

Bildung von Leerstellen-Cu-Clustern bei der Diffusion von Cu in GaAs

R. Krause-Rehberg, K. Petters, H.S. Leipner, J. Gebauer

Universität Halle, FB Physik

krause@physik.uni-halle.de

Martin-Luther-Universität

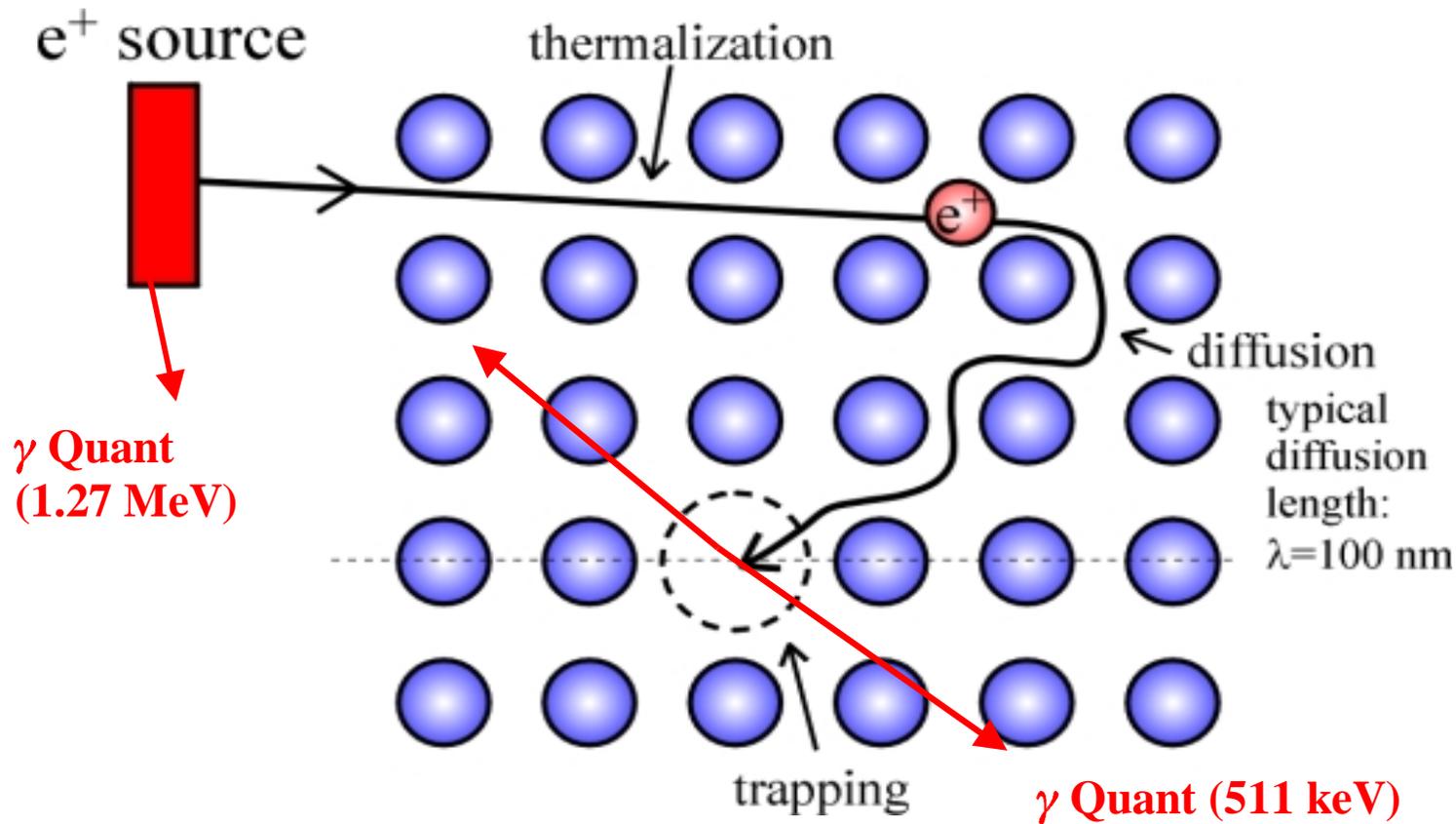


Halle-Wittenberg

- Die Positronenannihilation
- Ergebnisse
 - Ausdiffusion von Cu und Bildung von Leerstellen-Cu-Clustern
