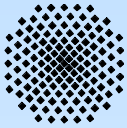


Red Surface Emitters for High Temperature- and High Power-Applications

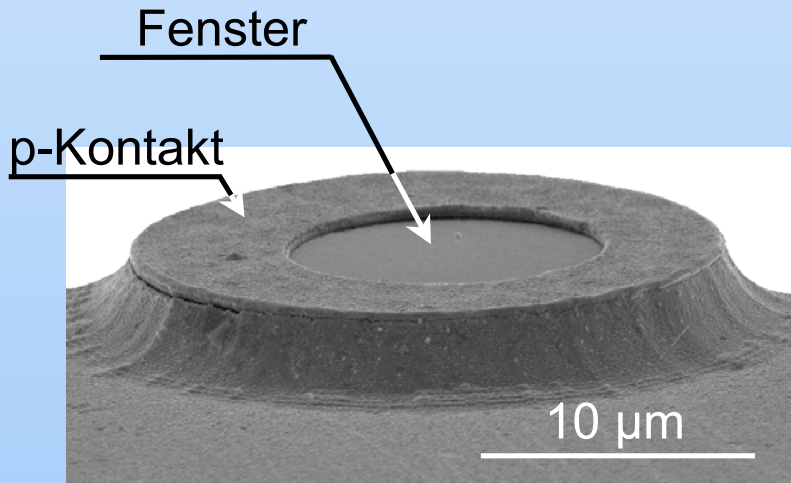


4. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart

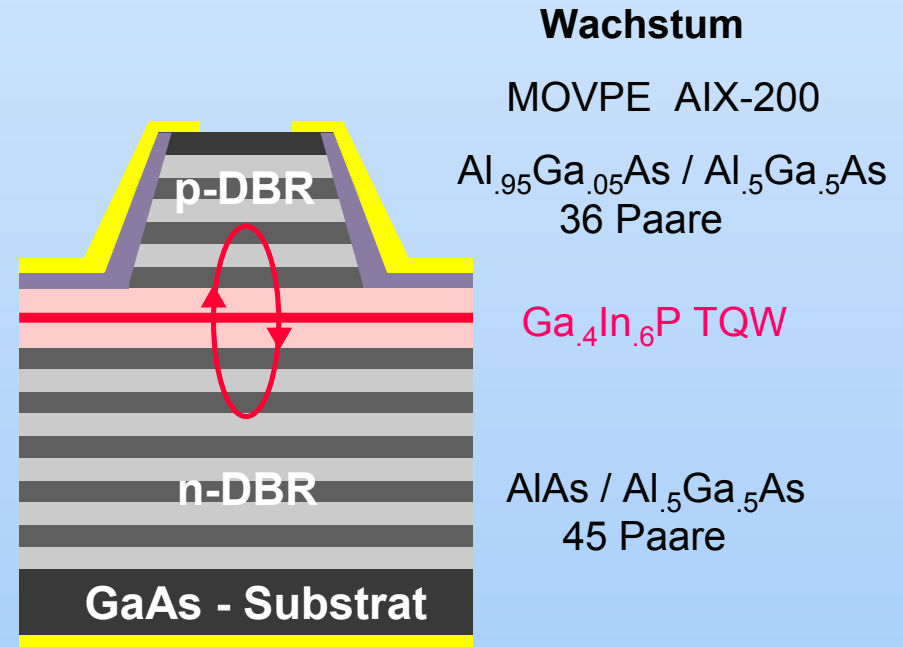
H. Schweizer, R. Roßbach, T. Ballmann, R.
Butendeich, M. Jetter, F. Scholz

VCSEL – Vertical Cavity Surface Emitting Laser

REM - Bild



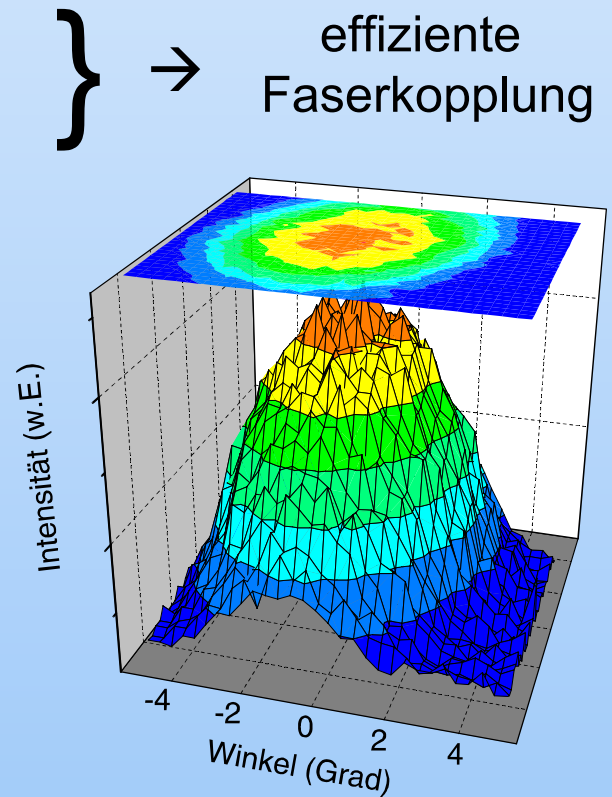
Vertikalstruktur



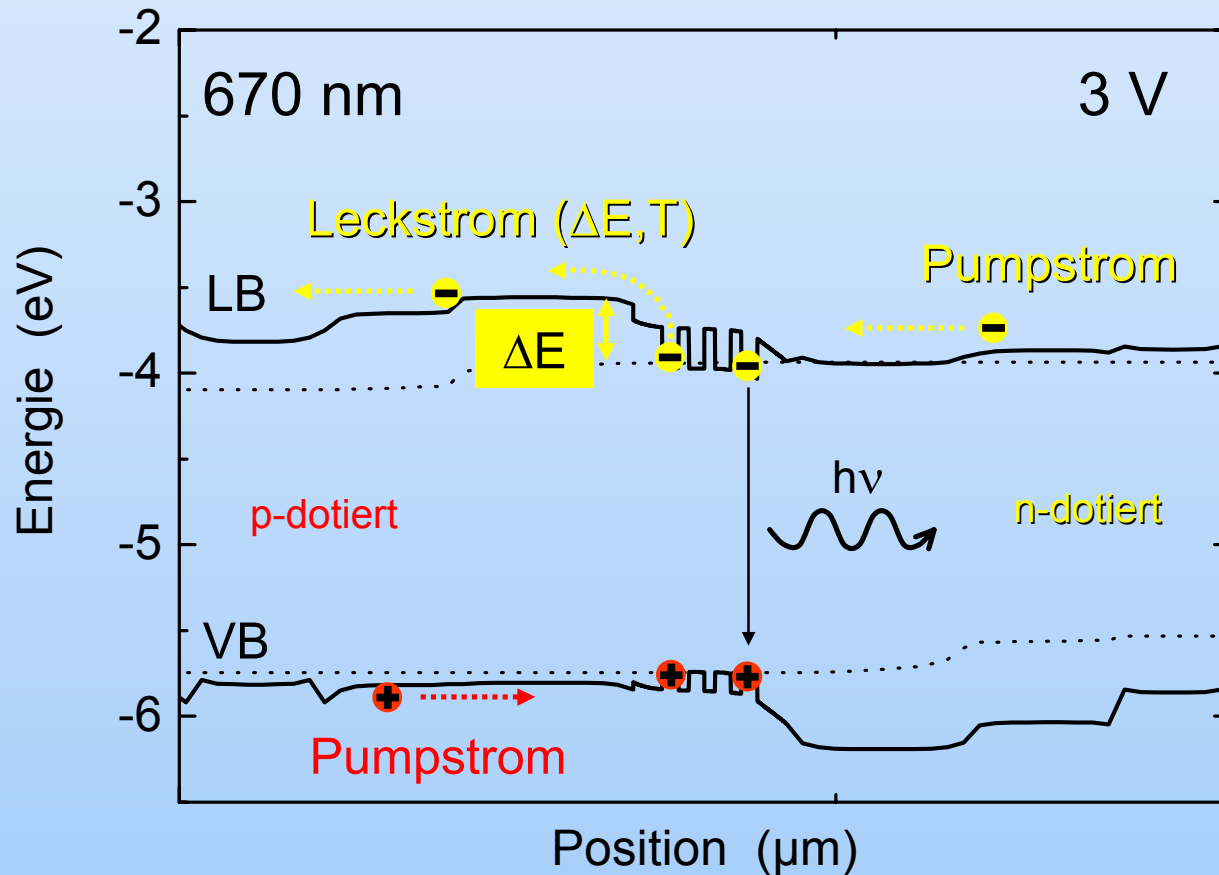
Warum VCSEL ?

