

Wärmeübergangsverhalten von LED-Systemen auf Basis der Stanz- Laminieretechnik im Vergleich zur konventionellen Technologie

Inhalt

- **Einführung: Thermische Analyse von LED-Systemen – Warum ?**
- **Thermische Analyse von LED-Systemen**
- **LED Substrate auf Stanz- Laminieretechnik bzw. „Stamped Circuit Board“ (SCB) Basis**
 - SCB Technologie
 - Thermische Optimierung mittels SCB
 - Anwendungsbeispiele
- **Fazit**

Thermische Analyse von LED-Systemen – Warum ?

— Heraeus stellt verschiedene Produkte für die AVT her

- Bonddrähte
- Lotpasten, Dickfilmpasten
- Substrate

— Standortbestimmung

- Im Vergleich zur konventionellen Technologie
- Technologie im Bezug auf das thermische Management
- Optimierung der vorhanden Technologie (Materialanforderungen, Geometrie)

— Werkzeug für zukünftige Entwicklungen

- Substrataufbau, Substratmaterialien
- Thermal Interface Materialien (TIM)

Durchgeführt in Zusammenarbeit mit



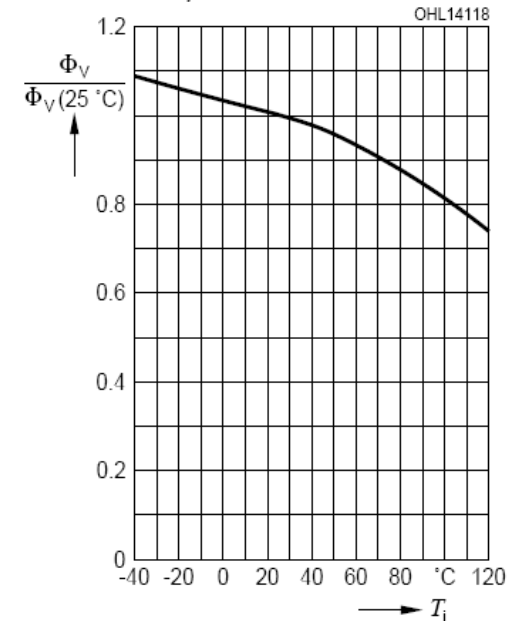
Wärmemanagement im LED-Modul – Warum?

- **Ca. 25% Lichtausbeute (5% Glühlampe)**
- **Rest → Verlustleistung → geht in Wärme über...**
 - **Erwärmung des Chips und somit des LED-Moduls**

Bei steigender Temperatur:

Lichtstrom	Effizienz	Wellenlänge	Vf	Lebensdauer
↓	↓	↑	↓	↓↓ Chip, AVT

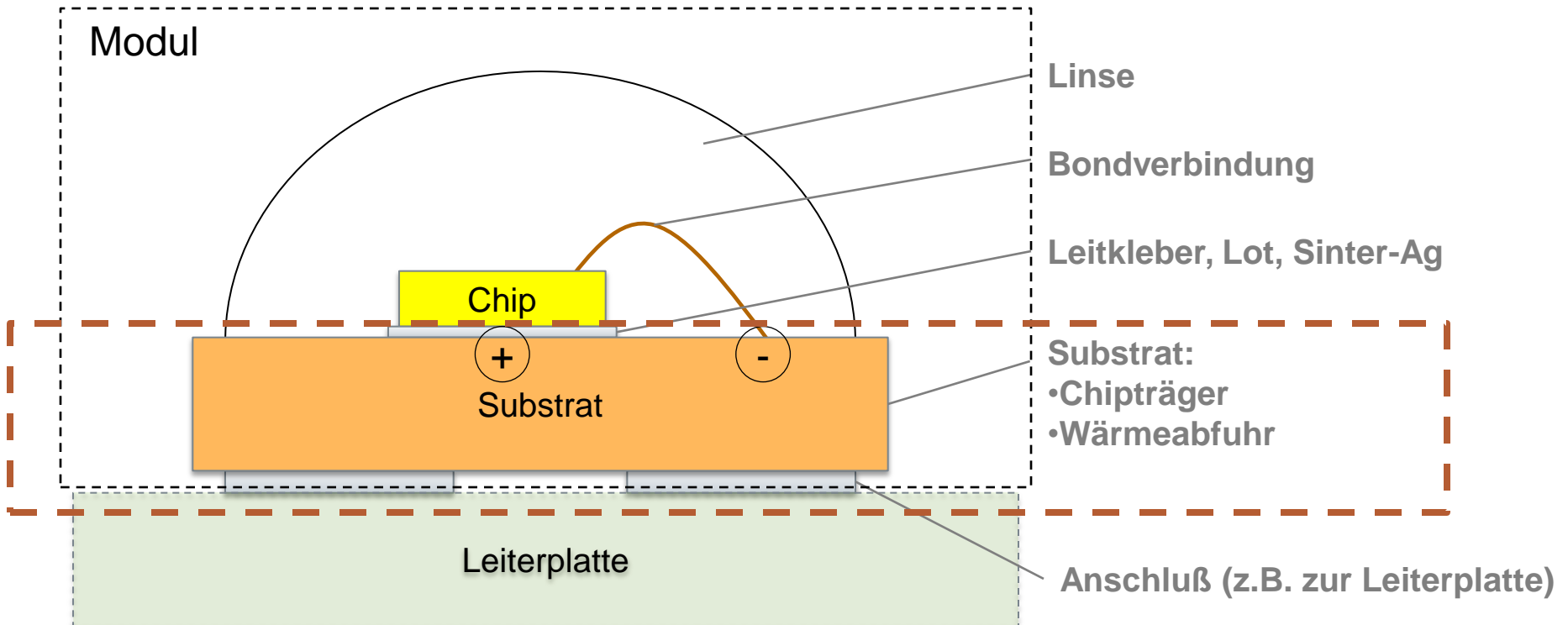
Relative Lichtstrom²⁾ Seite 19
 Relative Luminous Flux²⁾ page 19
 $\Phi_V / \Phi_V(25^\circ\text{C}) = f(T_j); I_F = 700\text{ mA}$



