

Grätzelsolcellen

- Fremstil din egen solcelle

Find Instruktionsvideo på: <http://inano.au.dk/schools/bestil-et-besog/>

Det er relativt simpelt at fremstille sin egen Grätzelsolcelle, næsten udelukkende med ting fra husholdningen.

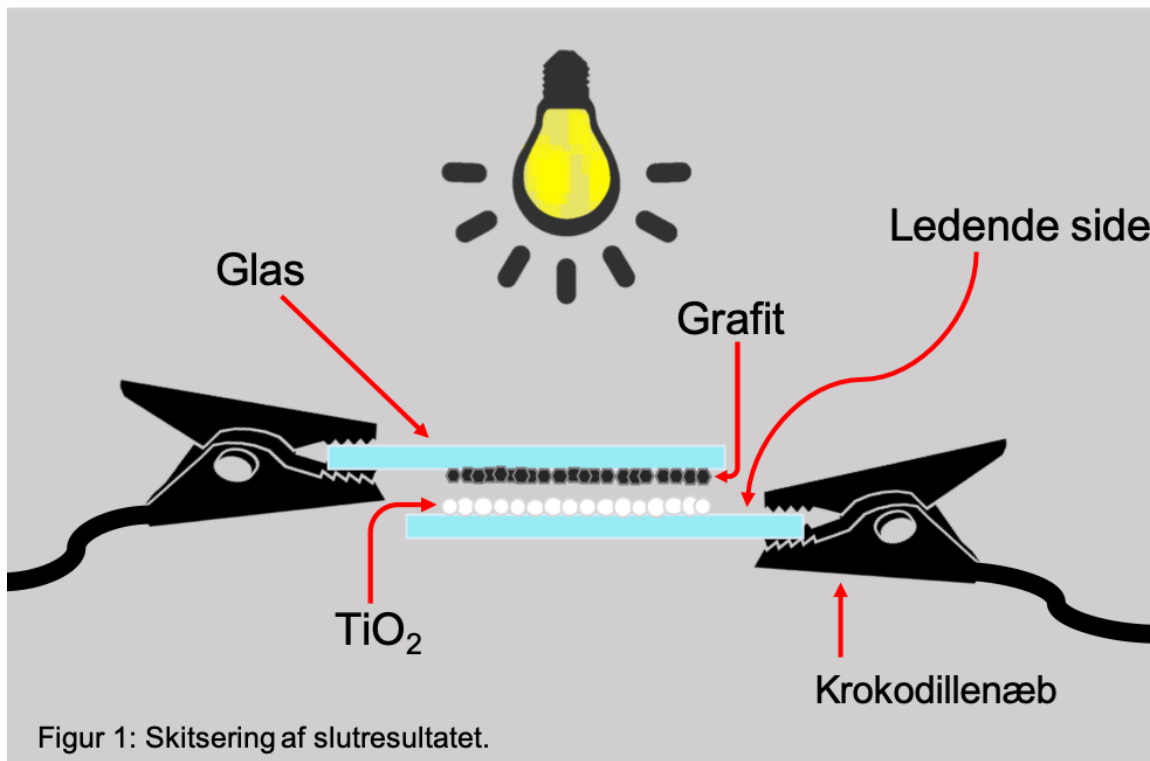
Solcellen består af to forskellige elektroder, den ene med en positiv ladning og den anden med en negativ. Hver elektrode er (i denne øvelse) et stykke glas der er overfladebehandlet sådan at den ene side af glasset ledende. Det er på den ledende side vi arbejder og påfører de aktive lag i solcellen.

De to stykker glas der bliver brugt til en solcelle skal være cirka lige store, så det er vigtigt at overveje, når man beslutter hvilke glasstykker, der skal passe sammen.

Fremstillingen er her opdelt og beskrevet i tre dele:

1. Fremstilling af den første elektrode
2. Fremstilling af den anden elektrode
3. Samling og karakterisering af solcellen.

For at få en bedre grafisk forståelse af slutresultatet kan man se på Figur 1



Step 1: Fremstilling af TiO₂ elektrode

Hvis I er to (eller flere) i gruppen kan step 1A og step 1B eventuelt udføres samtidigt.

Materialer, step 1

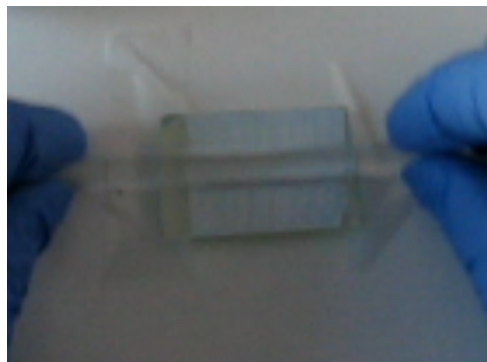
- 1 stk. glas (ca. 3x3 cm²) belagt med et transparent ledende lag. (Husk at I skal bruge et stykke i ca. samme størrelse til den anden elektrode i step 2)
- Opslemning af nanokrystallinsk titandioxid, f.eks. Degussa P25 TiO₂ i fortyndet eddiskesyre.
- Brombærsaft
- Værktøj/Udstyr: Ethanol, linsepapir, tape, pasteur pipetter, glasstang, petriskål.