Vorteile

- zirkulares Strahlprofil
- geringe Strahldivergenz ($\sim 10^\circ$)
- 1D-, 2D-Array
- geringe Ströme (typ. $< 1 \text{ mA}$)
- kostengünstig
- Hochgeschwindigkeitsmodulation
 - Automotive Anwendung
 - Kommunikation



Thermische Reemission



$\lambda = 670 \text{ nm}$:

$\Delta E = 400 \text{ meV}$

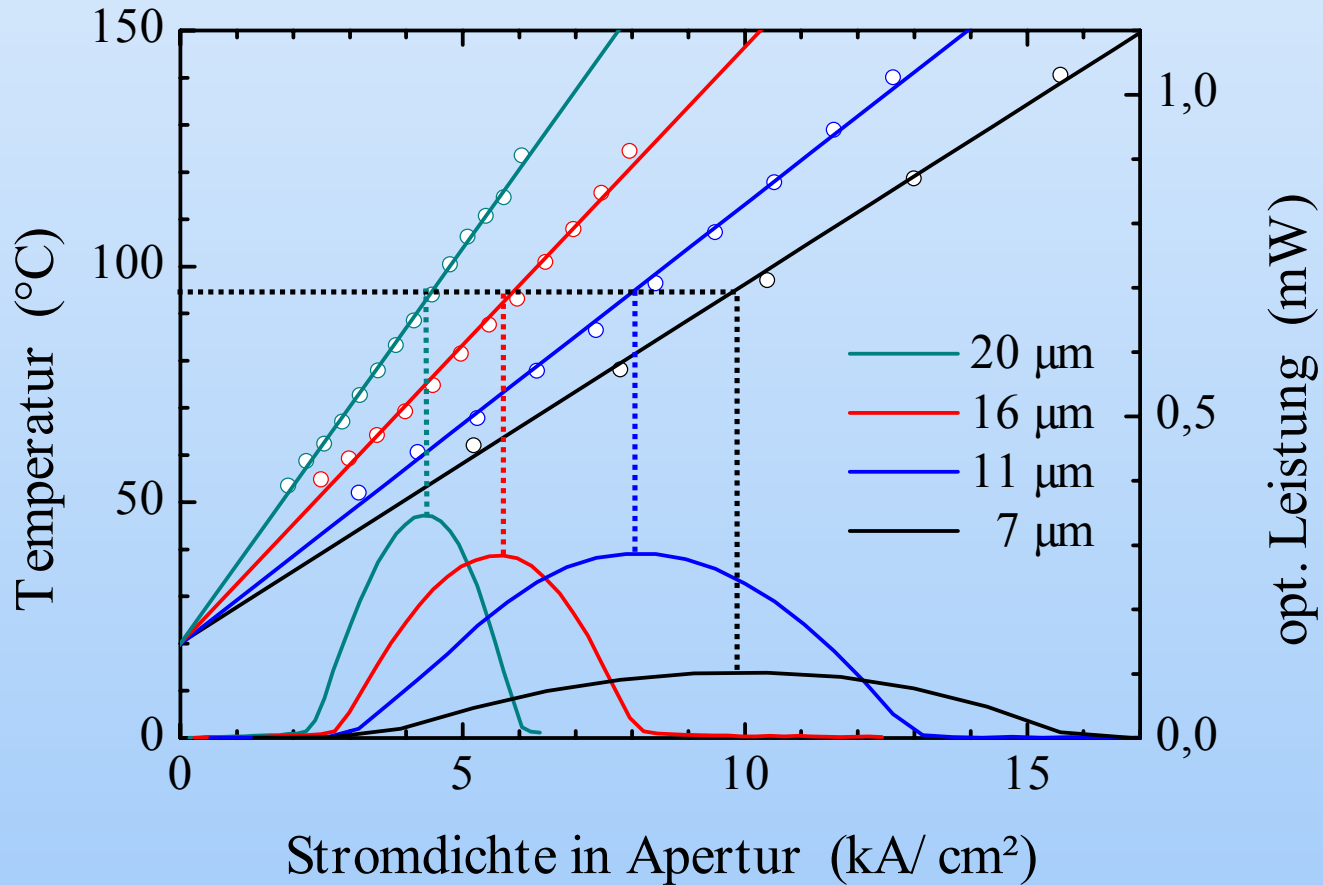


$\lambda = 650 \text{ nm}$:

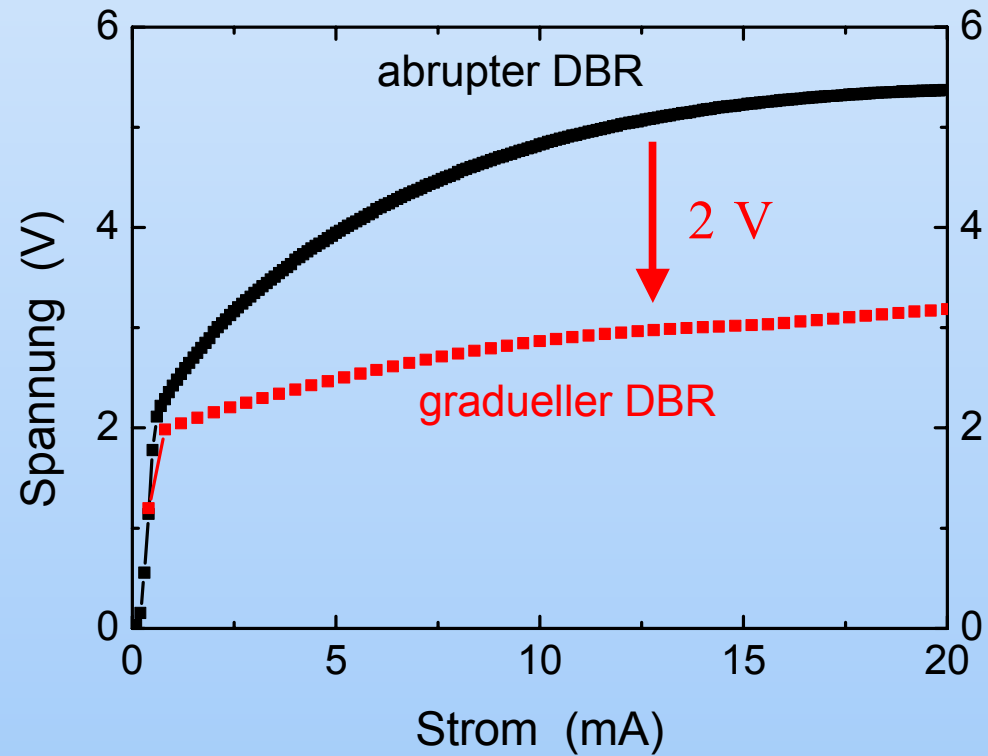
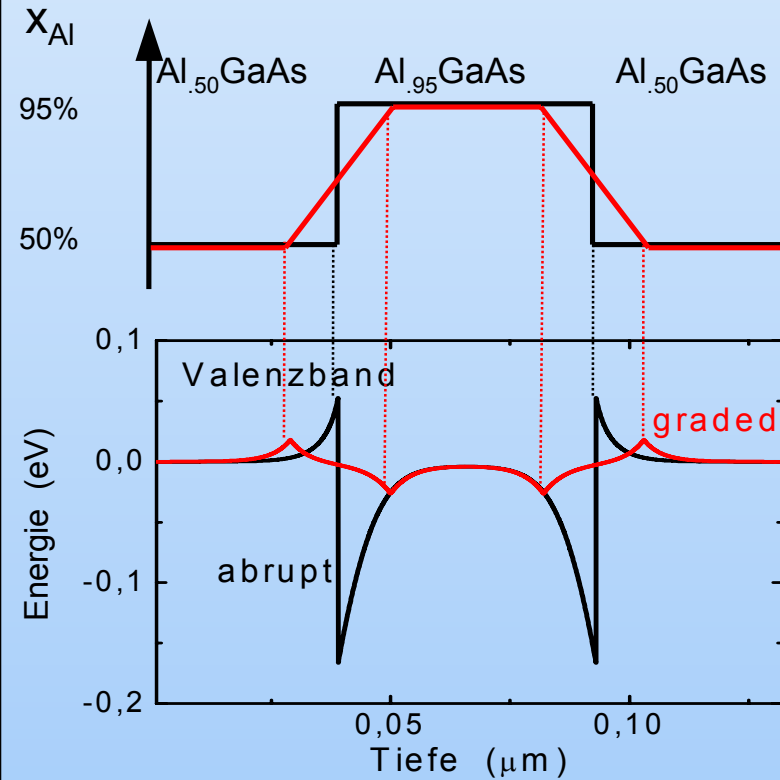
$\Delta E = 340 \text{ meV}$

→ temperaturempfindlich !

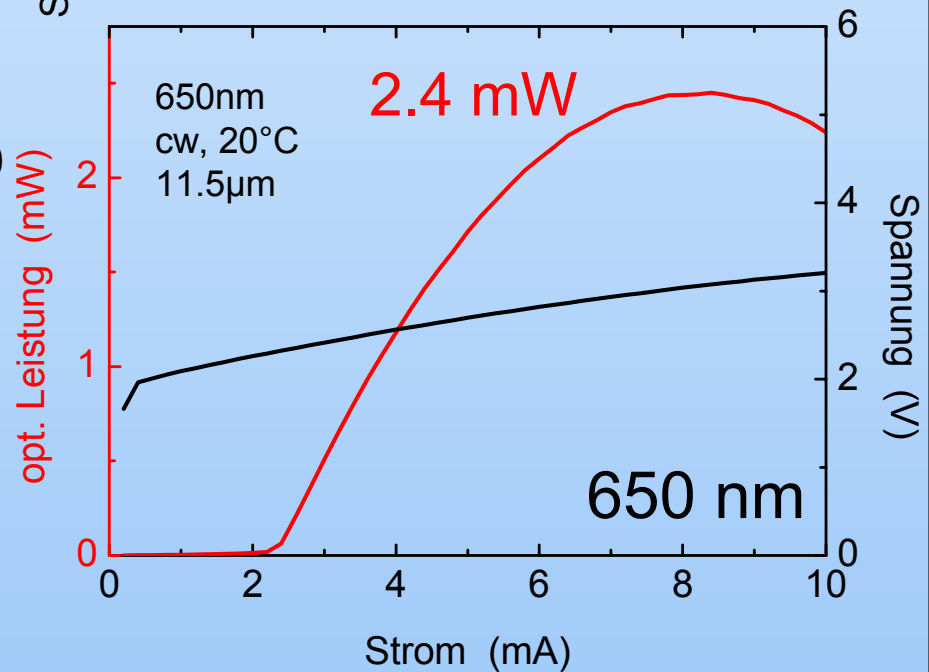
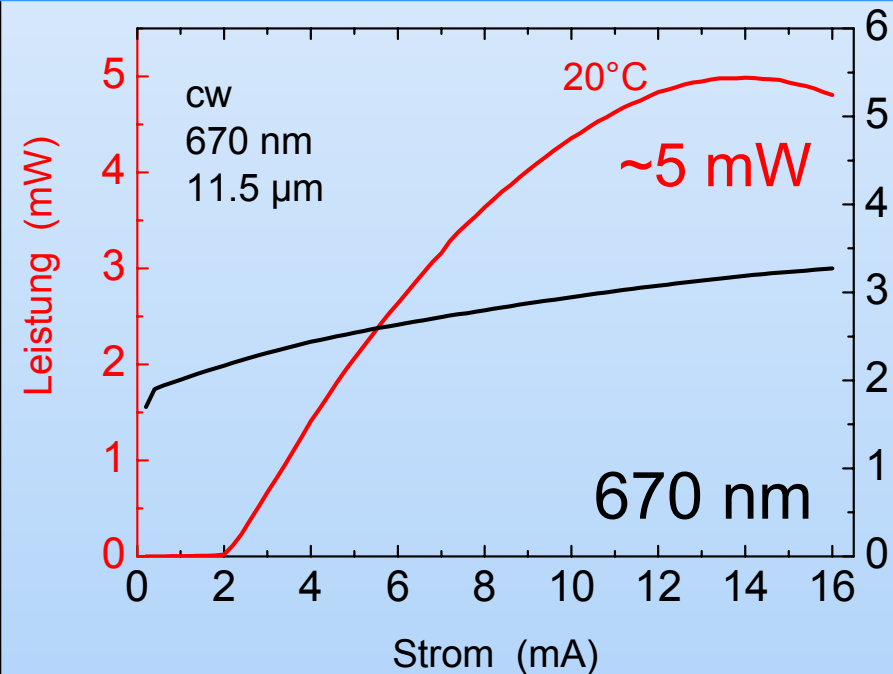
Innere Temperatur