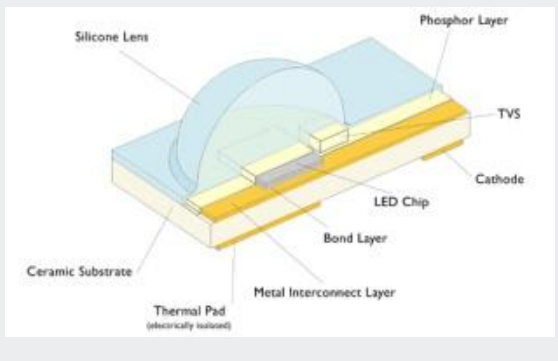
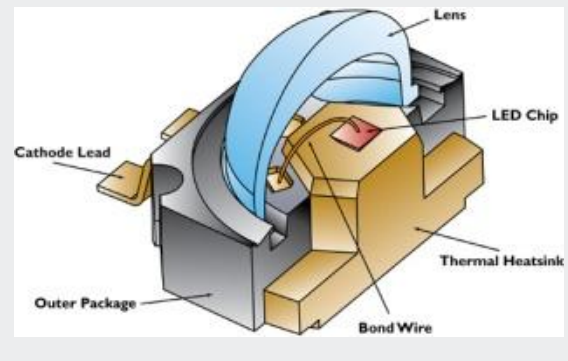
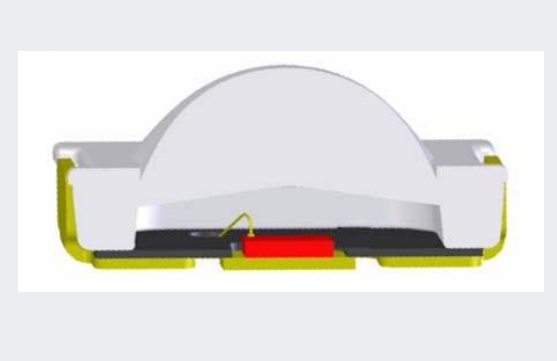
Quelle: OSRAM Opto Semiconductors

Thermische Analyse von LED-Systemen

Prinzipieller Aufbau eines LED-Moduls



Substrat Lösungen für den HB Modul-Aufbau

PCB (Printed Circuit Board)	Kunststoff-Spritzguß	SCB (Stamped Circuit Board)
<p>Basismaterial (FR4, Al₂O₃, AlN, ...) mit strukturierter Metallisierung (Siebdruck, Ätzen)</p>	<p>Stanzteile, Kunststoffumspritzt</p>	<p>Stanzteile, Laminiert mit gestanzten Kunststofffolien</p>
		
<p>Quelle: www.lumileds.com</p>	<p>Quelle: www.lumileds.com</p>	<p>Quelle: www.osram-os.com</p>

Einflüsse auf das thermische Management

— LED-Chip

- Aufbau, Dimensionen, Binning

— LED-Chip Bestückung

- Art der Verbindung: Leitkleben, Löten, Silber-Sintern, etc..

— Leiterplattenanschluss

- Dimensionen (Footprint)

Muss beim Vergleich der Substrate berücksichtigt werden!

— Substrat

- Substrat Technologie: PCB, Kunststoffspritzen, Stanz-Laminieren
- Substrat Materialien: Cu, Cu-Legierungen, AlN, Al₂O₃
- Dimensionen: Design, Materialdicke

Module für den thermischen Vergleich

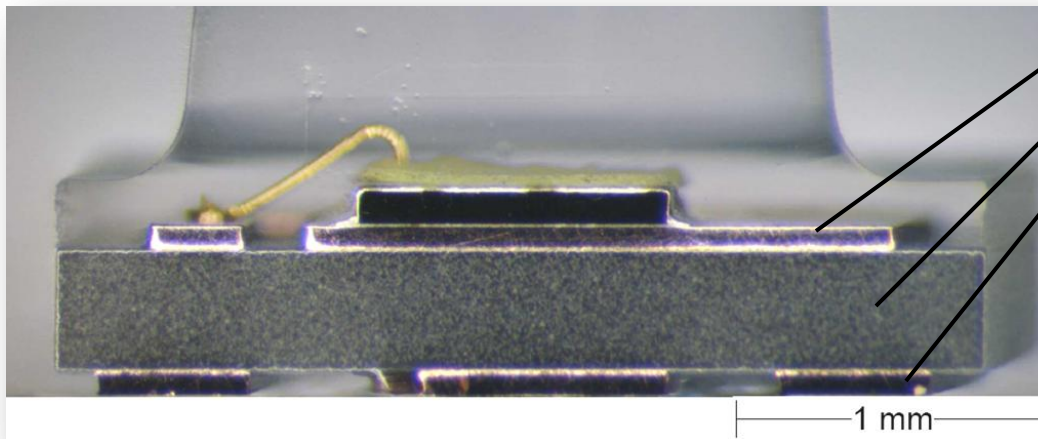
	Modul A (keramische PCB)	Modul B (Kunststoff-Spritzguß)	Modul C (SCB)
Chip Technologie	ThinGaN	ThinGaN	ThinGaN
Chip Fläche	1mm ²	1mm ²	1mm ²
Farbort (nach CIE 1931) Typ. Farbtemperatur	x = 0,31, y = 0,32 6500K	x = 0,31, y = 0,32 6500K	x = 0,31, y = 0,32 6500K
Max. Durchlaßstrom	500mA	500mA	500mA
Max. Stoßstrom	2000mA T ≤ 10µs, D=0,005, TA = 25°C	2000mA T ≤ 50µs, D=0,005, TA = 25°C	1500mA T ≤ 50µs, D=0,005, TA = 25°C
Anwendungs- optimiert für	Langzeit: Allg. Beleuchtung, Backlighting, Kfz, ...	Langzeit: Allg. Beleuchtung, Kfz, Signalleuchten, ...	Kurzzeit/Flash: Blitzlicht, Videoleuchte,...

Quelle: www.osram-os.com

Modul A Keramische PCB

— Keramische PCB

- **Stabilität durch Kupfer-Keramik Verbund**
- **Durchkontaktierungen notwendig**



Kupferlage

AlN

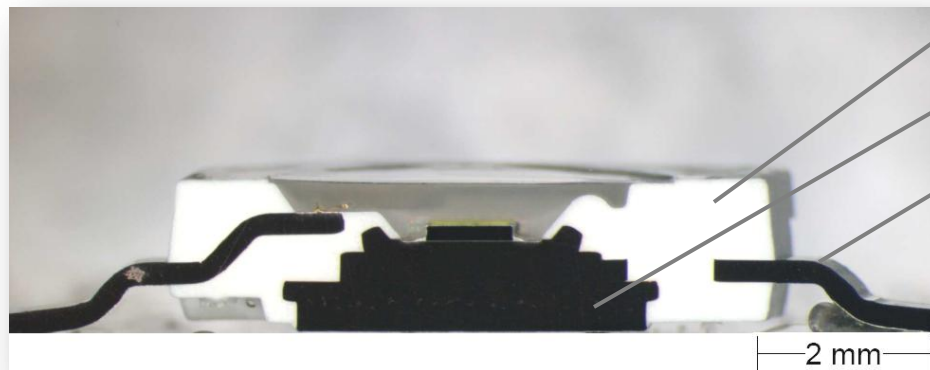
Lötanschlüsse

Material	λ [W/mK]	d [μ m]
Ag-Kleber	5	6-10
Cu	390	60-80
AlN	140-220	380-400
Cu	390	60-70

