

Magnetronspütern von Sulfiden für die Photovoltaik

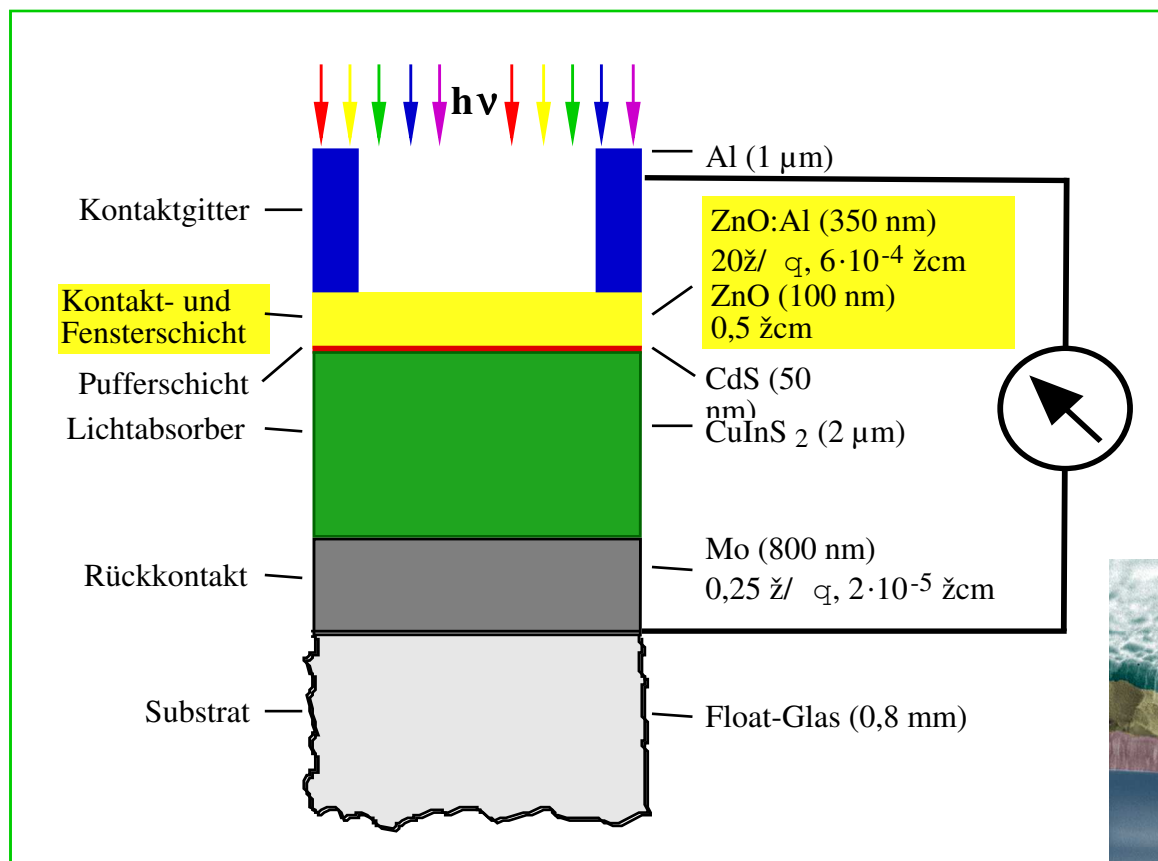
K. Ellmer, S. Seeger

- Dünnschichtsolarzellen
- Anforderungen an Absorber
- CuInS_2 -Absorber
- In_2S_3 -Pufferschichten
- MoS_2 -Absorber
- Zusammenfassung/Ausblick

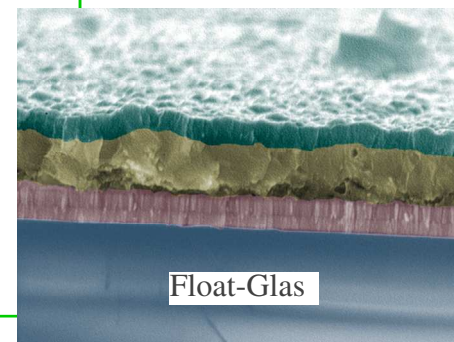


Solare Energetik

Schema einer Dünnschichtsolarzelle

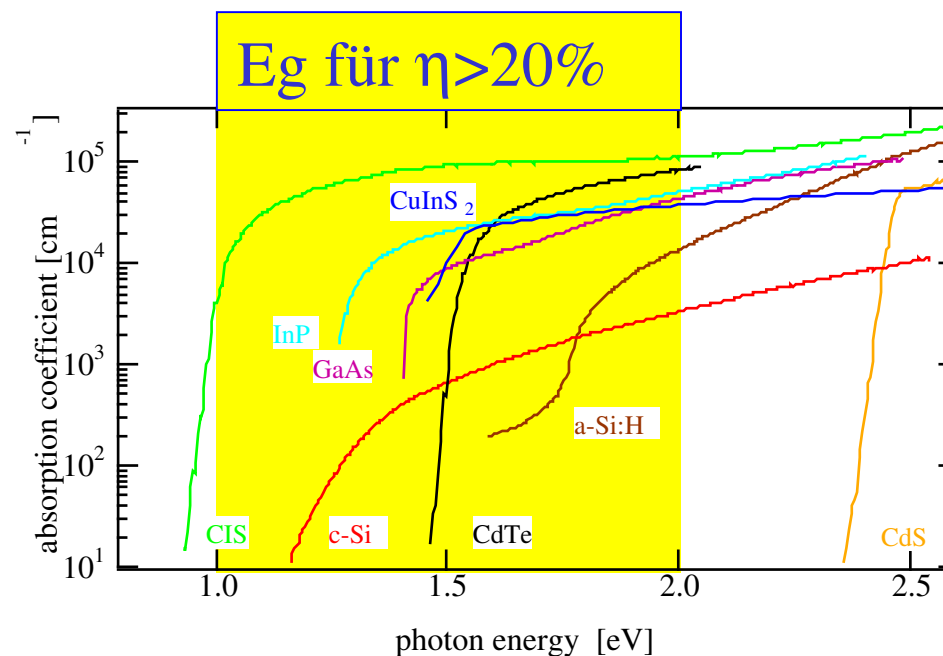


- (Metallgitter)
- Fensterschicht
- Pufferschicht
- Absorber
- Rückseitenkontakt



ZnO:Al/ZnO
CuInS₂
Molybdän

Anforderungen an photovoltaische Materialien



- Kleine Absorptionslänge ($\alpha^{-1} < 0.5 \mu\text{m}$)
- „Passende“ Bandlücke (1-2 eV)
- Toxikologische und ökologische Unbedenklichkeit