Reduktion des Widerstandes

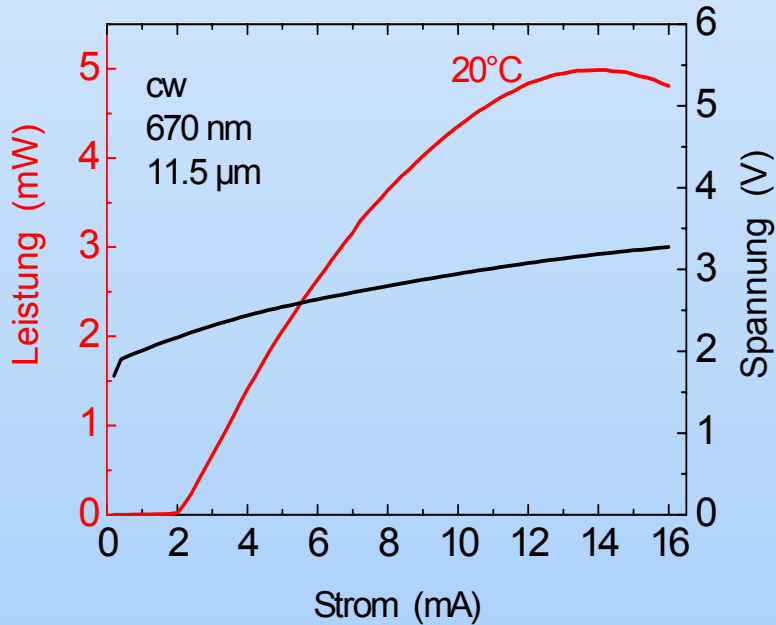


Maximale Leistung 670/650 nm



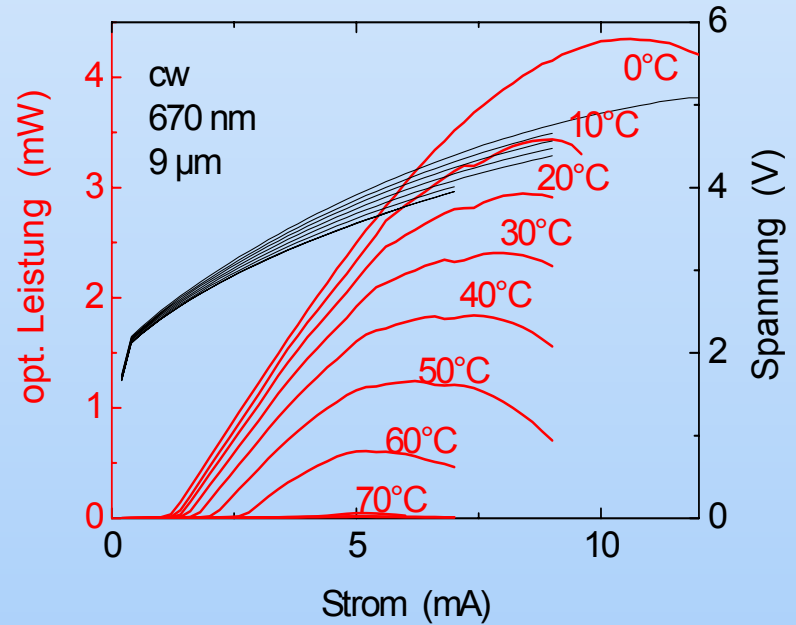
VCSEL – Ergebnisse 670nm

max. Leistung



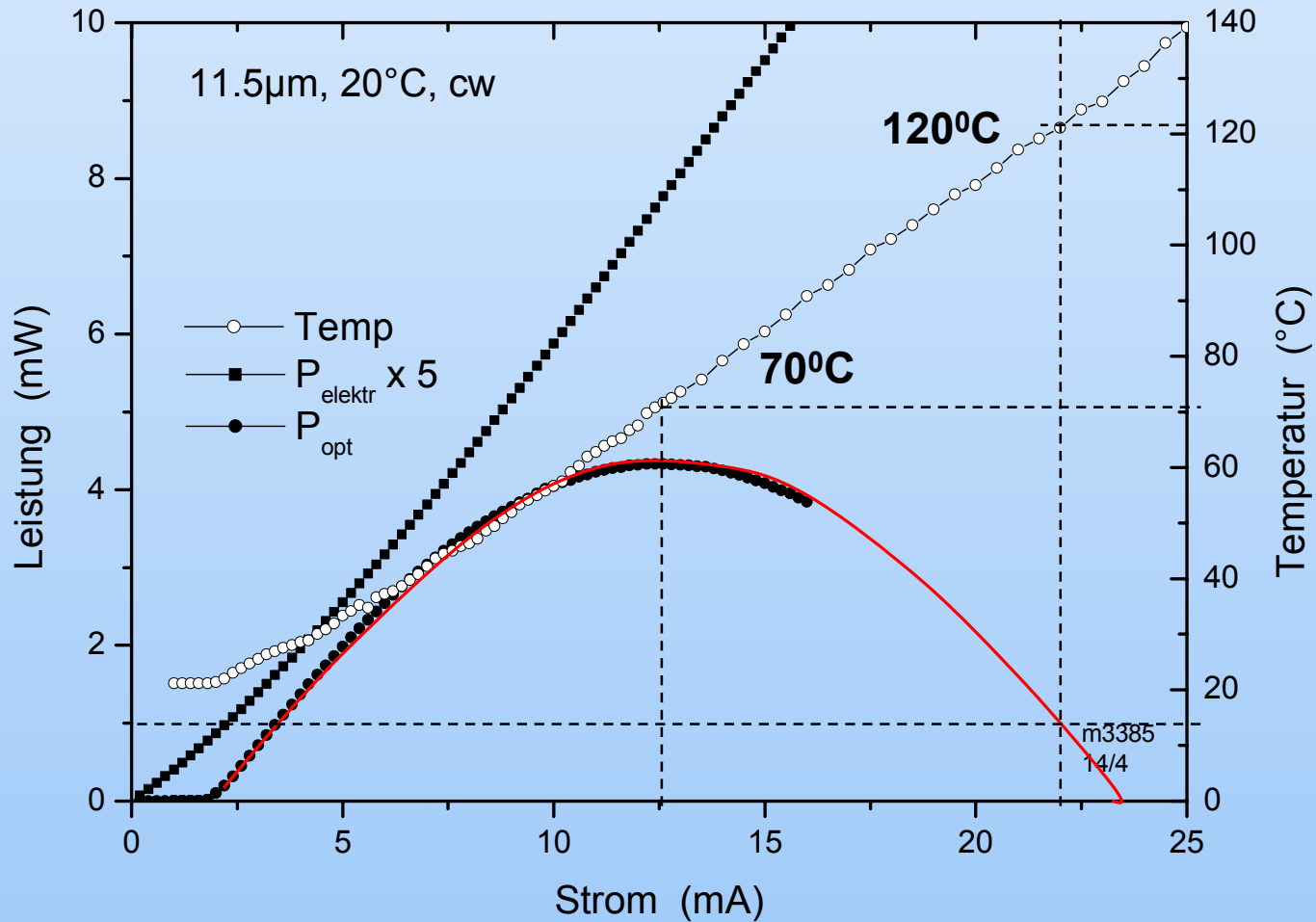
➔ $P_{\max} = 5 \text{ mW}$
(noch mit GaAs-Cap)