Modul B Kunststoff Spritzguß

— Kunststoff-Spritzguss

- **Stabilität durch Umspritzung**
- **Cu Heat-Sink direkt unter dem Chip**



Kunststoff-Umspritzung
 Heat-Sink
 Lead

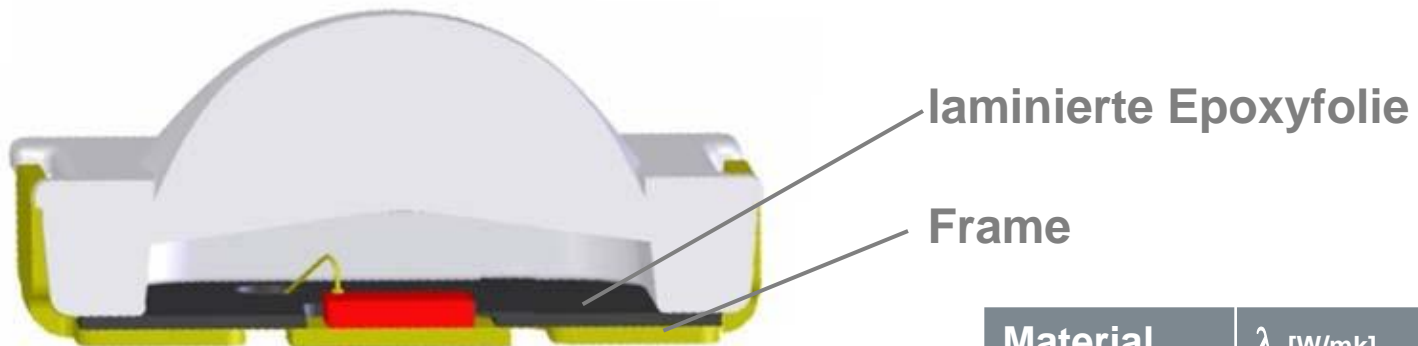
Material	λ [W/mK]	d [μ m]
Ag-Kleber	5	6-10
Cu	390	500

Modul C SCB-Technologie



— SCB-Substrat

- Designend und optimiert für Flash- bzw. Kurzzeitanwendungen!
- Stabilität durch laminierte glasfaserverstärkte Epoxyfolie
- Einfacher sehr effektiver Substrataufbau, sehr gute thermische Eigenschaften

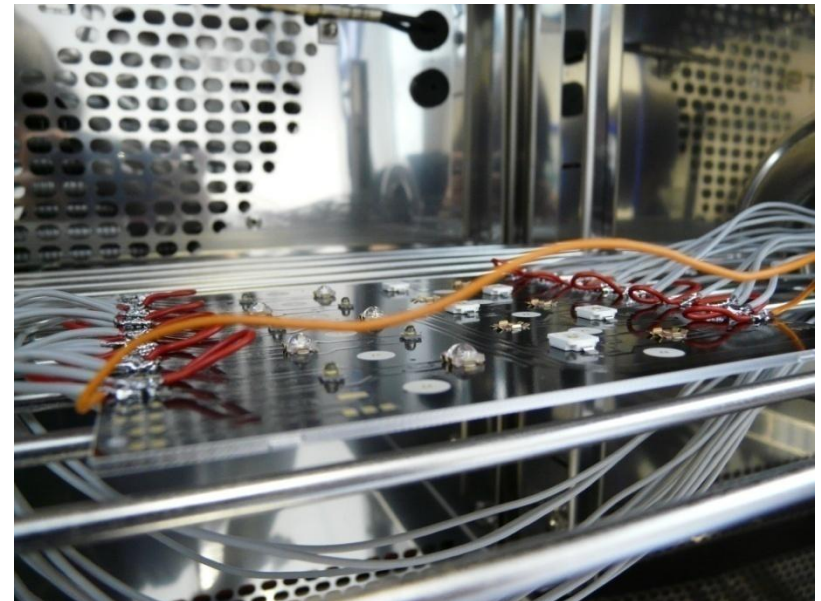


Material	λ [W/mK]	d [μ m]
Ag-Kleber	5	10
CuNi3SiMg	190	150

Thermischer Vergleich der Module

— Versuchsaufbau

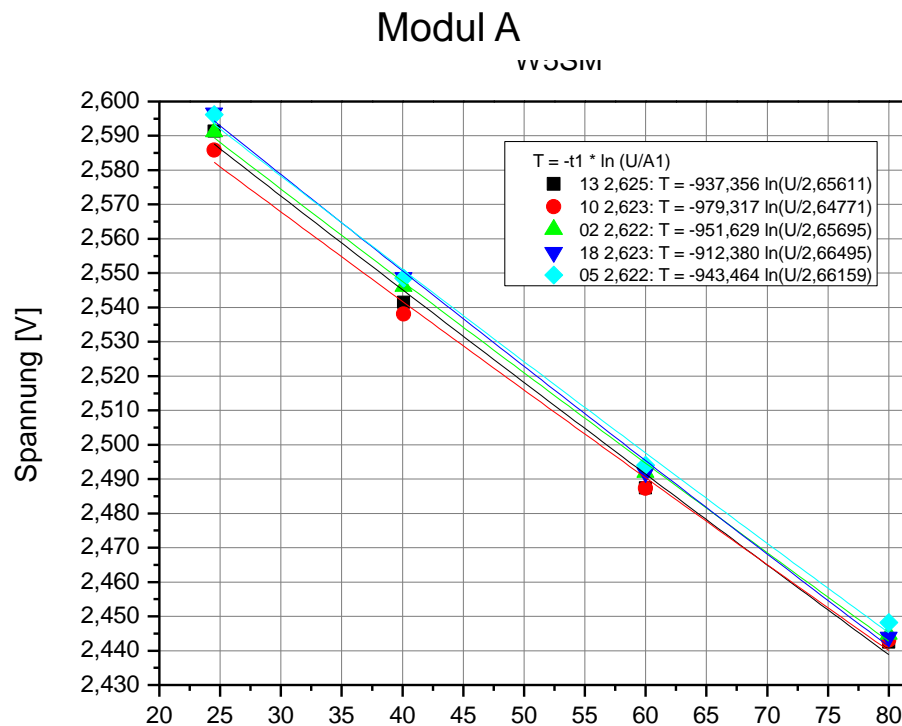
- Jeweils 5 Aufbauten pro Modul-Variante
- 4 Polmessung der Vorwärtsspannung