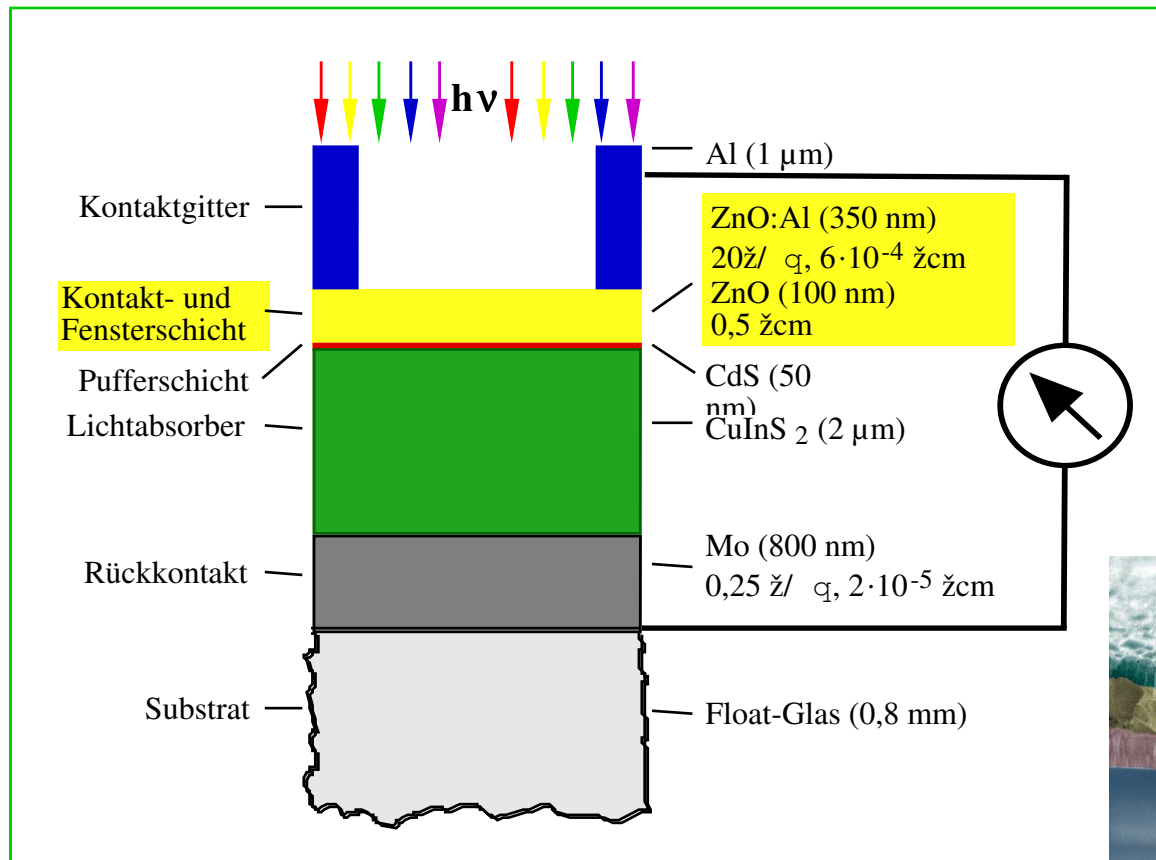
Anforderungen an einen Abscheideprozeß

- Großflächige Beschichtung ($> 1 \text{ m}^2$), billig.
- Hohe Abscheideraten.
- Niedrige Substrattemperaturen ($< 500 \text{ °C}$).
- Gute Filmhaftung, gleichmäßige Schichtdicken und hohe Filmdichte.
- Abscheidung von Legierungen und Verbindungen.
- Einfacher Aufbau, robust im Betrieb, gute Langzeitstabilität.

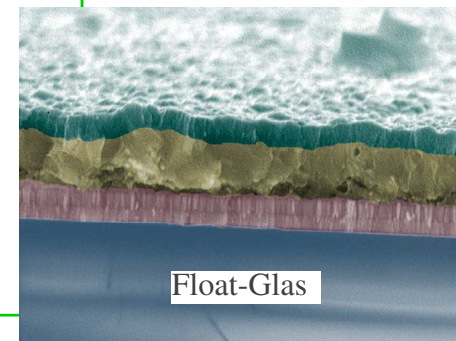
 Magnetronputtern



Magnetronsputtern von Solarzellen?