max. Temperatur



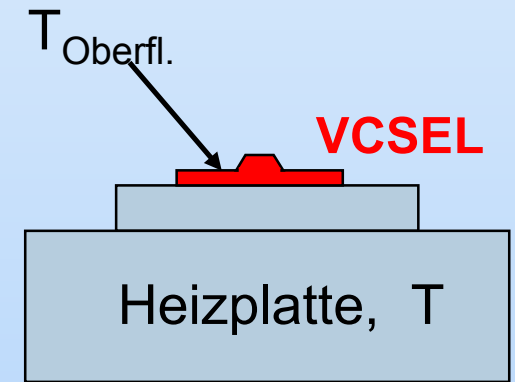
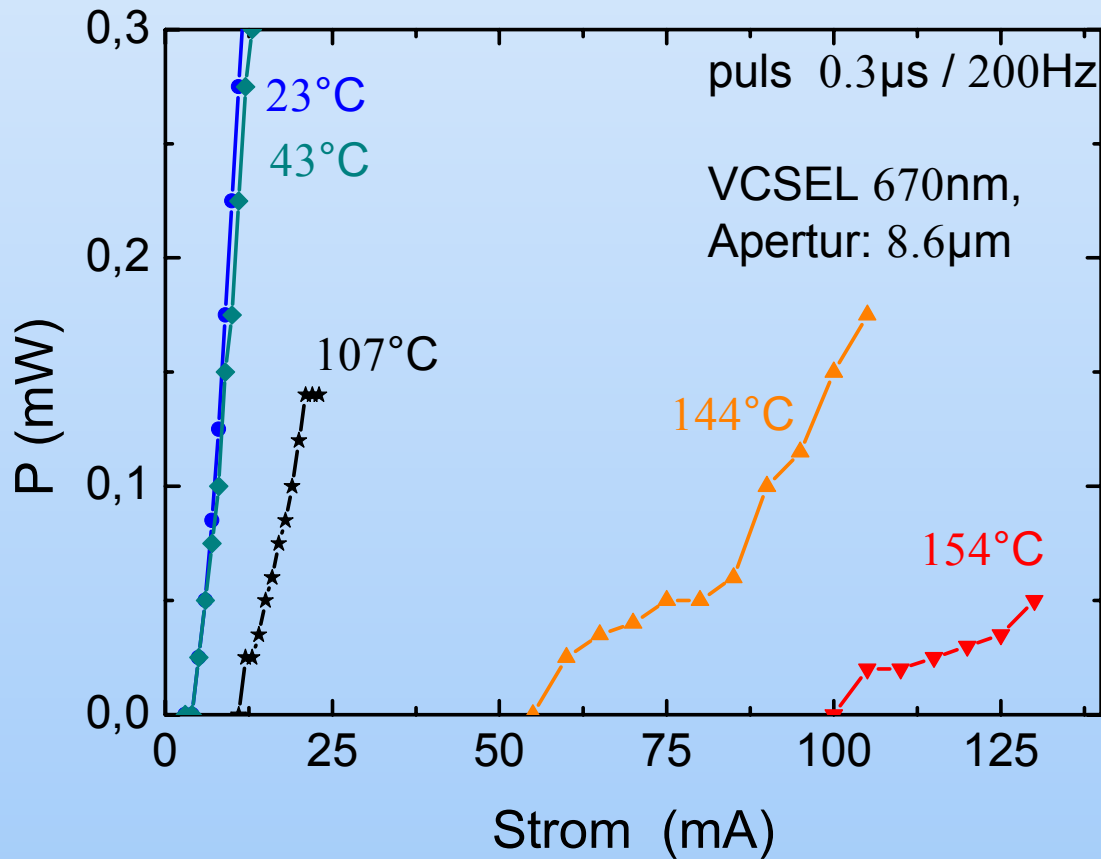
➔ $T_{\max} = 70^\circ\text{C}$

Innere Temperatur im CW-Betrieb



→
 T_{int}
>110°C

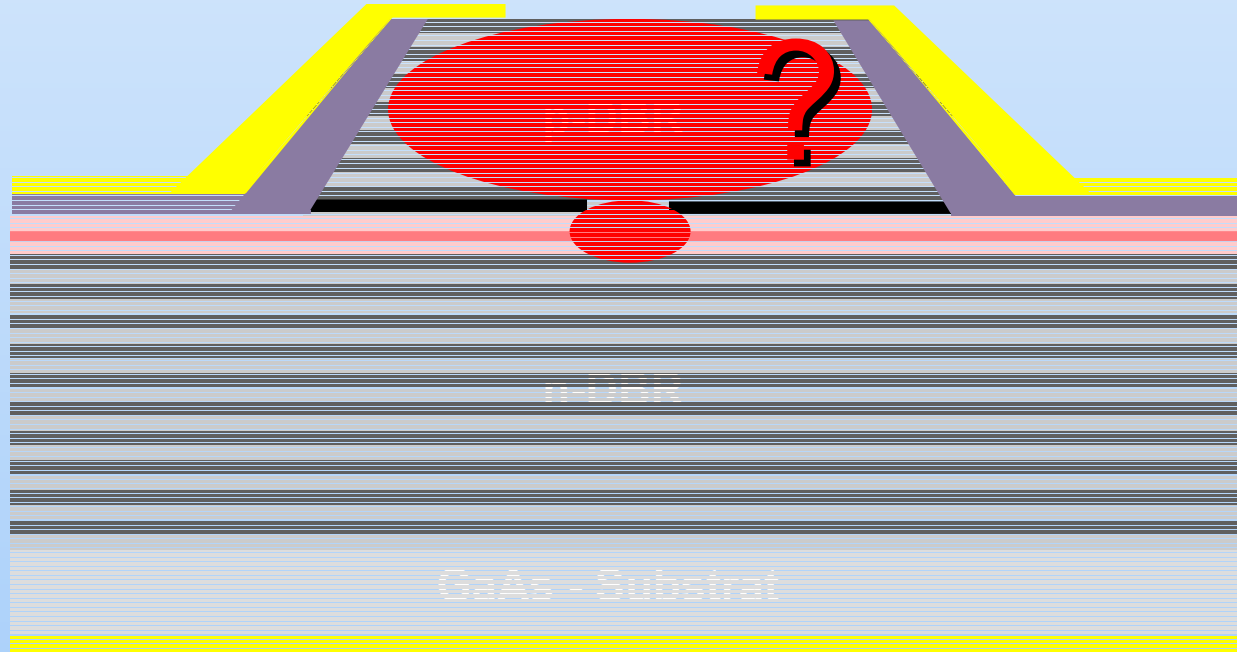
Temperaturgrenze ?



