**Aufgabe:** Untersuche das Verhalten einer Solarzelle unter verschiedenen Bedingungen!

**Vorbemerkungen:**

Eine Solarzelle besteht aus einer n-leitenden und einer p-leitenden Schicht. Die zum Licht hinweisende Schicht ist so dünn, dass das Licht in die darunter befindliche ladungsträgerärmere Grenzschicht gelangen kann, in der sogenannte Elektronen-Löcher-Paare erzeugt werden.

Im elektrischen Feld, das sich zwischen der n-Schicht und der p-Schicht aufbaut, werden diese Ladungsträger getrennt, sobald Licht in die Solarzelle fällt. Zwischen den Kontaktfingern und der Rückseitenmetallisierung lässt sich dann eine Spannung von etwa 0,5 V abgreifen.

Solarzellen bestehen heute in der Regel aus Silizium. Silizium ist das zweithäufigste Element in der Erdrinde mit einem Anteil von 25,7%. Silizium-Solarzellen werden aus monokristallinem Silizium (Verwendung in der Raumfahrt), multikristallinem Silizium und neuerdings aus amorphem Silizium hergestellt.

Bild mit Aufbau einer Solarzelle einfügen mit Beschreibung

**Vorbetrachtungen:**

1. Informiere dich über den Aufbau und die Funktionsweise einer Solarzelle im Lehrbuch sowie im folgenden Text! Notiere wichtige Sachverhalte!
2. Die Solarzelle ist ein Energiewandler. Welche Energieumwandlungen finden dabei statt? Vergleiche dazu mit den Energieumwandlungen in einem Kohlekraftwerk (Brenner - Kessel, Überhitzer - Turbine - Generator) und einem Wasserkraftwerk (Fallrohre, Turbine - Generator)!
3. In einem Kraftwerk werden ca. 38% der im Brennstoff befindlichen Energie in elektrische Energie umgewandelt, der Rest wird in i.A. nicht weiter nutzbare Energieanteile umgewandelt. Was versteht man unter dem Wirkungsgrad einer Anlage?
4. Beleuchtet man eine Silizium-Solarzelle mit Licht, so kann sie eine elektrische Spannung erzeugen. Was versteht man in dem Zusammenhang unter Leerlaufspannung, was bedeutet Kurzschlussstrom?

**Geräte und Hilfsmittel**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. Solarzelle 2. 1 Strommessgerät (analog) 3. 1 Spannungsmessgerät (digital) 4. Experimentierleuchte (12V) | 1. Netzgerät, Kabel 2. schwarze Pappe 3. Drehwiderstand (1 kΩ) 4. Waage, Stoppuhr | 1. Thermometer 2. Aluminiumkörper 3. Styroporuntersetzer 4. Pappröhre |

**Hinweise: Die Lampe der Experimentierleuchte darf mit einer Spannung von *maximal 12 V* betrieben werden. Achte beim Aufbau der Versuche darauf, dass die Solarzelle nicht durch das Licht anderer Versuchsgruppen mit beleuchtet wird. Achte darauf, dass das Licht (außer bei Versuch 4) stets senkrecht auf die Fläche der Solarzelle fällt!**

***Vorsicht! Die Experimentierleuchte wird bei Betrieb sehr heiß. Verbrennungsgefahr!***

**Versuch 1: Leerlaufspannung einer Si-Solarzelle in Abhängigkeit von der beleuchteten Fläche**

1. Beleuchte die Solarzelle mit der Experimentierleuchte. Der Abstand zwischen Lampe und Solarzelle soll ca. 10 cm betragen. Auf jeden Fall soll die Solarzelle voll ausgeleuchtet werden.
2. Decke die Solarzelle schrittweise mit schwarzer Pappe ab (ganze, dreiviertel, halbe und viertel beleuchtete Fläche) und miss jedes Mal die Leerlaufspannung .
3. Lässt sich die Leerlaufspannung erhöhen, indem man die beleuchtete Fläche einer Solarzelle vergrößert?

**Versuch 2: Der Kurzschlussstrom einer Si-Solarzelle in Abhängigkeit von der beleuchteten Fläche**

1. Führe den Versuch wie in 1.1 und 1.2 beschrieben aus. Miss dabei jedoch die Kurzschlussstromstärke.
2. Kann man eine größere Kurzschlussstromstärke erreichen, indem man die beleuchtete Fläche einer Solarzelle vergrößert? Vergleiche mit 1.3! Gibt es Unterschiede? Gib eine Begründung für das Ergebnis an!