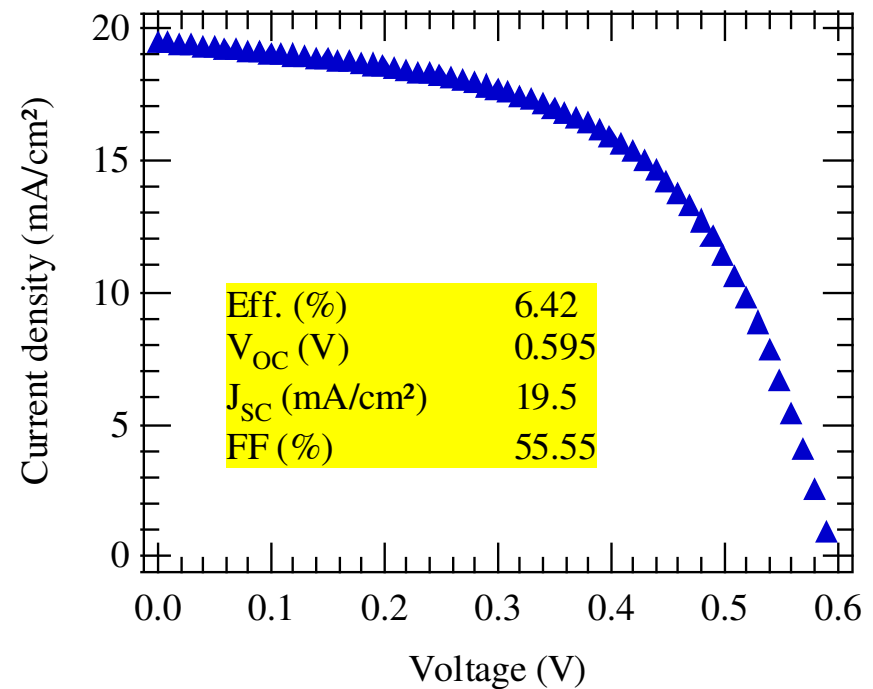
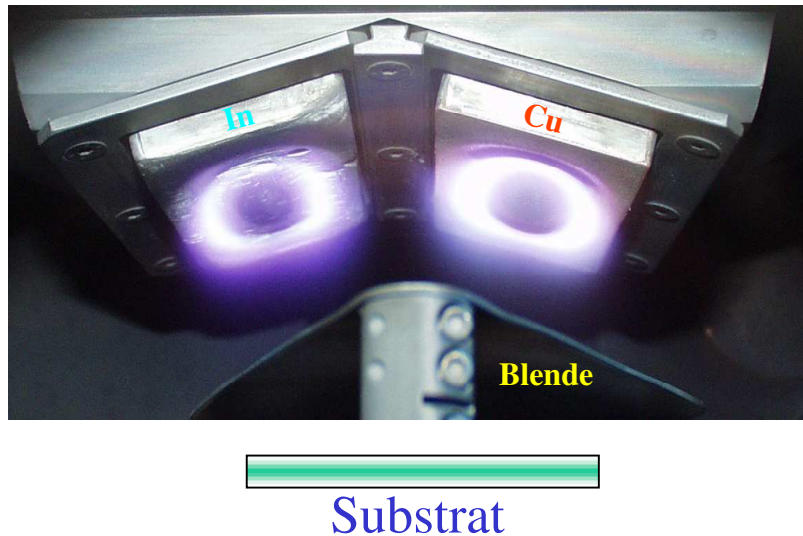
- Metallgitter ★
- Fensterschicht ★
- Pufferschicht ?
- Absorber ?
- Rückseitenkontakt ★



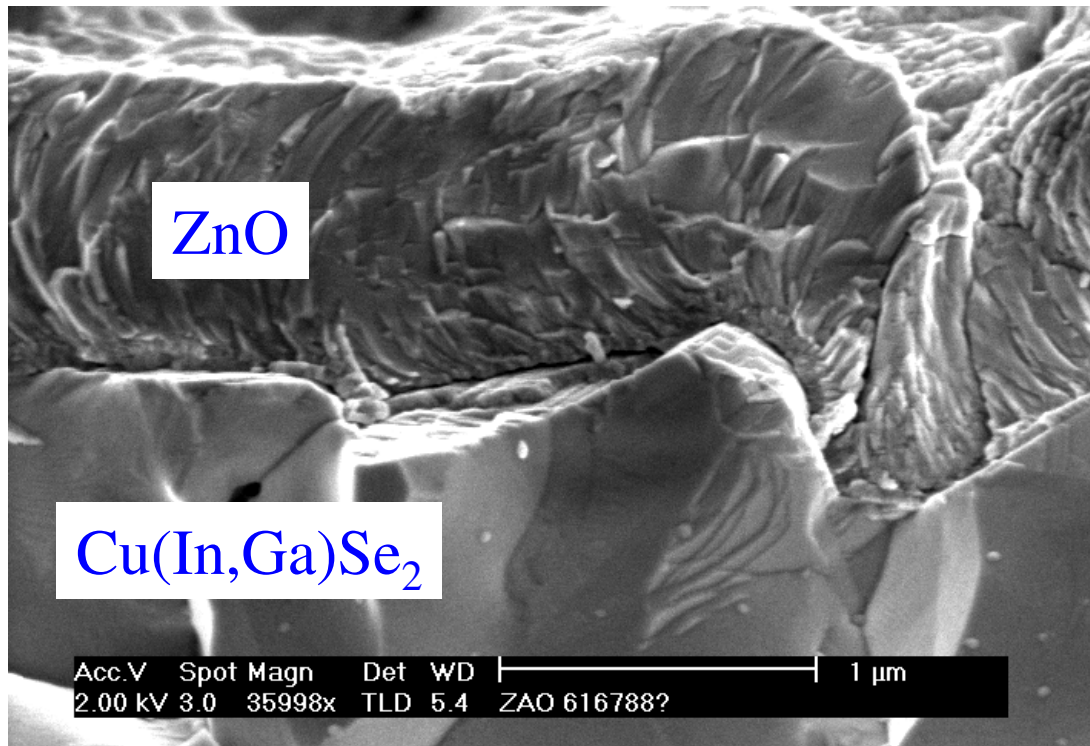
ZnO:Al/ZnO
CuInS₂
Molybdän

Sputtern von CuInS_2 -Schichten

Mini-TWINMAG



In₂S₃-Pufferschichten auf CIGS (Würth Solar)