Thermischer Vergleich der Module

— Kalibrieren des Testaufbaus

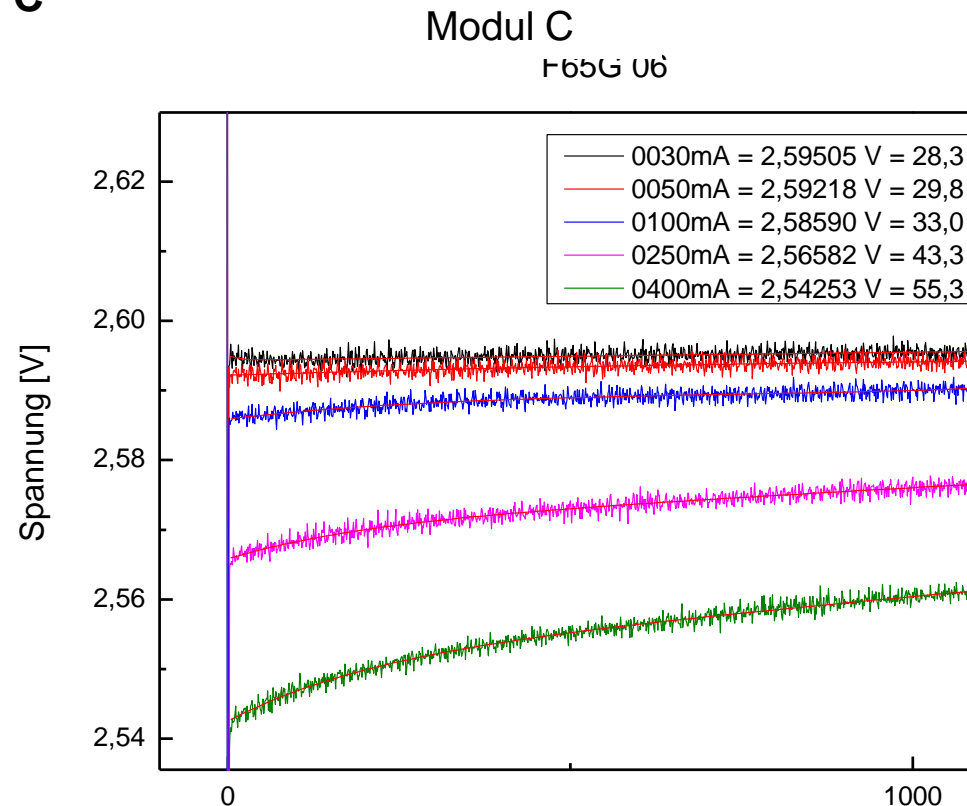
- Spannung U bei RT, 40, 60 und 80°C (500µA)
- Beispiel: Kennlinie Modul A