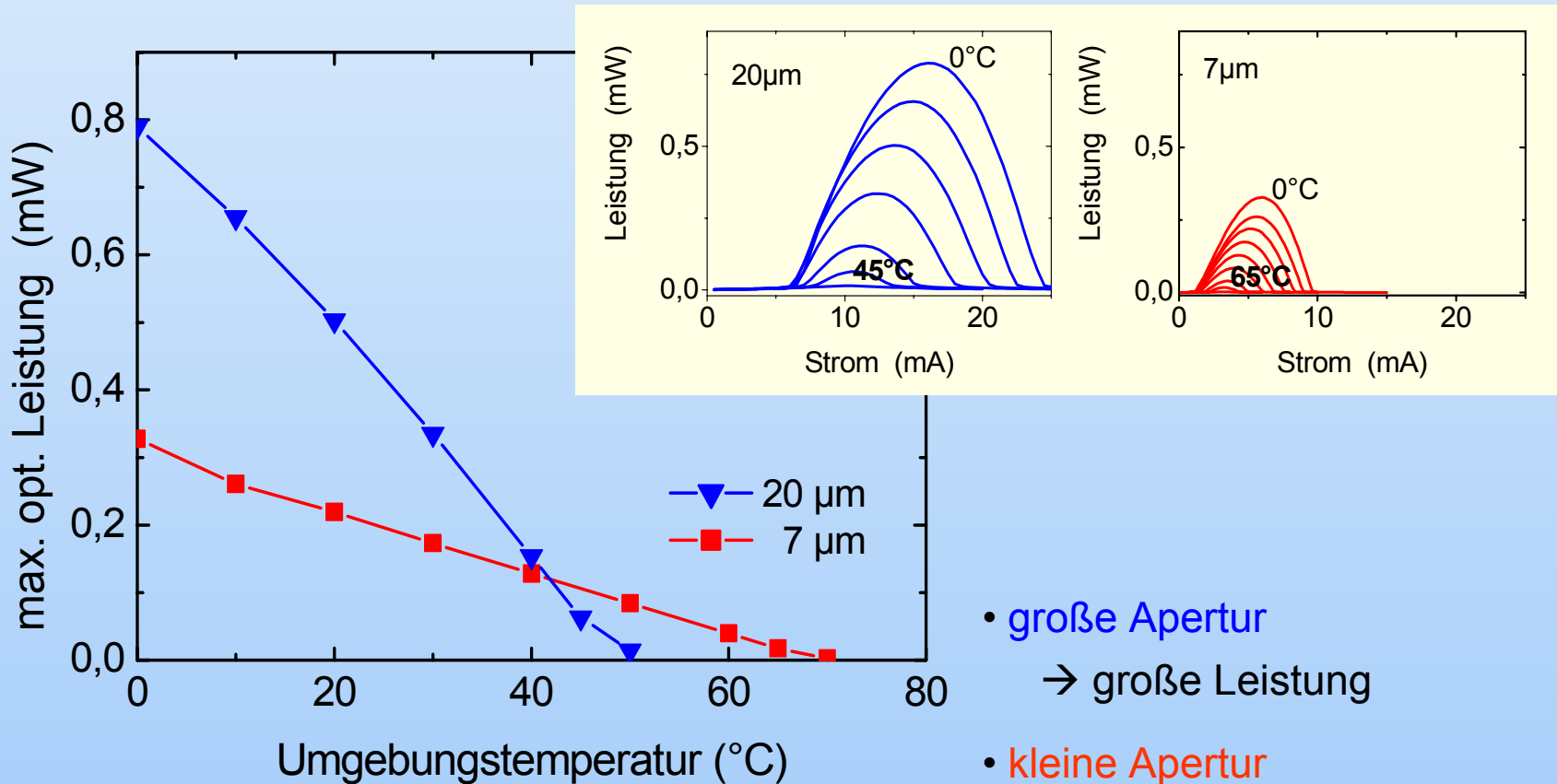
→ Lasertätigkeit
bei

$T_{\text{QW}} > 150^{\circ}\text{C}$!!!

Erwärmung: Woher?

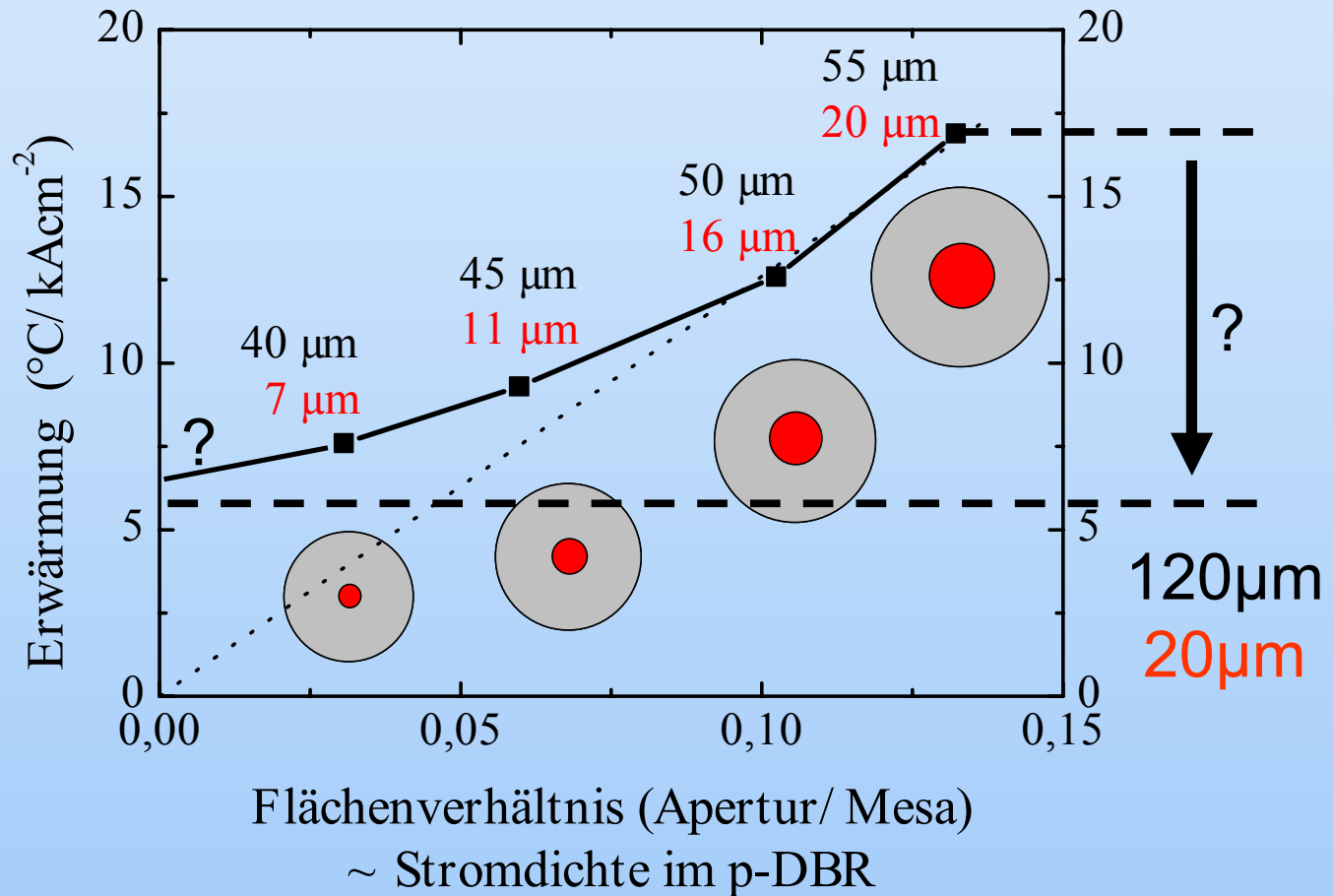


Oxidapertur – Wärme



- große Apertur
→ große Leistung
- kleine Apertur
→ hohe Betriebstemperatur

Erwärmung im p-DBR ?