**Versuch 3: Leerlaufspannung und Kurzschlussstromstärke bei unterschiedlicher Bestrahlungsstärke**

1. Die Sonne sendet Licht- und Wärmestrahlen auf die Erdoberfläche. Die Stärke der Bestrahlung ist von den Wetterbedingungen, der Tageszeit und der Jahreszeit abhängig. Der Betrag an Lichtenergie, den aufgestellte Solarzellenflächen aufnehmen, schwankt deshalb beachtlich. Untersuche, ob Leerlaufspannung und Kurzschlussstromstärke von der unterschiedlichen Bestrahlungsstärke abhängig sind!
2. Um die Veränderung der Bestrahlungsstärke zu erreichen, wird der Einfachheit halber die Entfernung zwischen der Lichtquelle und der Solarzelle variiert. Das Licht der als punktförmig angenommenen Lichtquelle **(ohne Kondensorlinse)** breitet sich in Form eines Lichtkegels aus und beleuchtet die Fläche der Solarzelle. Entfernt man die Solarzelle innerhalb des Lichtkegels weiter von der Lichtquelle, so fällt nur noch ein Teil des von der Lampe ausgesendeten Lichts auf die Solarzellenfläche, damit verringert sich also die Bestrahlungsstärke. Laut Strahlensatz lässt sich eine Beziehung zwischen der Entfernung von der Lichtquelle und ausgeleuchteter Fläche herstellen.
3. Stelle die Solarzelle so nah an die Lichtquelle, dass sie gerade voll ausgeleuchtet ist. Diese Entfernung entspricht einer relativen Bestrahlungsstärke von 1/1. Ermittle nun mit dem Ergebnis aus 3.2 die Entfernungen für die in der Tabelle angegebenen relativen Bestrahlungsstärken.
4. Miss die Leerlaufspannung bei den verschiedenen Entfernungen d.
5. Miss die Kurzschlussstromstärke bei den verschiedenen Entfernungen d.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Relative Bestrahlungsstärke |  |  |  |  |  |  |
| d in cm |  |  |  |  |  |  |
| ULeerlauf in V |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Relative Bestrahlungsstärke |  |  |  |  |  |  |
| d in cm |  |  |  |  |  |  |
| IKurz in mA |  |  |  |  |  |  |

1. Wie ändern sich Leerlaufspannung und Kurzschlussstromstärke bei unterschiedlichen Bestrahlungsstärken?
2. In den nördlichen Bereichen Europas ist der Himmel (besonders in den Wintermonaten) häufig bedeckt. Trotzdem können auch in Nord- und Mitteleuropa Solargeneratoren eingesetzt werden. Weshalb?

**Versuch 4: Der Kurzschlussstrom bei unterschiedlichem Einfallswinkel des Lichts**

1. Bei einer feststehenden Solarzelle ändert sich der Einfallswinkel des Sonnenlichts mit der Tages- und mit der Jahreszeit. So trifft das Licht z.B. am Morgen in einem anderen Winkel auf als am Mittag. Untersuche, welche Beziehung zwischen dem Einfallswinkel des Lichts und der Kurzschlussstromstärke besteht!
2. Stelle die Experimentierleuchte 15 - 30 cm entfernt von der Solarzelle auf. Der Einfallswinkel des Lichts (Winkel zwischen dem einfallenden Lichtstrahl und der Flächennormalen) kann durch Kippen der Solarzelle verändert werden. Trifft das Licht senkrecht auf die Solarzelle, beträgt der Einfallswinkel 0°.
3. Miss nacheinander für verschiedene Werte des Winkels α die Kurzschlussstromstärke.
4. Stelle die Abhängigkeit der Kurzschlussstromstärke vom Einfallswinkel des Lichts auf Millimeterpapier grafisch dar. Bei welcher Winkelgröße ist die Stromstärke am größten?
5. Welche Konsequenzen ergeben sich hieraus beim Bau von Solaranlagen?

**Versuch 5: Solarzelle unter freiem Himmel**

1. Bestimme Leerlaufspannung und Kurzschlussstromstärke der Solarzellen bei Beleuchtung mit Tageslicht! Notiere dazu die Witterungsverhältnisse und die Uhrzeit!