Thermischer Vergleich der Module

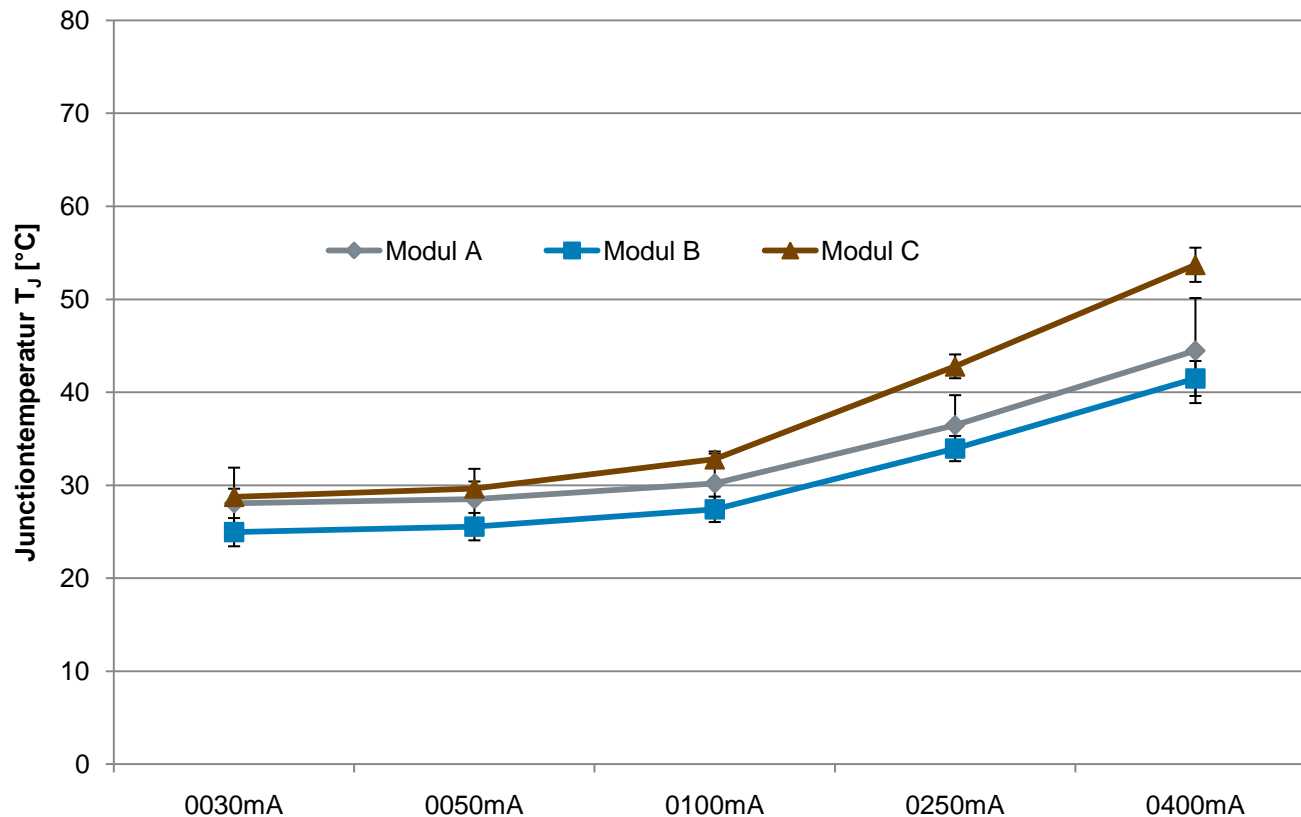
— Messung

- Messung der Spannung bei 30, 50, 100, 250 und 400mA
- Beispiel Modul C



Thermischer Vergleich der Module

Ergebnisse



Thermischer Vergleich der Module

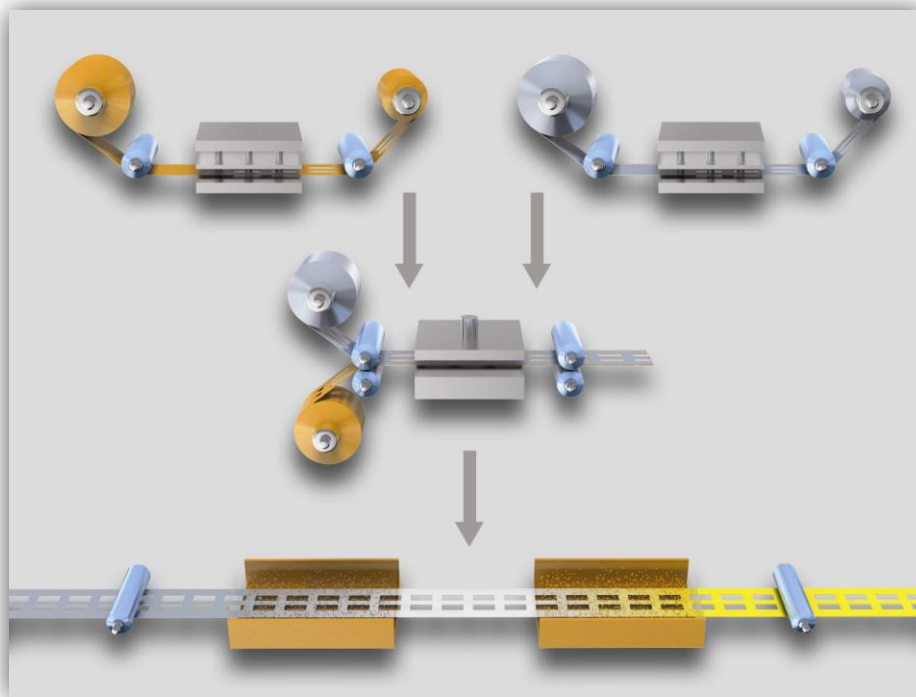
- **Vergleichbare T_J in Modul A (Keramische PCB) und B (Kunststoff-Spritzguß)**
- **T_J in Modul C (SCB) geringfügig höher**
 - Optimierung für Kurzzeit/Flash-Anwendungen
 - Im Impulsbetrieb ist die Wärmekapazität maßgebend in Verbindung mit der Stabilität des Substrates
 - Deutliches Verbesserungspotenzial durch Materialauswahl, angewandte Verbindungstechnologie und Geometrie
- **Vergleich mit optimiertem SCB-Substrat**

Die Anwendung bestimmt das notwendige Moduldesign

LED Substrate auf SCB Basis

SCB - Herstellungstechnologie

— Rolle zu Rolle Fertigungsprozesse



Stanzen

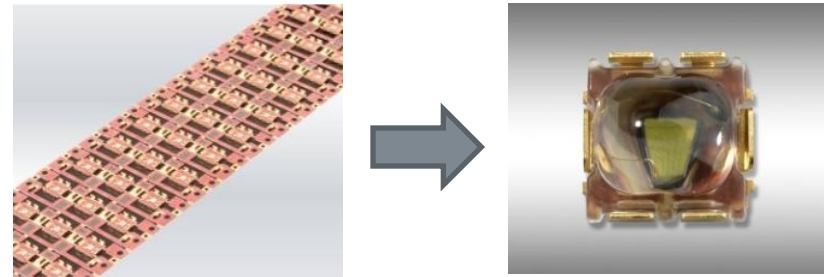
Laminieren

Galvanisieren

Vorteile der SCB-Technologie

— „Rolle zu Rolle“

- hohe Produktivität
- hohe Automatisierbarkeit
- Kostenreduzierung



— Möglichkeiten der Stanztechnologie (Biegen, Prägen, ...)

- Stabilisierung des Substrates, Fixierung von Linsen, gestanzte Kühlrippen
- Kontaktierung in verschiedenen Ebenen → ggf. Reduzierung der Baugröße

— Verschiedene Materialien und Materialdicken

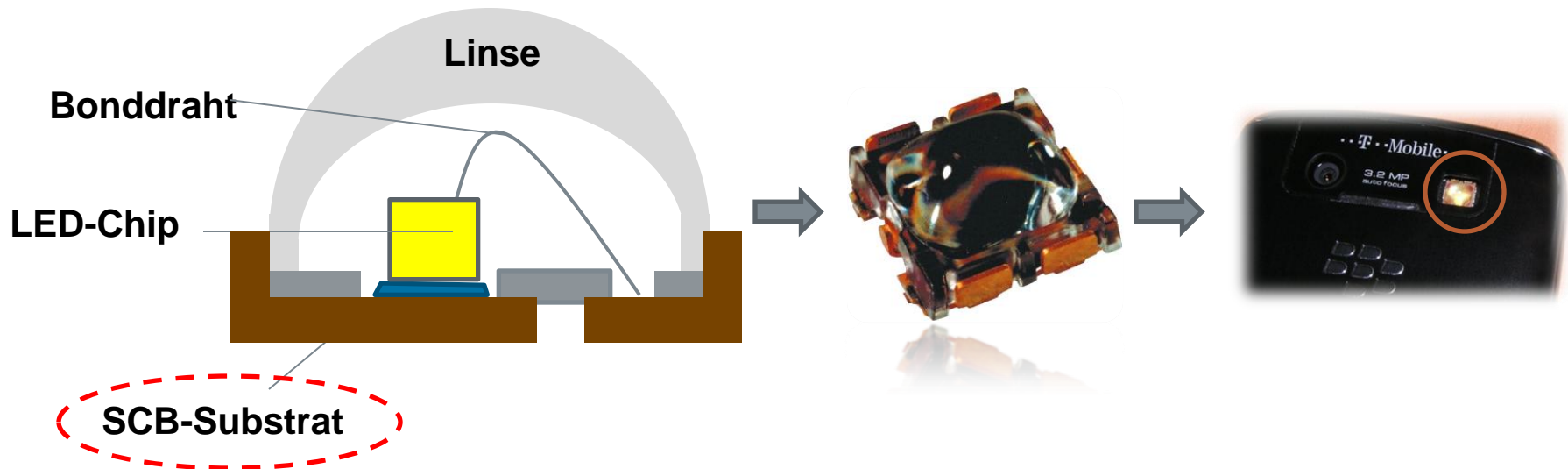
- Für jede Anwendung das „kostenoptimierte“ Material wählbar

— Handling beim Kunden ist einfacher gegenüber Standardtechnologien

— Einfache Vereinzelung der Module

Beispiele für SCB-Substrate in LED Modulen

— Anwendung z.B. in Handys als Flash-LED



Thermischer Widerstand des Moduls

Definition im Package:

Spezifischer thermischer Widerstand:

$$R_{\lambda} = \frac{1}{\lambda}$$

absoluter thermischer Widerstand:

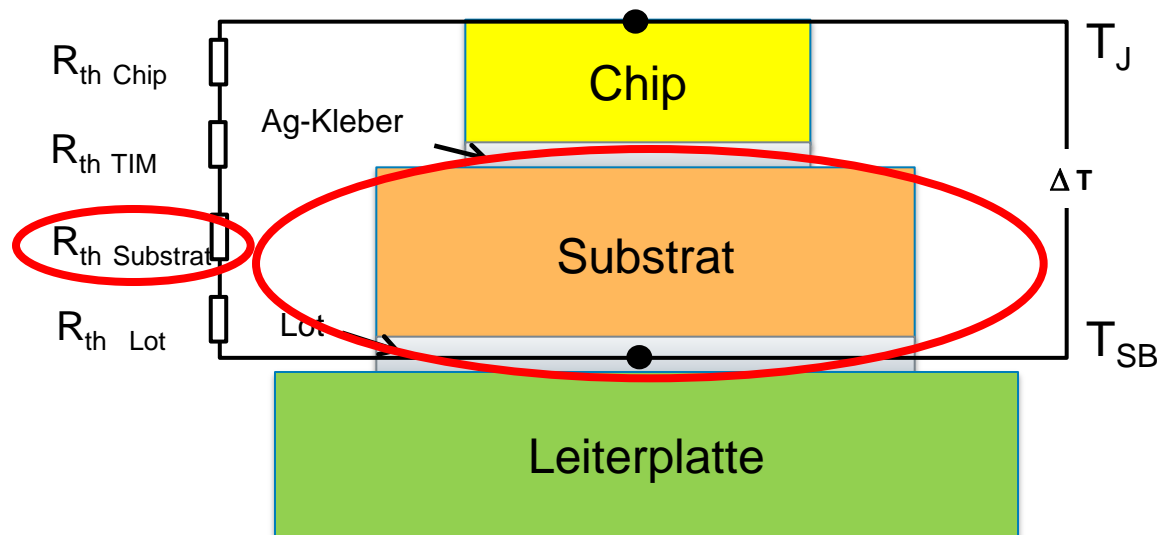
$$R_{th} = \frac{T_J - T_{SB}}{P_{th}} = \frac{\Delta T}{P_{th}} = \sum R_{th_i}$$

P_{th} Wärmeleistung

R_{th_i} Thermischer Widerstand der Ebene i

d_i Dicke der Ebene i

λ_i Wärmeleitfähigkeit der Ebene i
 A_i Wärmeleitende Fläche der Ebene i



**Optimierung
des SCB -
Substrates**

Anwendungsspezifische Optimierung des SCB Substrats

— Definition der Anforderungen

- **Wärmemenge?** (Chiptyp, Lichtstrom, notwendige Bestromung...)
- **Art und Dauer der Belastung?** (CW, gepulst, Langzeit-, Kurzzeitanwendungen)
- **Design** (Bauteilgröße, Materialien, Festigkeit, Farbe...)

— Definition des Substrat-Aufbaus

- **Werkstoffeigenschaften** (Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, Festigkeit)
- **Materialdicken**
- **Design (Fläche)**
- **OFL-Veredelungen** (Löten, Kleben, Silbersintern, Andruckkontaktierung)

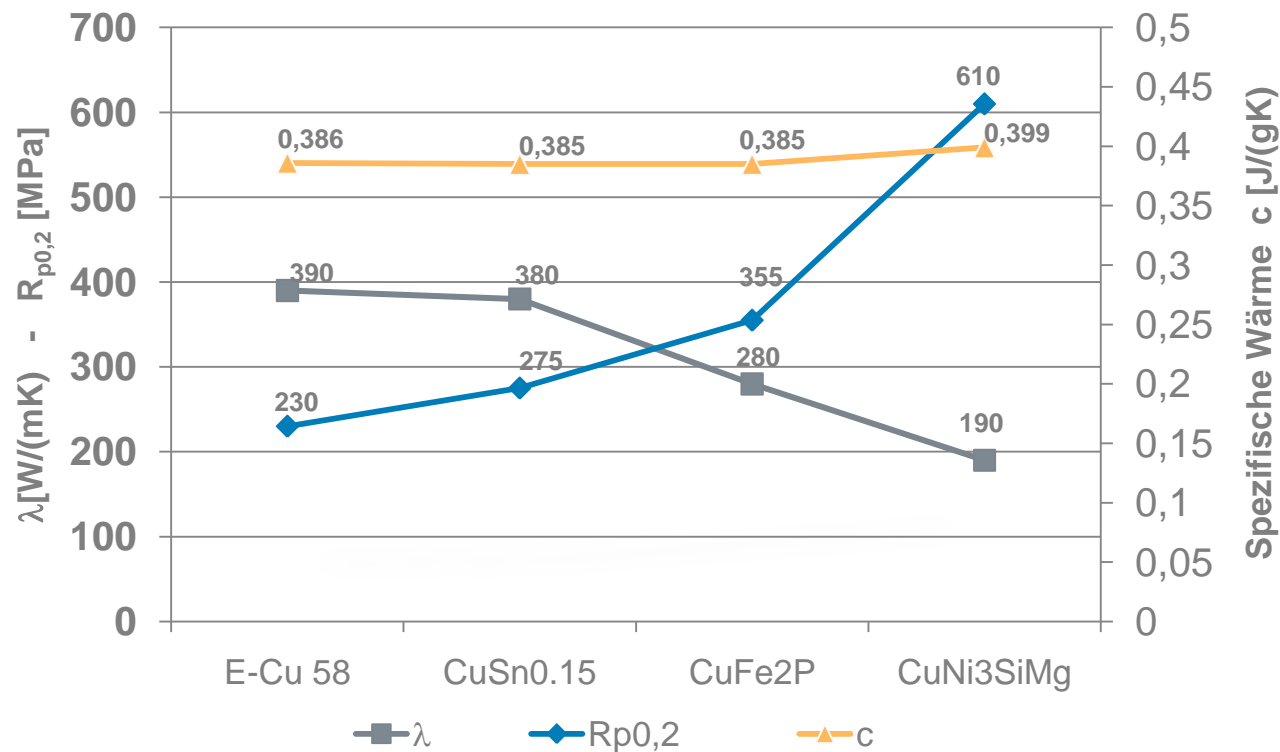
Die Anwendung bestimmt das notwendige Moduldesign

