[Solargen.] - generator słoneczny  
 [Ni-Cd Akku] - akumulator niklowo-kadmowy  
 Podłączenie ładowania dla akumulatora Ni-Cd wraz z ograniczeniem prądu  
 dzięki opornikowi wstępnemu  $R_v$   
 Dioda do 100 mA prądu ładowania typ IN4148



Rys. 7

[Solargen.] - generator słoneczny  
 [Blei-Akku] - akumulator ołowiowy  
 Podłączenie ładowania dla akumulatora ołowiowego.  
 Dioda do 100 A prądu ładowania typ IN4001 do 3 A  
 typ IN5400



Rys. 8

[Solarzellen] - ogniwa słoneczne  
Sterowanie uzależnione od światła bez zastosowania akumulatorów