1A: Klargøring af glas-substrater

Læg alle glasstykkerne med den ledende side opad. Denne findes ved at benytte et multimeter som ohmmeter (Figur 2). Den ledende side er den, hvor der kan måles en modstand når ledningerne placeres forskellige steder på glasset. Rens glassene for fedt og snavs med linsepapir og ethanol. Der skal kun TiO₂ på den ene side, og halvdelen af glassene lægges derfor til siden for nu.



Figur 2. Den ledende side af glasset findes ved at måle modstanden hen over glasset vha. et multimeter og to prøveledninger.



Figur 3. TiO₂-opslemningen påføres glasset vha. tape-støbeformen og en glasstang: Glasstangen trækkes langs tapen for at fordele opslemningen

1B: TiO₂-filmen påføres

Brug handsker.

Påføringen kræver en vis fingersnilde, tålmodighed og måske lidt held - det er ikke altid at filmen bliver pæn første, anden eller tredje gang.

På den ledende side af glasset sættes et stykke tape langs den ene kant, så det dækker 4-5 mm af den ledende overflade. Langs den modsatte kant sættes tape, så det dækker 1-2 mm af den ledende overflade. Alle stykker med tape skal være så lange at enderne kan bruges til at sætte glasset fast til bordet med (Figur 3). Eventuelle luftbobler kan fjernes fra tapen ved at trække glasstangen henover. Tapen virker nu som en støbeform for jeres TiO₂-film.

Brug pipetten som ske til at overføre en klat (hellere for meget end for lidt, men prøv jer frem) TiO₂ opslemning til glassubstratet. Fordel dråben ved at trække glasstangen langs tapen fra den ene ende af

formen til den anden, mens glasstangen trykkes let mod tapen, se Figur 3. Tapen sikrer en homogen tykkelse på TiO₂-filmen. Gentag evt. bevægelsen, hvis filmen ikke bliver pæn, men gør det hurtigt: Hvis filmen når at tørre trækkes der streger, og den skal laves forfra. Hvis ikke det lykkes at få lavet en jævn film, skylles TiO₂-laget af under vandhanen og glasset renses igen med lidt ethanol - så er I klar til prøve igen. Når I er tilfredse med filmen, fjernes tapen inden filmen tørrer (ellers risikerer I at trække filmen med af).

1C: TiO₂-filmen hærdes

Filmen hærdes ved at opvarme den til ca. 450 °C i 30 minutter.

Materialer (Genbruges i step 2)

- Varmluftspistol (450 °C)
- Trefod m. net
- Forsøgsstativ

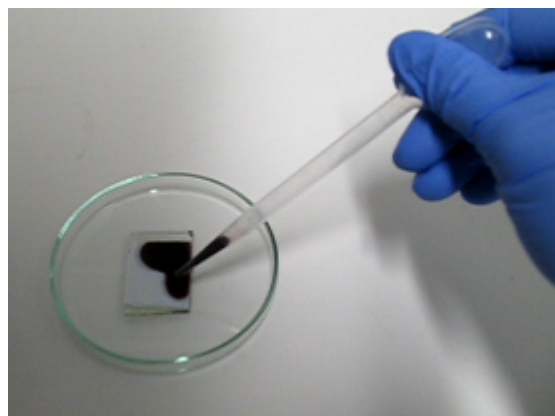
Placer TiO₂-glasstykkerne på trefoden og spænd varmluftspistolen fast på forsøgsstativet med en **Metal** trefingerklemme, således at pistolens munding er ca. 30 cm over trefoden, se Figur 4. (**OBS: Kun en varmluftspistol må tilsluttes hver enkelt sikringsgruppe, så vi undgår at sikringerne springer – spørg instruktøren hvis du er i tvivl**).

Tænd varmepistolen på 450°C. Husk at tage tid. Efter 5 min kan pistolen evt. sænkes til 5-10 cm afstand.

Mens TiO₂-elektroden hærdes, fremstilles carbon-elektroden. Efter 30 min køles glasstykkerne af på trefoden.



Figur 4. TiO₂-filmen hærdes ved 450 °C i 30 min under en varmepistol.



Figur 5. Farvning af TiO₂-filmen: Filmen "suger" farvestof til den farvet hele vejen igennem.