Optimierung R_{th} des SCB-Substrates

Parameter	λ	d	A
	Verschiedene Werkstoffe bzw. Legierungen	Variation der Materialdicken	Optimierung des Substrat -Designs
Beispiele aus der Praxis	Cu Cu-Legierungen Al-Legierungen	35 μ m 75 μ m 150 μ m 210 μ m 300 μ m	z.B. Footprint

Definition des Materials

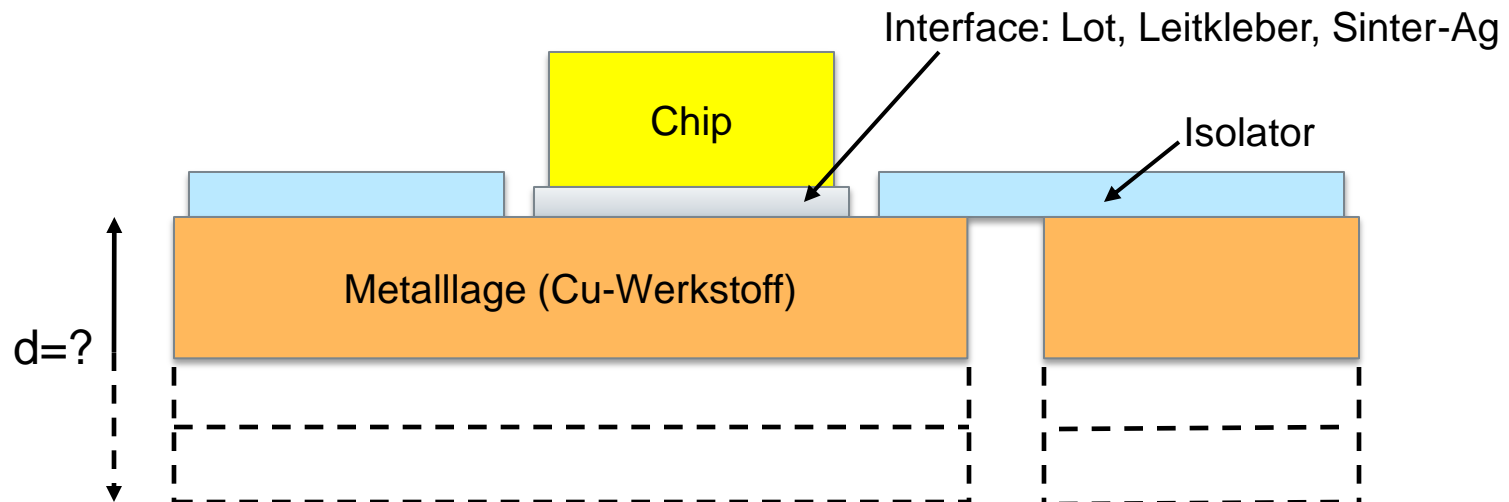
Der „maßgeschneiderte“ Werkstoff



Richtige Definition der Materialdicken

Positive Eigenschaften der Materialien nutzen!

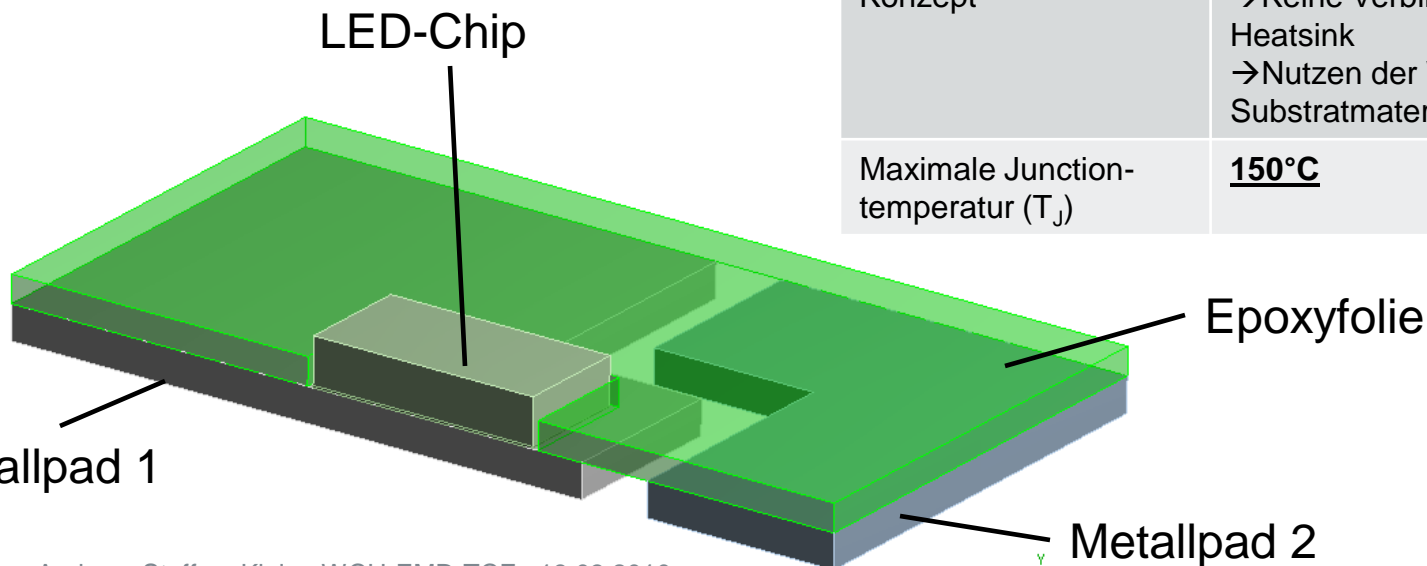
- Einfluss auf die absolute Wärmekapazität (z.B. Kurzzeit-Anwendungen)
- Einfluss auf die Wärmespreizung (Langzeit-Anwendungen)