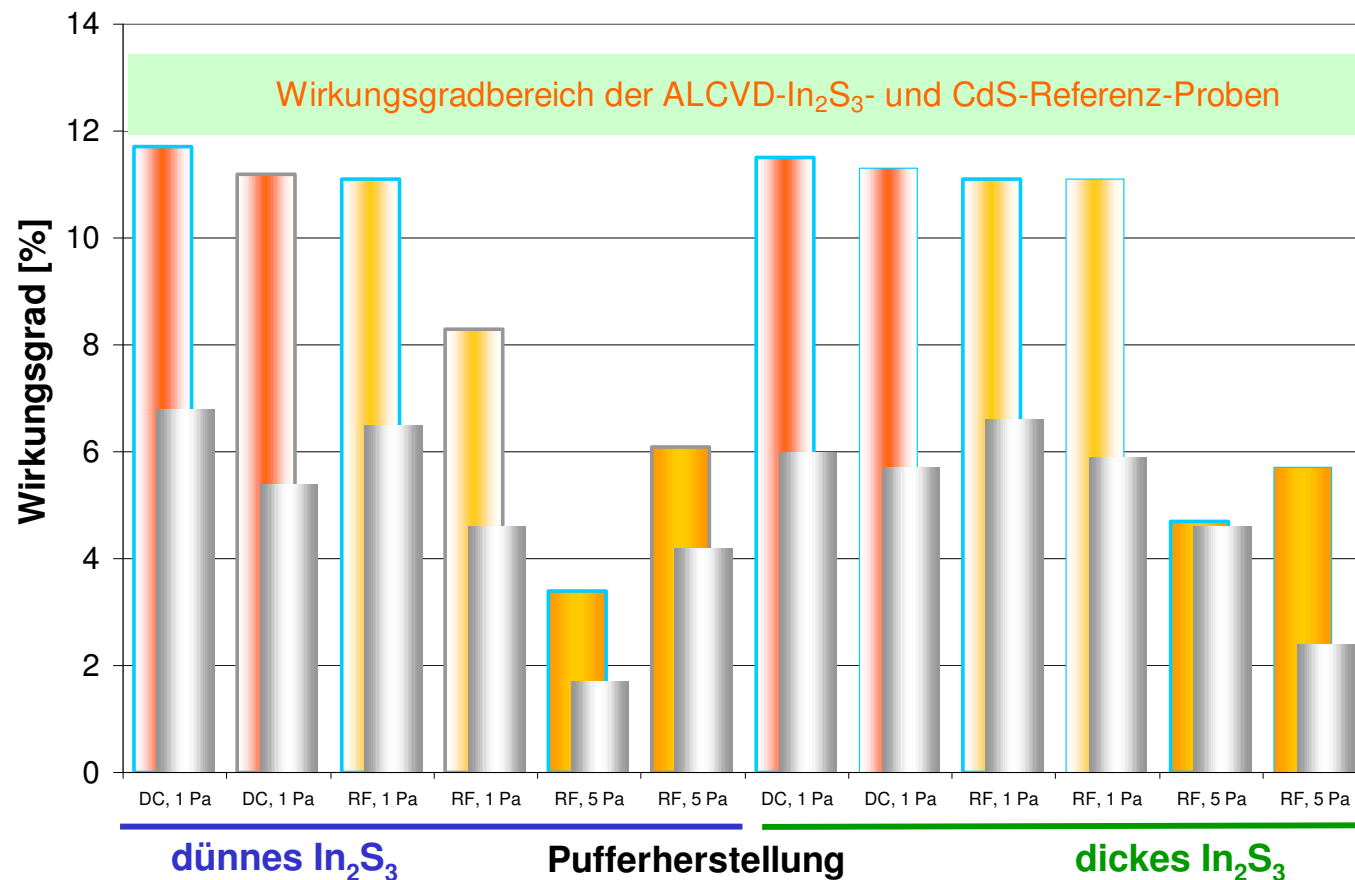
← CdS

Bruchkanten-HREM:
CIGS/CdS/ZnO



Ersatz durch
In₂S₃ (ungiftig)

In₂S₃-Pufferschichten auf CIGS (Würth Solar)