**Versuch 6: Die Leistungskennlinie einer Solarbatterie**

1. Soll eine Solarzelle als Batterie zum Betreiben eines elektrischen Gerätes verwendet werden, dann stellt dieses Gerät einen elektrischen Widerstand dar. Die von der Solarzelle gelieferte elektrische Leistung ergibt sich dann aus Spannung und Stromstärke.
   1. Schließe an die Solarzelle einen Lastwiderstand an und miss bei den angegebenen Spannungswerten die jeweilige Stromstärke. Notiere dir die Entfernung zwischen Lampe und Solarzelle!

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **U in V** | **0,5** | **1,0** | **1,5** | **2,0** | **2,5** | **3,0** | **3,5** | **3,75** | **3,80** | **3,9** | **3,9** | **4,0** |
| **I in mA** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **P in mW** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **R in Ω** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

* 1. Berechne mit diesen Werten die elektrische Leistung und den elektrischen Widerstand.
  2. Zeichne auf Millimeterpapier die Ausgangskennlinie (Stromstärke in Abhängigkeit von der Spannung) und die Leistungskennlinie (Leistung in Abhängigkeit vom Widerstand) und gib an, bei welchem Widerstand die größte Leistung erbracht wird. Wo findet man diesen Wert in der Ausgangskennlinie?

**Versuch 7: Der Wirkungsgrad einer Solarbatterie**

1. Versuch 6 hat gezeigt, dass die verwendete Solarbatterie unter den angegebenen Bedingungen eine maximale Leistung besitzt und somit also pro Sekunde ein bestimmter Betrag an elektrischer Energie erzeugt wird. Wie viel Energie ist der Solarbatterie aber von der Glühlampe aus zugeführt worden und welcher Wirkungsgrad ergibt sich daraus?
   1. Setze den Aluminiumkörper auf den Styroporuntersetzer und stülpe die Pappröhre darüber. Um einen guten Kontakt zwischen Thermometer und Aluminiumkörper sicherzustellen, wird etwas Wärmeleitpaste in das Loch im Aluminiumkörper geschmiert. Schalte die Glühlampe ein, lasse sie 1 min vorwärmen und miss dann die Temperatur des Aluminiumkörpers zu Beginn (t1) und nach 5 min Bestrahlungsdauer (t2). Achte darauf, dass die Lampe genauso weit vom Aluminiumkörper entfernt ist wie die Solarzelle in Versuch 6. Bestimme die Temperaturerhöhung Δϑ.
   2. Berechne die vom Aluminiumkörper aufgenommene Strahlungsenergie (Wärme Q)!
   3. Bestimme den Wirkungsgrad η der Solarbatterie und vergleiche den Wirkungsgrad mit denen aus den Vorbetrachtungen! De Wirkungsgrad einer solarelektrischen Stromversorgungsanlage ist stets geringer als der Wirkungsgrad einer Solarzelle, begründe!
   4. Welche Verluste sind bei der Solarzelle denkbar?

**Aufgabe:**

In Mitteleuropa strahlt die Sonne auf 1 m² waagerechte Fläche im Mittel 1 000 kWh pro Jahr.

1. Wie viel elektrische Energie kann von einer 1 m² großen Solarzellenfläche in Mitteleuropa pro Jahr maximal erzeugt werden, wenn man von einem momentanen Wirkungsgrad von 10% ausgeht?
2. Die Forscher erhoffen sich eine Steigerung des Wirkungsgrades von Solarzellen auf 25% unter Verwendung anderer Halbleitermaterialien (z.B. Galliumarsenid, Aluminiumarsenid, Cadmiumarsenid, Kupfersulfid) bzw. durch die Kombination verschiedener Halbleitermaterialien in sogenannten Tandem-Zellen. Rechne erneut!
3. Im Jahre 1997 betrug der Verbrauch an elektrischer Energie in Deutschland 547,4 Mrd. kWh. Wie groß müsste die mit Solarzellen vom Wirkungsgrad 10% (25%) bedeckte Fläche sein, wenn man 30% der elektrischen Energie durch Solaranlagen erzeugen würde? Vergleiche mit der Fläche Baden-Württembergs!

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Datum: |  | Bearbeiter: |
| Klasse: |  | Mitarbeiter: |

**Messwerte:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |