



Neue Methoden bei der Kontaktierung von Solarzellen

Siliziumsolarzelle:

Hohe Stromdichte 34 – 38 mA/cm² bei AM1.5
 Geringe Spannung 0.45 – 0.60 V am MPP

Widerstandsverluste: $I^2R/(I*U) = I*R/U$

→ I und U gegeben, nur R kann verringert werden.

→ mehr Metallisierung nötig → erhöht Abschattung



	mW	%
Generierbare Leistung auf unabgedeckter Fläche	4084,2	100,0
Verlust in der Emitter-Schicht	-47,8	-1,2
Verlust im Kontakt Emitter zu Finger	-27,1	-0,7
Verlust Serienwiderstand der Finger	-38,2	-0,9
Verlust Serienwiderstand in aufgelöteten Bussen	-61,0	-1,5
Abschattung durch die Finger	-178,5	-4,4
Abschattung durch die Busse	-131,8	-3,2
GESAMTE FRONTSEITIGE VERLUSTE	-484,4	-11,9
Verfügbare Leistung am Ende der Busse	3599,8	88,1

Weitere ohm'sche Verluste an Rückseite!



Neue Methoden bei der Kontaktierung von Solarzellen

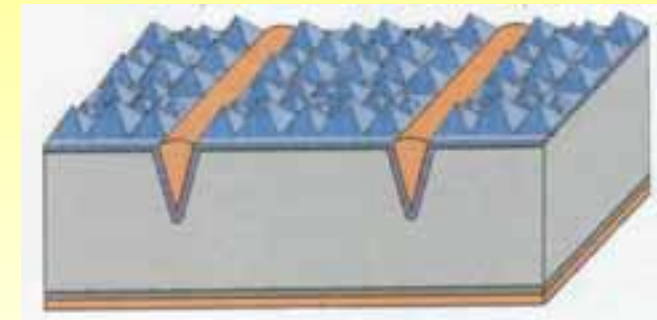
Methoden der Reduzierung der frontseitigen Verluste:



3 Busse
 Reduziert Widerstand
 der Finger



**Galvanische Verdickung
 der Finger**
 Reduziert Widerstand der
 Finger
 Erhöht eventuell Abschattung

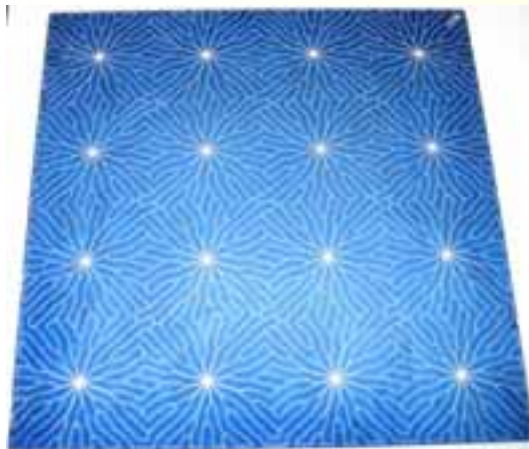


Eingraben der Finger
 Reduziert Widerstand
 der Finger
 Weniger Abschattung
 → Monokristalline Zellen
 sehr hoher Leistung



Neue Methoden bei der Kontaktierung von Solarzellen

Methoden der Reduzierung der frontseitigen Verluste:



Metal-Wrap-Through

Frontkontakt wird über Löcher zu Rückseite geführt.

- Busse auf Frontseite entfallen
- Weniger Abschattung
- Verbindung zu nächster Zelle ausschließlich durch Lötung auf Rückseite („Rückseitenkontaktzelle“)

Nachteil: mögliche Kriechströme zwischen „+“ und „-“, da beide eng nebeneinander auf Rückseite → gute Passivierung nötig



Viele Busse

„day4energy-Elektrode“

Anstatt 2 oder drei Bussen werden viele dünne Drähte gleichmäßig normal zu den Fingern gespannt und auf diese gedrückt. → Bisher leistungsfähigste Module mit polykristallinen Zellen.



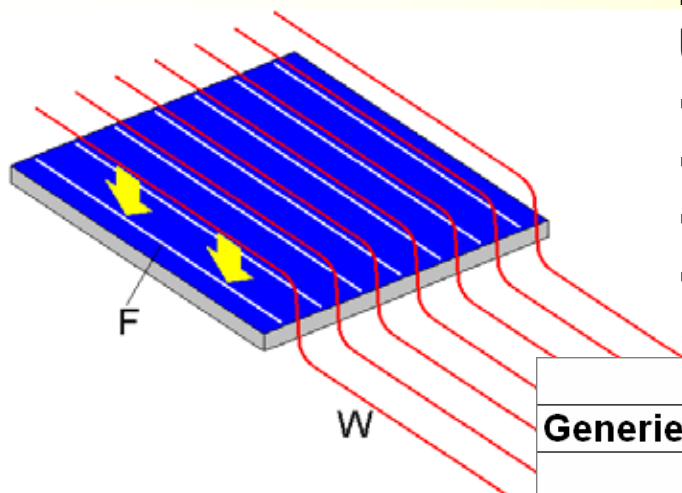
Neue Methoden bei der Kontaktierung von Solarzellen

Am Atominstitut entwickelte Methode: „WIRE CELL“

KEINE BUSSE

Über jedem Finger wird ein dünner Draht aufgelötet

- weniger Abschattung
- weit geringere Widerstandsverluste in den Fingern
- keine Widerstandsverluste in Bussen
- weit geringere Widerstandsverluste an Rückseite