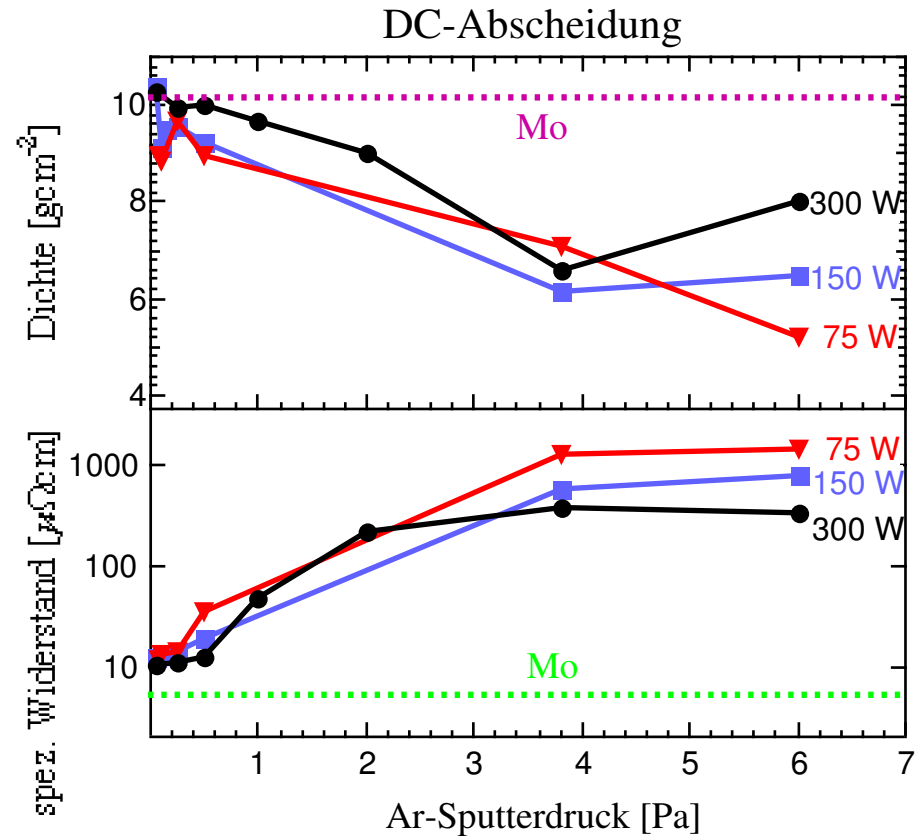
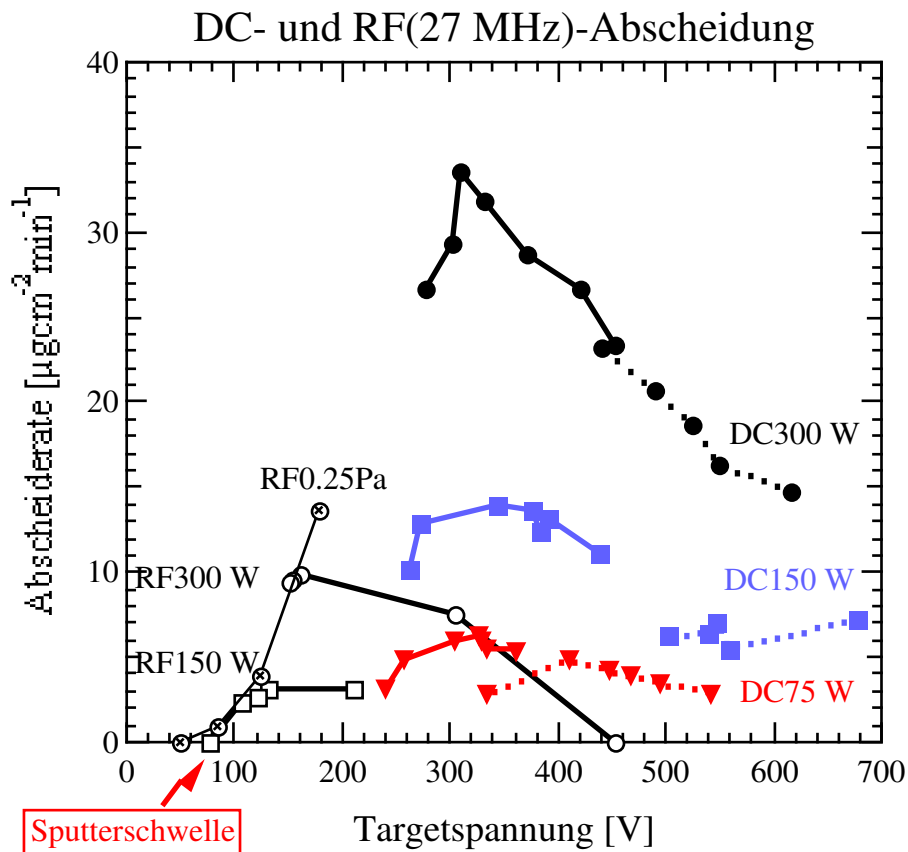


rot → DC-Sputtern
gelb → RF-Sputtern

gelb/ rot → nach Temperung an Luft (2h)
grau → as grown

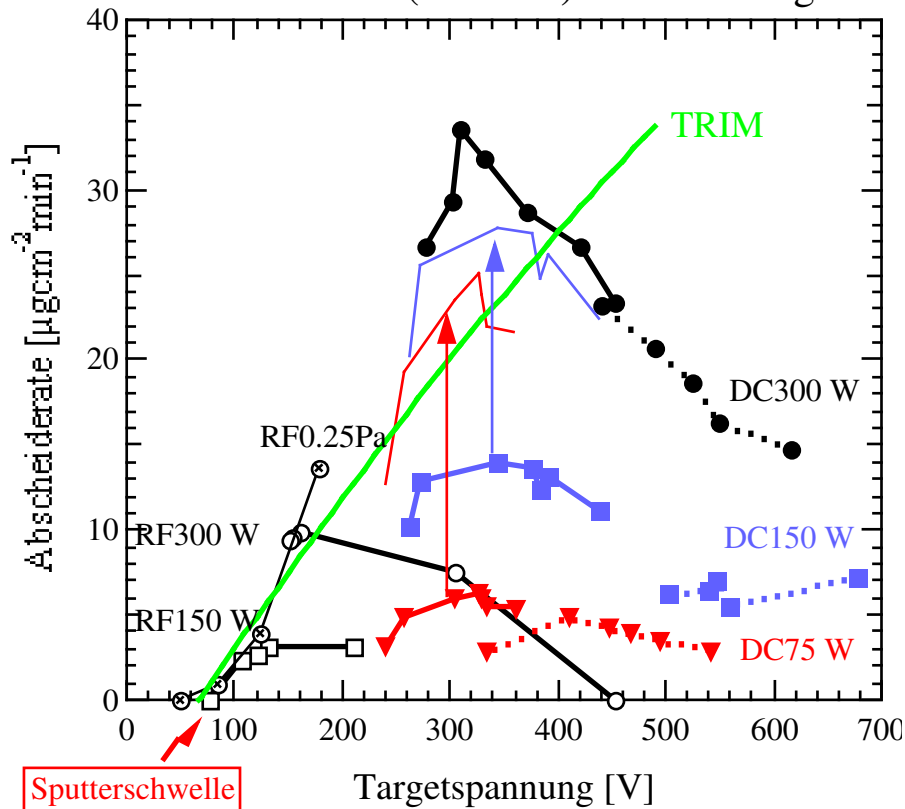
- ◆ Positiver Einfluss der nachträglichen Temperung auf Zellwirkungsgrad
- ◆ Depositionsraten: 5,6 nm/min (RF) bzw. 10,7 nm/min (DC)