Zusammenfassung T-Stabilität

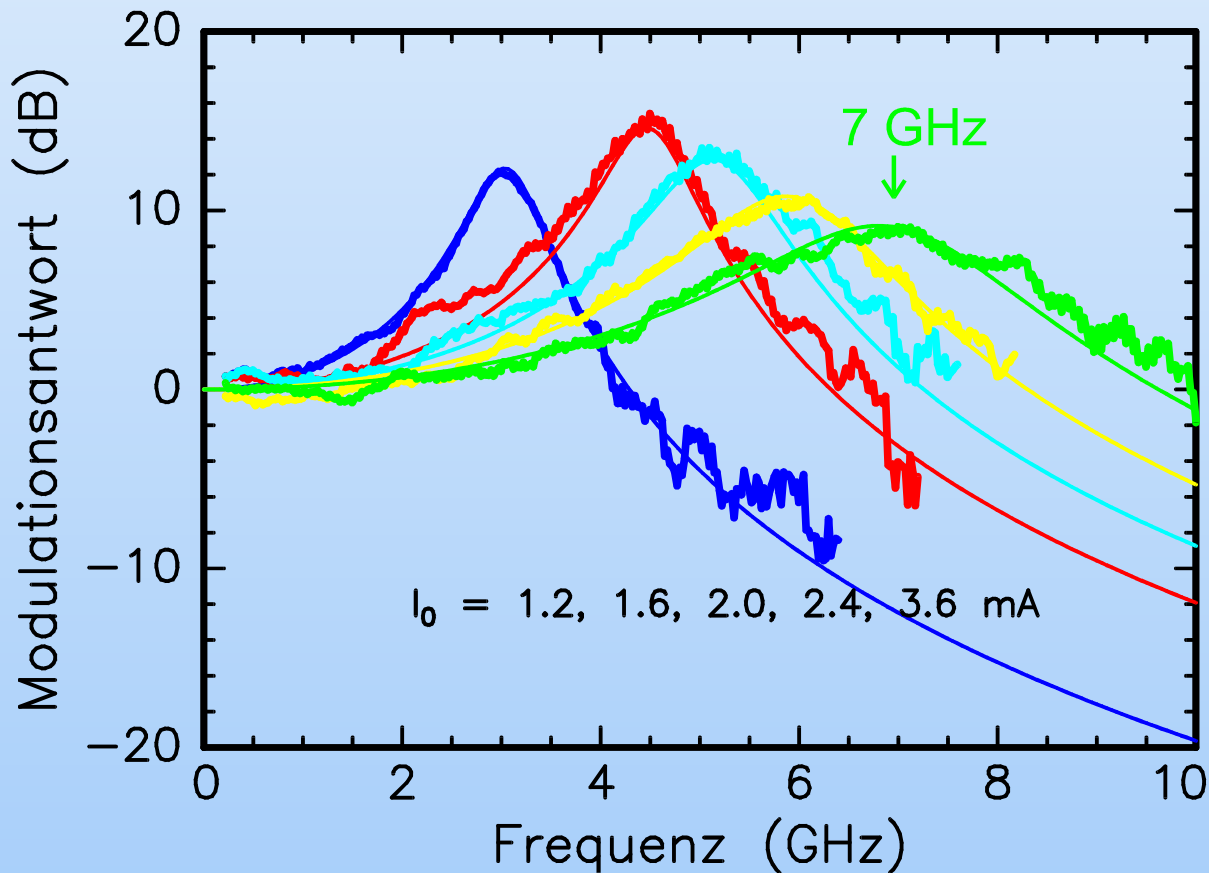
Technologische Ansätze

- Gradientenübergänge in den Bragg-Spiegeln (Widerstandsanpassung)
- Oxidapertur Geometrieangepassung Wärmequelle zu Wärmesenke
- Verstimmung (Resonatormode / Verstärkung)
- C-Dotierung vielversprechend ($\alpha_{\text{Resonator}}$, R, δ -Dot.)

Potential GaInP-VCSEL

- aus interner T-Messungen →
1mW @ +110 ° C möglich

Modulationsantwort VCSEL



$$\omega_0 \propto \sqrt{\frac{S_0 \left(\frac{dg}{dn} \right)}{\tau_{\text{ph}}}}$$

$$\omega_{\text{res}}^2 = \omega_0^2 - \frac{\gamma^2}{2}$$

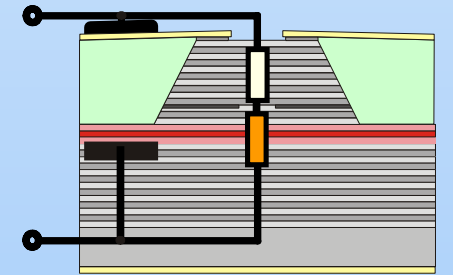
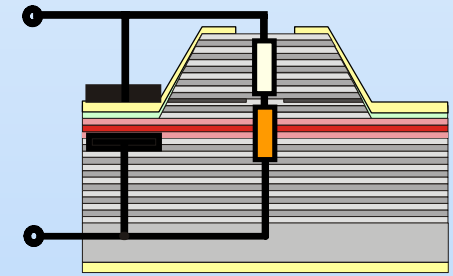
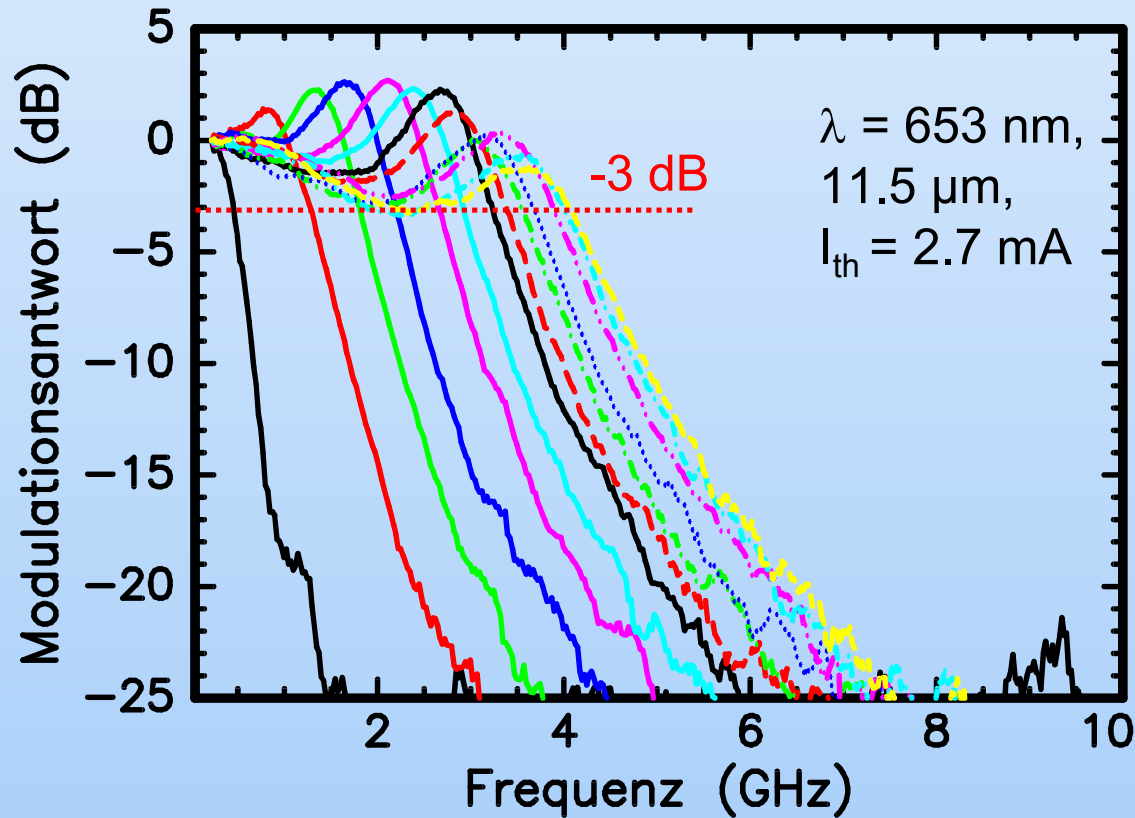
$$\gamma \propto I_0$$

$$f_0 \propto \sqrt{I_0}$$

$\lambda = 660 \text{ nm}$, Oxidapertur $6.5 \mu\text{m}$, Mesa $38 \mu\text{m}$, $I_{\text{th}} = 0.8 \text{ mA}$