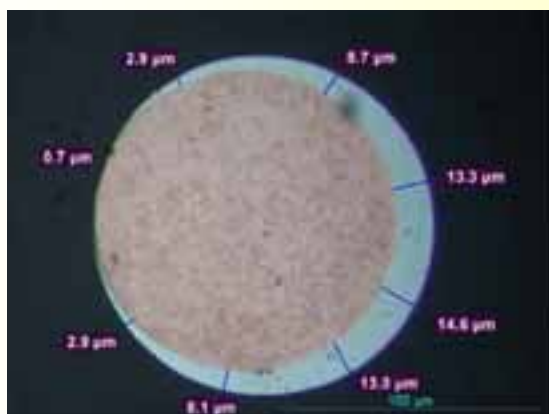
	mW	%
Generierbare Leistung auf unabgedeckter Fläche	4084,2	100,0
Verlust in der Emitter-Schicht	-52,4	-1,3
Verlust im Kontakt Emitter zu Finger	-28,7	-0,7
Verlust Serienwiderstand der Finger plus Drähte	-76,8	-1,9
Abschattung durch Finger plus Drähte	-222,4	-5,4
GESAMTE FRONTSEITIGE VERLUSTE	-380,3	-9,3
Verfügbare Leistung am Ende der Drähte	3703,9	90,7

Über 3% mehr Leistung aus derselben Siliziumfläche



Neue Methoden bei der Kontaktierung von Solarzellen

„WIRE CELL“



Cu-Draht 120µm, umhüllt mit Sn-Pb-Legierung (www.edelhoff-wire.de)

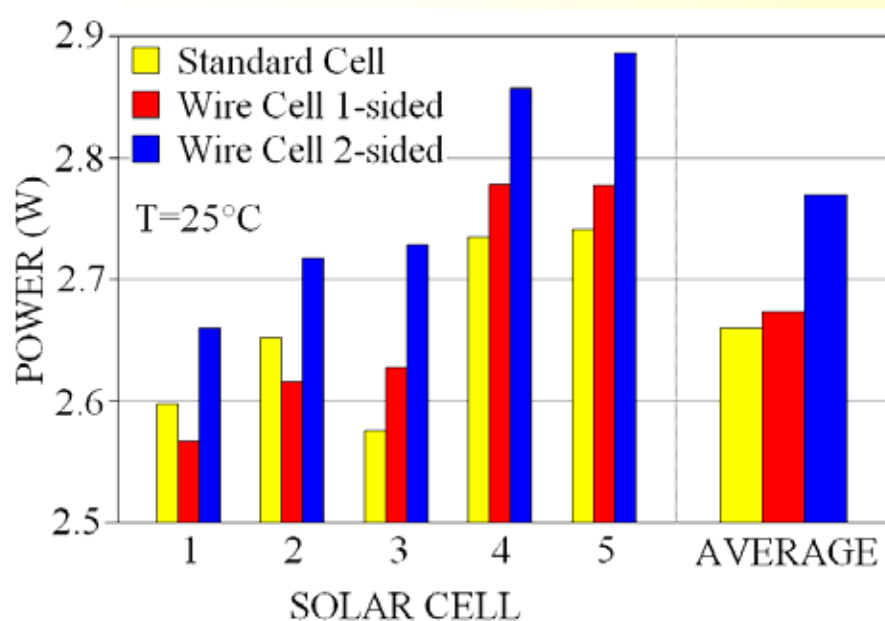


Testzellen (150mm)²
 57 Finger auf Zelle
 → 57 Drähte zu je 15 Lötunkten 5



Neue Methoden bei der Kontaktierung von Solarzellen

„WIRE CELL“



Für direkten Vergleich Drähte entlang Finger von Standardzellen gelötet.

Zuerst Vermessung als Standardzelle, dann als „Wire Cell“

Bis jetzt:

Einseitig: 0.5% mehr Leistung

Zweiseitig: 4.1% mehr Leistung



Neue Methoden bei der Kontaktierung von Solarzellen

Kupfer statt Silber

Problem: Bei Expansion zu Terawatt mittels heutiger Siliziumsolarzelle wird Silber als Kontaktmaterial knapp (Feltrin and Freundlich, *Renewable Energy* 33 (2008), 180-185)

Kupfer darf nicht in Silizium eindringen, da Bandgap-Killer

→ Galvanische Aufbringung, Nickel als Kontakt- und Haftmaterial

Für multikristalline Zellen, und für immer dünnere Zellen ist Laser grooving nicht möglich

→ Finger auf Silizium, die schmal und hoch sind





Neue Methoden bei der Kontaktierung von Solarzellen

Kupfer statt Silber

Mögliches Konzept für schmale und hohe Cu-Abscheidung:
 Einbettungsfolie für künftige Lamination im Modul dient als Maske für Linienmuster der Finger. Busbänder werden mit eingalvanisiert. Maske muss nach Galvanisierung nicht mehr entfernt werden (EVA allerdings ungeeignet)



Ergebnisse:

- Ni-Haftung auf Si nur für sauer texturierte Oberflächen sehr gut.
- Bessere Haftung des Ni und homogenere Abscheidung des Cu (ohne Zusätze) durch pulse plating
- Cu-Bahnen mit $b = 100\mu\text{m}$ und $h > 50\mu\text{m}$ leicht möglich