1E: TiO₂-filmen Farves

Efter glasstykkerne med TiO₂-filmen er kølet helt af (vigtigt da det kan risikeres at brombær saften kan skylle TiO₂-filmen væk!) lægges de forsigtigt ned i en petriskål og brombærssaft dryppes på TiO₂-filmen med en pasteur pipette indtil TiO₂-filmen er dækket til, se Figur 5. Lad det ligge i et par minutter til filmen er farvet lilla hele vejen igennem, kontroller dette ved at kigge på elektroderne fra undersiden. Skyl forsigtigt (men grundigt!) den overskydende saft af med vand. Skyl herefter med ethanol og lad filmen tørre på et stykke papir.

Step 2. Fremstilling af grafit elektrode

Materialer, step 2

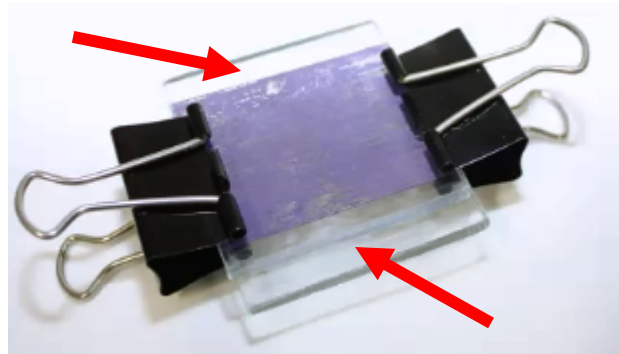
- 1 stk. glas (ca. 2x2 cm²) belagt med et transparent ledende lag. (Husk at det skal passe i størrelsen til den anden elektrode i step 1)
- Blyant
- Ethanol
- Linsepapir

2A: Fremstilling af carbon elektrode

Tag de tilsidelagte glasstykker (fra step 1B) og mal et jævnt carbonlag på den ledende side, se Figur 6. Skyl overskydende carbon af med ethanol og lad elektroden tørre på et stykke papir. Placer eventuelt 5 min under varmluftspistolen ved samme temperatur som TiO₂-filmen. Dette giver et mere holdbart carbon-lag.



Figur 6. Fremstilling af modelektrode: Et grafit lag påføres glassets ledende side.



Figur 7. Grätzelsolcelle. De to elektroder vender med de aktive lag mod hinanden og holdes sammen af to brevklemmer. Pilen highlighter forskydningen af de to plader.

Step 3. Samling og karakterisering af solcelle

Materialer, step 3

Samling:

- Iodelektrolyt bestående af 0,5M kaliumiodid og 0,5M iod i ethylenglykol
- Gummihandsker
- Pipette
- Brevclips til at holde glasstykkerne sammen

Karakterisering:

- Kraftig lyskilde (Fx. malerlampe)
- 2 multimeter m. ledninger (5 stk.)
- Krokodillenæb
- Variabel modstand

3A: Samling af solcellen

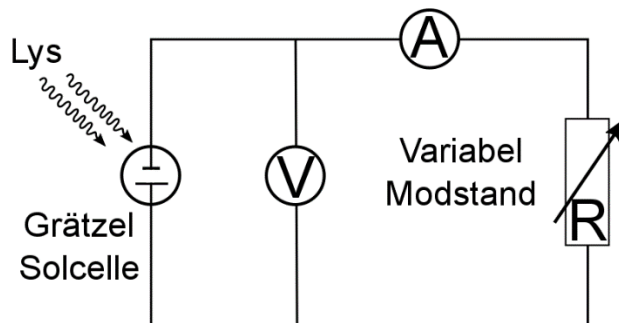
TiO₂-elektroderne farvet med brombær er nu klar til brug. Det samme er modelektroderne med det tynde grafitlag. Modelektroden lægges ovenpå TiO₂-elektroden så den 4-5 mm brede stribe med frit glas, altså glas uden TiO₂-film, stikker ud. Sæt en klemme på de to ender af cellen hvor kanterne af glasset flugter, som vist på Figur 7.

Lige før du karakteriserer din solcelle: Få instruktøren til at lægge en lille dråbe elektrolyt på det frie glas ved en af de forskudte samlinger (Se pil på Figur 7). **Benyt handsker når elektrolytten håndteres!** Elektrolytten skulle gerne blive trukket ind i solcellen vha. kapillære kræfter. Når du kan se at elektrolytten er trukket gennem hele solcellen kan du tørre evt. overskydende elektrolyt af glasset.