Druck-, Spannungseinfluß auf Mo-Abscheidung

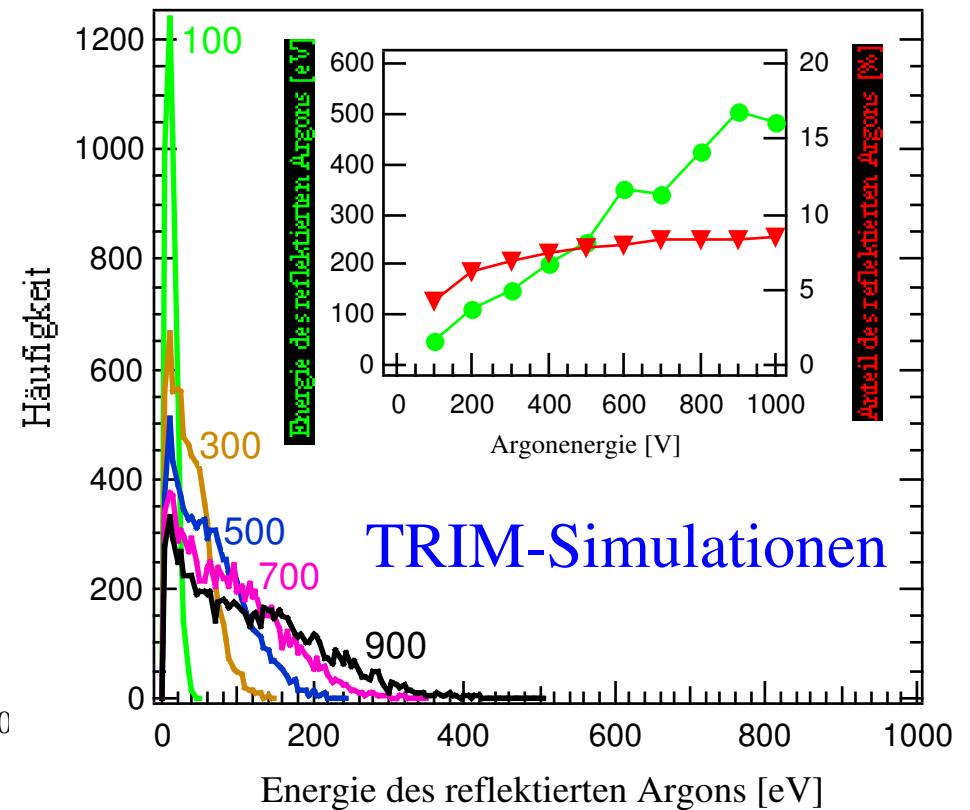


Reflektiertes Argon vom Mo-Target

DC- und RF(27 MHz)-Abscheidung

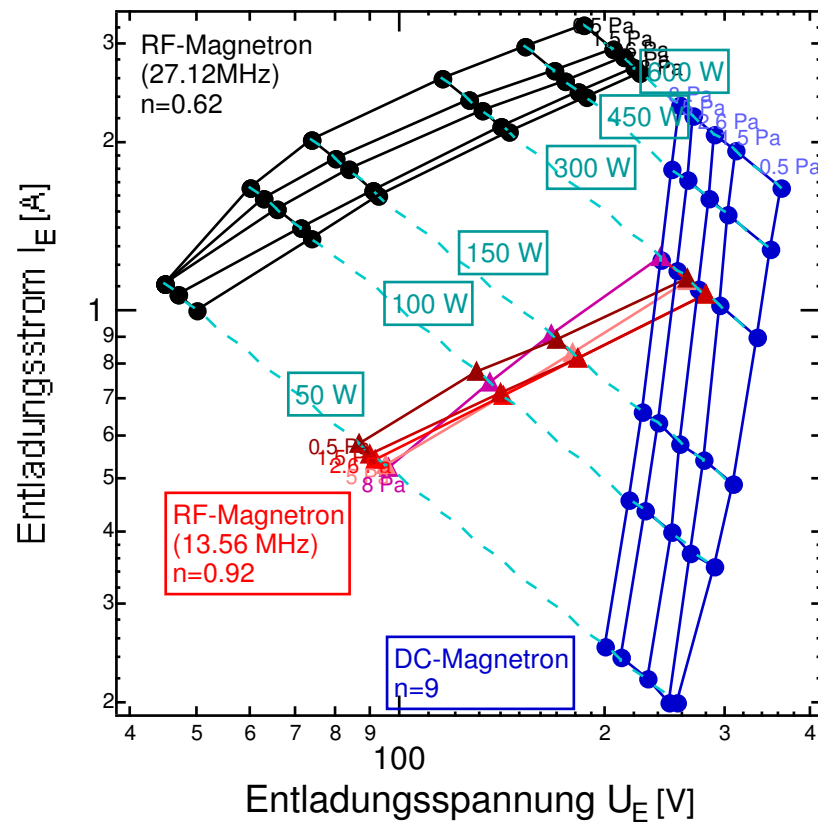


100.000 Ar^+ --> Mo

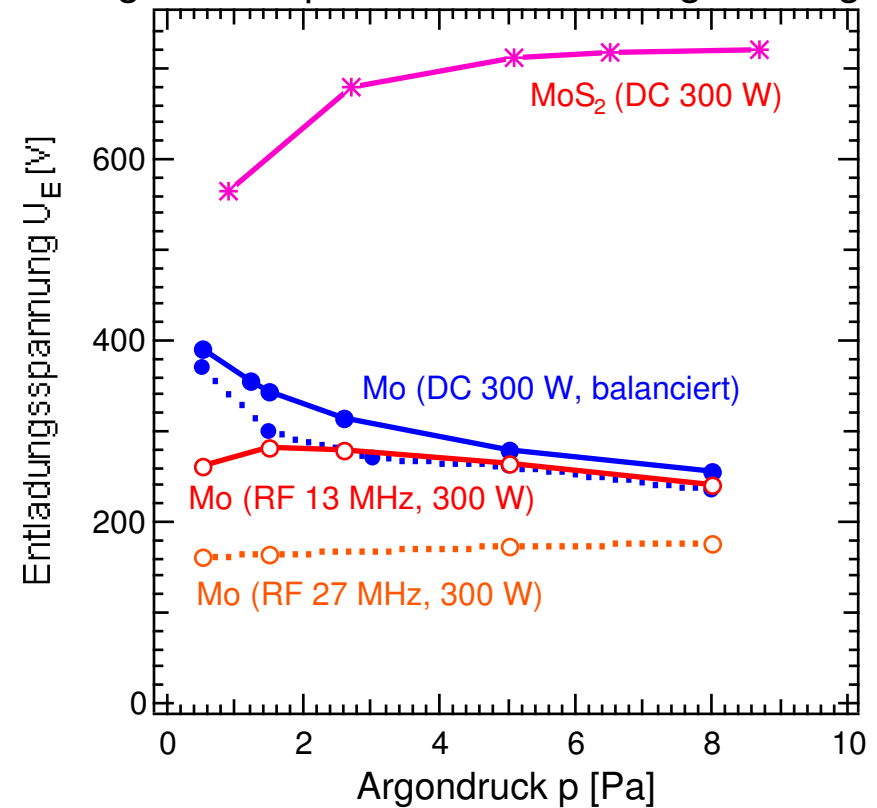


TRIM-Simulationen

Magnetron-Entladungscharakteristiken

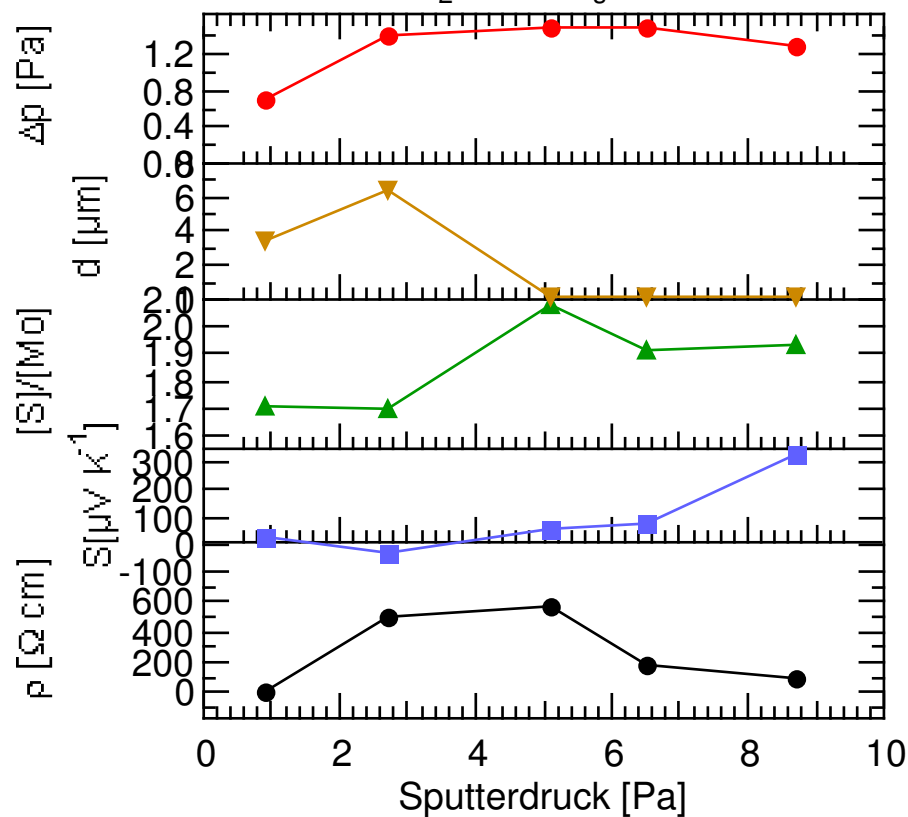


Magnetron-Sputtern vom Mo-Target in Argon

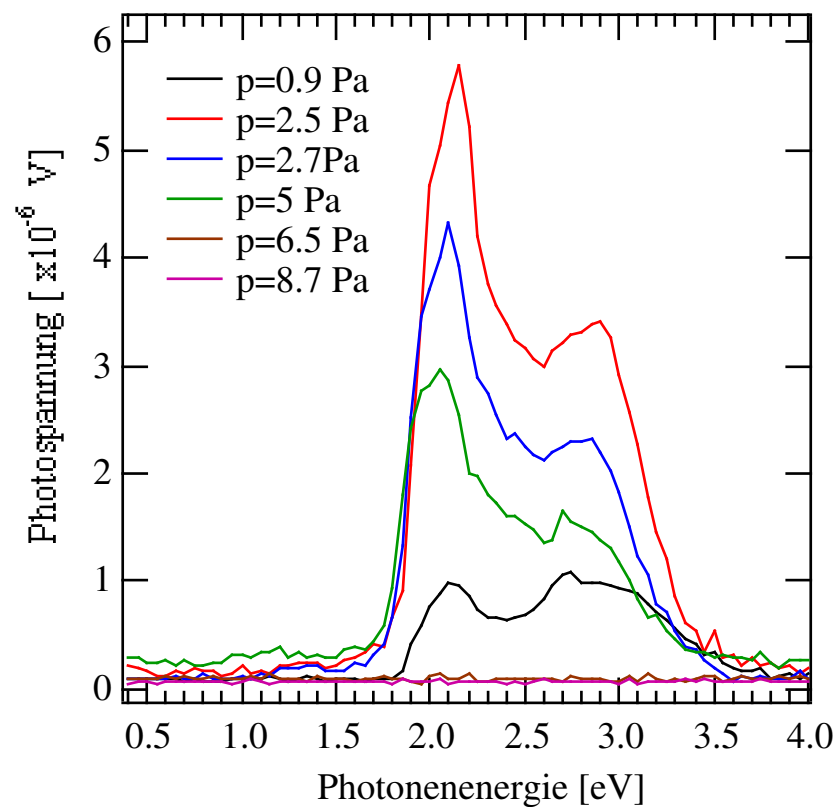


Photoaktivität von MoS₂-Schichten

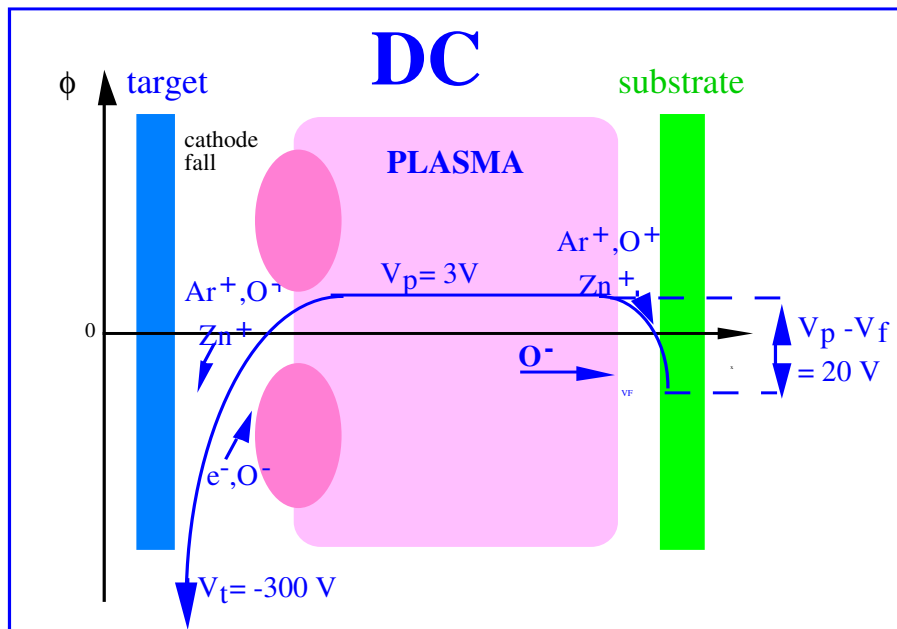
DC 300W, Ar/H₂S=1/3, T_s=450°C, t=20min



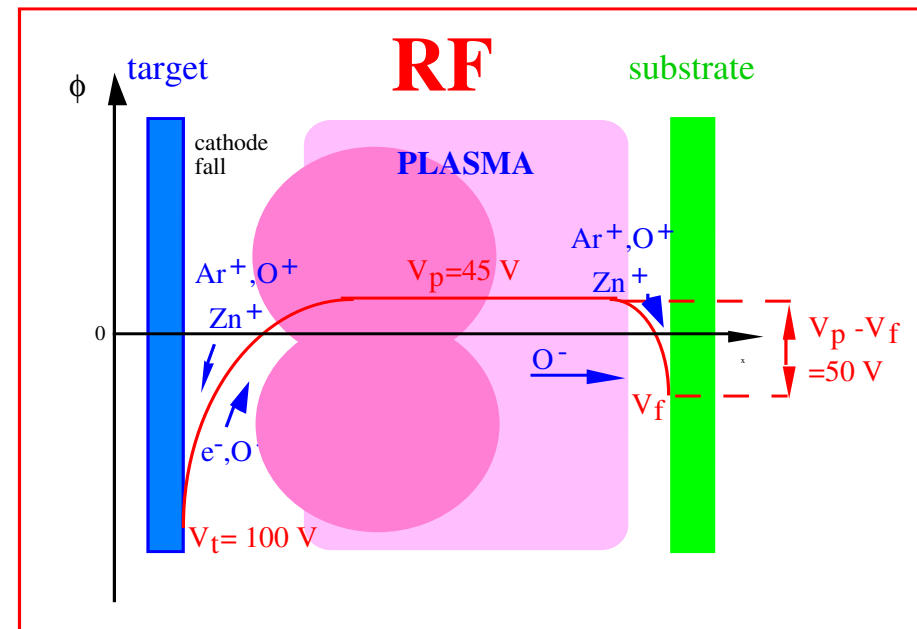