Auswertung: ω_{res} , γ , RC

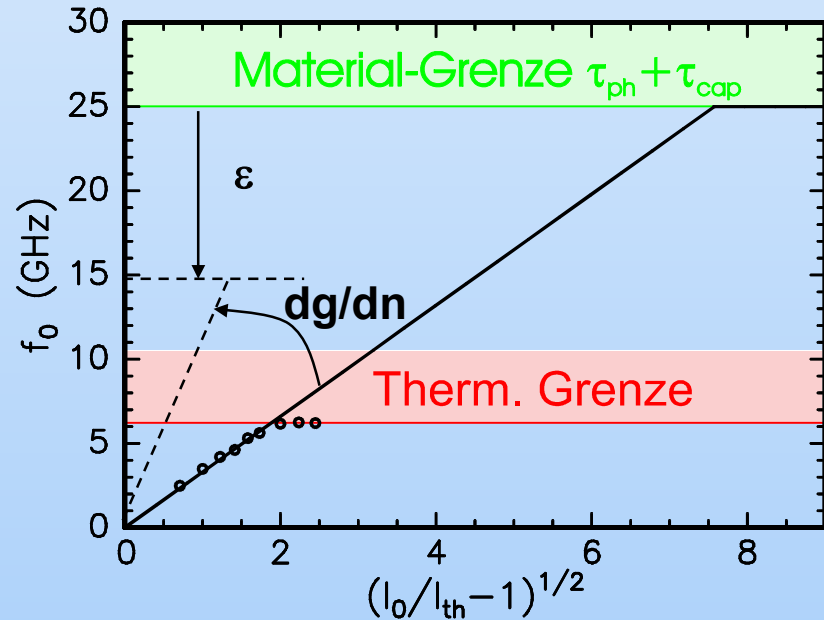
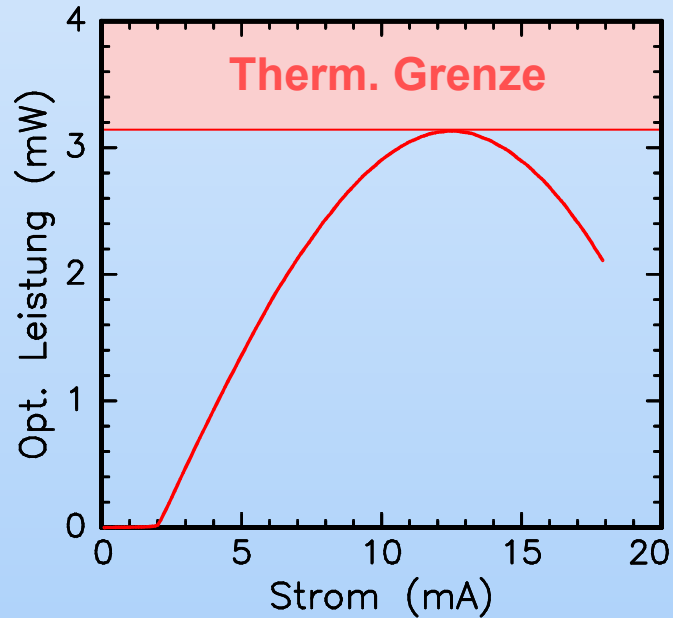
Modulationsantwort eines Polyimid-VCSELs



Verringerung der parasitären Kapazität durch Polyimid

$$\rightarrow f_{-3\text{dB}, \text{max}} = 4 \text{ GHz (RC, } \tau_{21}) \rightarrow f_{-3\text{dB}, \text{RC}, \text{max}} = 8 \text{ GHz}$$

Intrinsische Modulationsantwort VCSEL



$$\frac{1}{\tau_{ph}} = v_{gr} \cdot \Gamma \cdot \alpha_{tot} \quad \epsilon = v_{gr} \cdot \tau_{21} \cdot \frac{\partial g}{\partial n}$$

Zusammenfassung

CW-Betrieb

- Materialverhalten zeigt Potential für 1mW @ $> 110^{\circ}\text{C}$
- Leistungen $> 10\text{ mW}$ @ RT (Knigge FBH) erreichbar
- (Optimum $I_{\text{th,min}}$, η_{max} , P_{max} muß mit jeweils unterschiedlichen Laserstrukturen / Geometrien erzielt werden)

Modulationsbetrieb

- Modulationsbandbreite 10 Gbps möglich
- derzeitige Begrenzung Maximalleistung

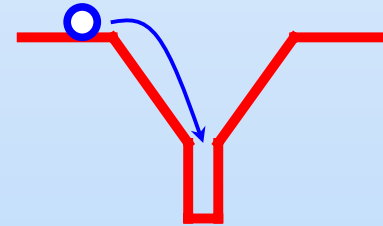
Weitere Entwicklung

- erhebliche Verbesserung der Lateralwärmeabfuhr sollte $P_{\text{max}} > 1\text{mW}$ (CW) @ 120°C , 650 nm ermöglichen
- Automotive- und Kommunikationsanwendungen

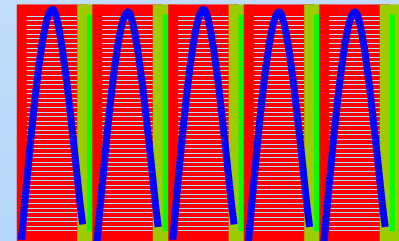
Weitere Ansätze

- Gradienten- Wellenleiter

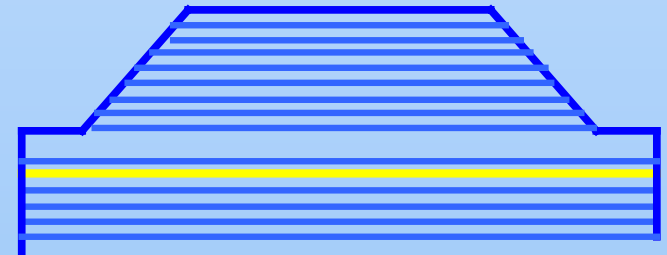
(τ_{21} , Wellenführung, $\alpha_{\text{Resonator}}$ (τ_{ph}))



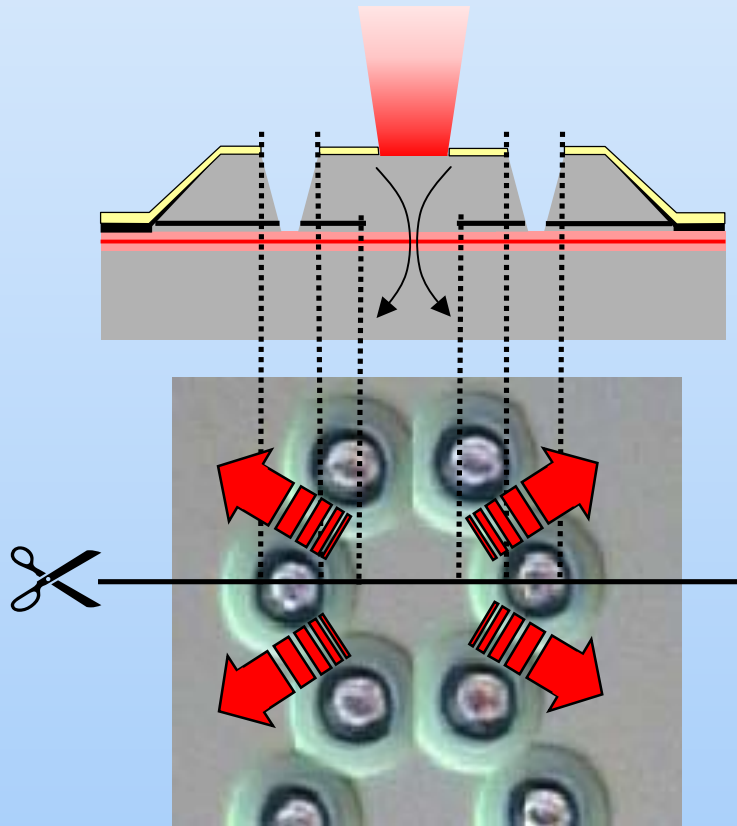
- Reduzierung $\alpha_{\text{Resonator}}$ durch δ -Dotierung Knotenbereich (C-Dot.)



- Verbesserung laterale Wärmespreizung
→ epitakt. Einbau Wärmeleitschicht



Neues VCSEL-Design



→ bessere Wärmeabfuhr

1x6 VCSEL array



→ höhere Leistung

Danke !

VCSEL-Crew:

Jochen Schwarz
Tabitha Ballmann
Robert Roßbach

Dieter Graef
Florian Kolb
Bernd Raabe

Technik:

Erich Kohler
Anne Fuoss
Daniel Russ
Galina Moutchnik
Elly Lux

Moni Ubl
Jochen Mehne
Hedi Gräbeldinger