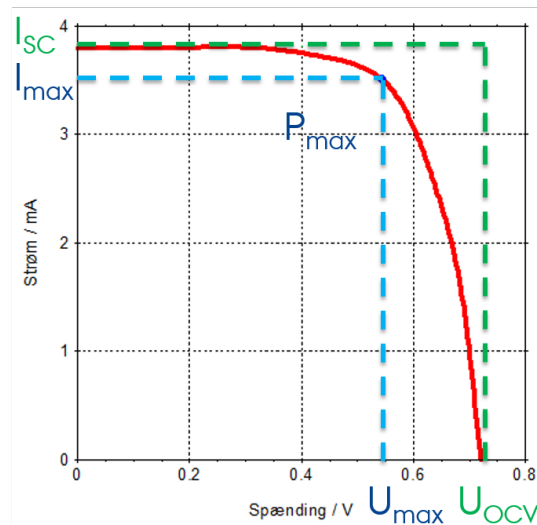
3B: Byg karakteristik-kredsløb

Forbind de to multimetre, solcelle og den variable modstand, der sidder i det såkaldte protoboard, som vist på kredsløbsdiagrammet Figur 8 (spørg instruktøren hvis I er i tvivl om hvordan man benytter et protoboard).

Sæt solcellen fast i et stativ foran lampen i 10-15 cm afstand. Det er vigtigt at solcellen ikke bevæges under målingen, da det vil ændre mængden af lys der rammer solcellen. Hvis man har teknisk snilde nok til at hænge lampen op så den lyser ned på bordet, hvor man så lægger solcellen, er det også rigtig fint.



Figur 8: Kredsløbsdiagram til måling af solcelle karakteristik.



Figur 9: Ideel U,I-karakteristik af solcelle med markering af de vigtigste parametre.

3C: Måling af karakteristik

En karakteristik af en solcelle er en graf der viser strømmens afhængighed af spændingen over solcellen for en given konstant lysintensitet. Man skal her huske på at en solcelle er en strømkilde og ikke en spændingskilde (som fx. et batteri). Spændingskarakteristikken udmåles vha. et kredsløb som det viste Figur 8.

Forbindelsen mellem solcellen og det ydre kredsløb laves ved at klemme et krokodillenæb om hver af de to elektroder, der hvor det frie glas stikker ud fra solcellen. Spændingsfaldet over solcellen er det samme som spændingsfaldet over den variable modstand, da resten af kredsløbet gerne skulle være tabsfrit.

Nu skal sammenhængende værdier af strøm og spænding noteres ved forskellige modstande. Generelt vil værdierne være lidt ustabile, og noter derfor bare den værdi der står efter et par sekunder. Det er en god ide at have et excel ark klar, som løbende plottes de sammenhængende værdier, så kan I se hvad der foregår.

Tænd lampen og start målingen uden modstand ($R=0$), dvs. en kortsluttet celle. Den i amperemetret målte strøm kaldes kortslutningsstrømmen og er den største strøm solcellen kan give. Skruer vi op for modstanden får vi fra Ohms lov et spændingsfald på

$$U = R \cdot I$$

over modstanden og dermed også over solcellen. Når modstanden skrues helt op, eller hvis en ledning tages ud, kan der ikke længere løbe nogen strøm og den målte spænding er den højeste spænding som solcellen kan give. Denne spænding kaldes for den åbne kredsløbs spænding.

Ved at måle og plotte sammenhørende værdier af strømstyrke og spændingsfald kan man få en graf som den der er vist på Figur 9. Typisk ligger punkterne dog nærmere på en ret linje end på en kurve som den viste.

3D: Bestemmelse af nyttevirkning fra målt karakteristik

For at kunne bestemme nyttevirkningen af solcellen er man nødt til at vide hvor meget lys der ramte solcellen under målingen af karakteristikken. Dette gøres ved at måle intensiteten af lyset der kommer fra lampen på det sted hvor solcellen befandt sig under målingen. Denne måling foretages med et såkaldt powermeter.

Derudover skal man kende det effektive areal af solcellen, hvilket måles med en lineal (husk at trække eventuelle afskallede områder fra!). Efterfølgende kan man finde solcellens arbejds punkt som er det punkt hvor cellen afgiver den største effekt:

$$P = U \cdot I$$

på Figur 9 er dette punkt markeret med (U_{max}, I_{max}) . Ved at sammenligne dette tal med den energi der er i lyset der rammer solcellen, kan man så beregne cellens maksimale nyttevirkning:

$$\eta = \frac{P_{nyttig}}{P_{total}} = \frac{P_{solcelle}}{P_{lampe}} = \frac{P_{max}}{P_{lampe}}$$

Lampens effekt kan findes vha. powermeteret og denne aflæste effekt, $P_{powermeter}$, normaliseres i forhold til solcellens areal for at opnå P_{lampe} :

$$P_{lampe} = P_{powermeter} \cdot \frac{A_{solcelle}}{A_{powermeter}}$$

Dermed er nyttevirksomheten:

$$\eta = \frac{U_{max} \cdot I_{max} \cdot A_{powermeter}}{P_{powermeter} \cdot A_{solcelle}}$$