DC 300W, T_s=450°C, t=20min, Druckvariation, H₂/Ar=3



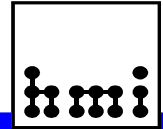
Potentialverteilungen



- Hohe Abscheiderate
- Hohe Teilchenenergien
- Niedrigere Plasmadichte am Substrat



- Niedrige Abscheiderate
- Geringere Teilchenenergien
- Hohe Plasmadichte am Substrat



Zusammenfassung / Ausblick

- Reaktives Magnetronspütern (RMS) in Ar/H₂S ist PRINZIPIELL geeignet, um CuInS₂ ($\eta > 8\%$) und andere sulfidische Verbindungshalbleiter herzustellen (CdS, In₂S₃, MoS₂, WS₂).
- ABER: Jedes Material muß separat optimiert werden, da außer den Plasmaparametern auch strukturelle (Defekte), morphologische (Dichte) und elektronische (Rekombinationszentren) Schichteigenschaften die Materialqualität bestimmen!
- Weitere Experimente sind notwendig, um das Potential des RMS für niedrigere Substrattemperaturen und für die Präparation von Gradientenschichten auszuschöpfen.
- Andere Schwefelquellen (z.B. S-Sputterquelle) testen.
- Die Plasmabedingungen (Druck, Entladungsspannung) müssen so eingestellt werden, daß der Beschuß der wachsenden Halbleiterschichten durch hochenergetische Teilchen (Ionen, schnelle Neutrale mit $E > 50$ eV) minimiert wird.

Danksagung

- **Jan Hinze (HMI)**
- **Richard Menner (ZSW)**
- **Mike Oertel (ZSW)**