Definition der notwendigen Metalldicke

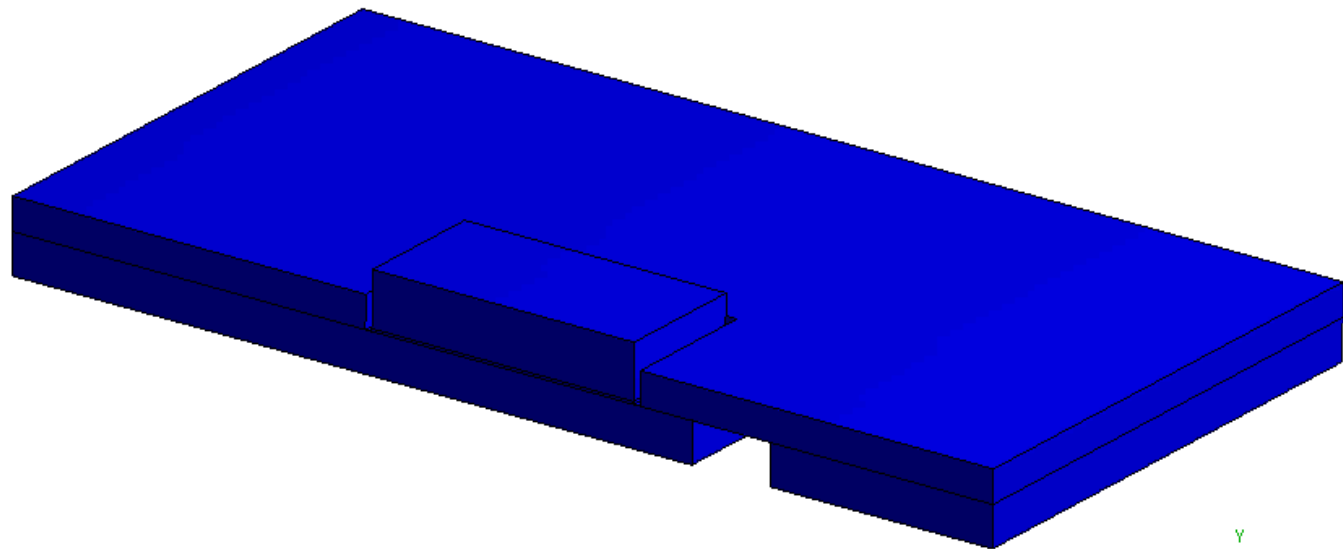
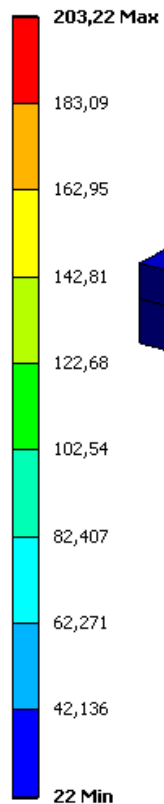
— ...z.B. mittels FEM-Simulation

Anforderungen	
Anwendung	Blitzlicht z.B. Handy/Signalleuchte - Strahldauer: 2sec.
Wärmeleistung des Chips	1,275 W /mm ²
Thermal Management Konzept	Selbstkühlung im Package →Keine Verbindung zu einem Heatsink →Nutzen der Wärmekapazität des Substratmaterials
Maximale Junctiontemperatur (T _J)	<u>150°C</u>

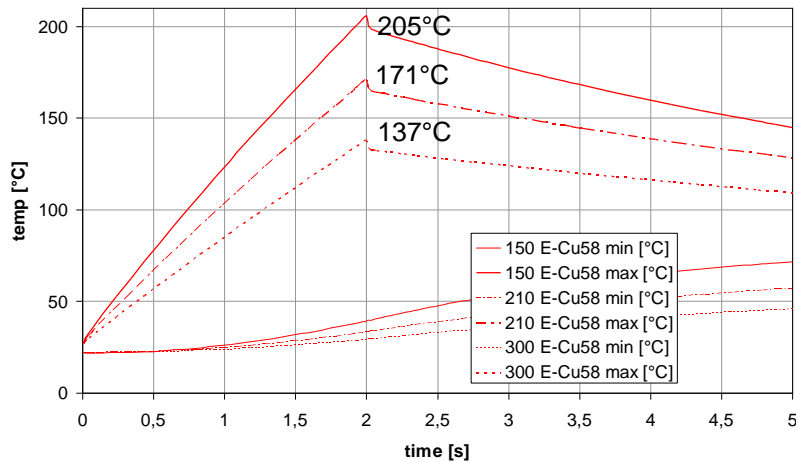


Simulation: Beispiel 150µm Banddicke

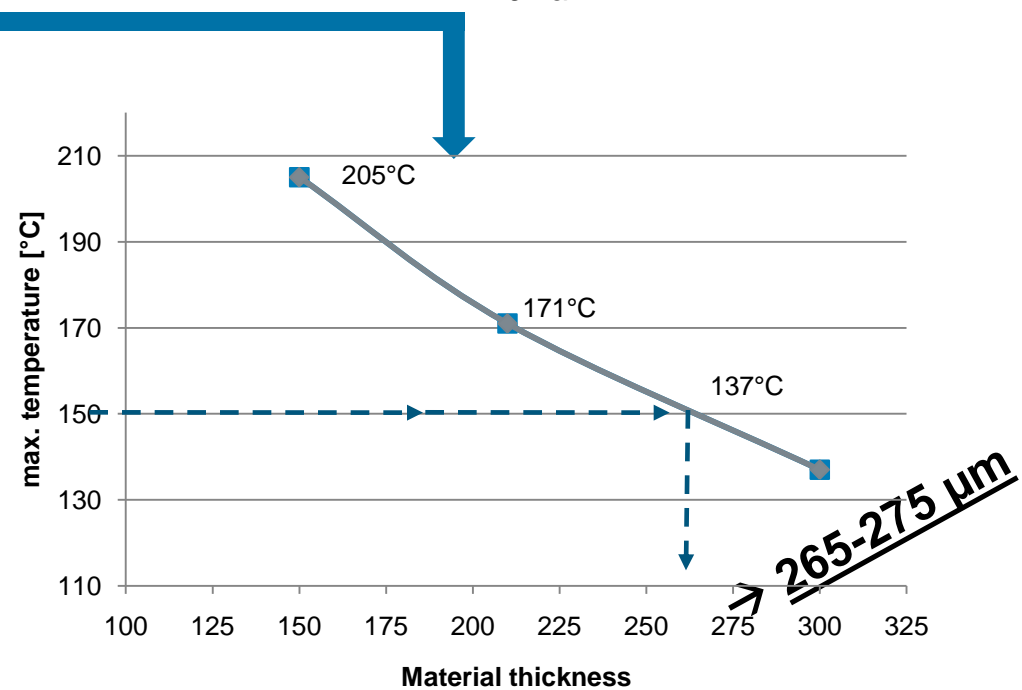
Temperature
 Type: Temperature
 Unit: °C
 Time: 2
 22.02.2010 16:37



Bestimmung der Maximalen Temperatur in Abhängigkeit zur Banddicke



Übertrag der Werte für T_{Jmax} (d)



Fazit

- **Verschiedene Substrat- bzw. Modullösungen am Markt verfügbar**
- **SCB-Technologie**
 - **Material- und Designoptimierung je nach Anwendung**
 - **Endlosfertigung (R2R), ...**
- **Aktuelle Entwicklungen: Optimierung des SCB für Langzeit-Anwendungen**

Prozess- und Technologie- „Know-how“ zur Entwicklung der „maßgeschneiderten“ Lösung vorhanden