 - Temperung von undotiertem GaAs unter definiertem As-Dampfdruck
- Zusammenfassung



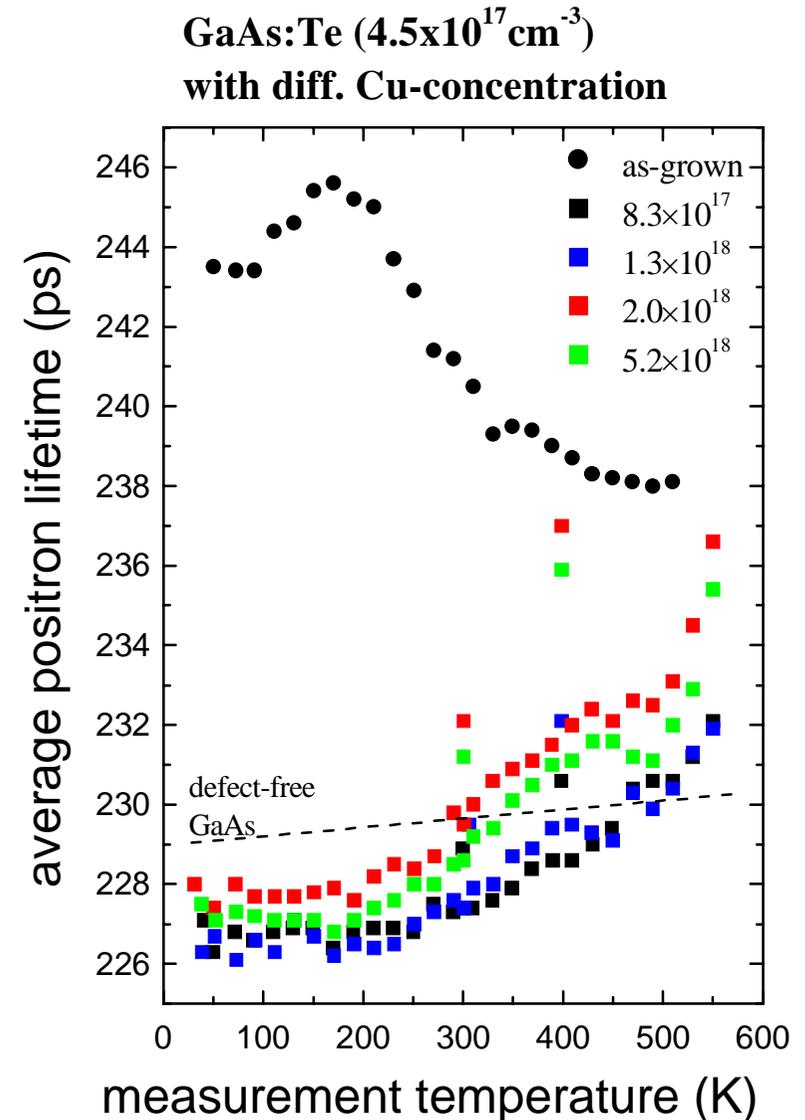
Positroneneinfang durch Kristalldefekte



- Positronenwellenfunktion wird im Defekt lokalisiert
- Annihilationsparameter ändern sich, wenn Positron im Defekt zerstrahlt
- Defekte können nachgewiesen werden (Identifizierung und Quantifizierung)

ursprüngliche Idee: Verschiebung des Fermi-Niveaus

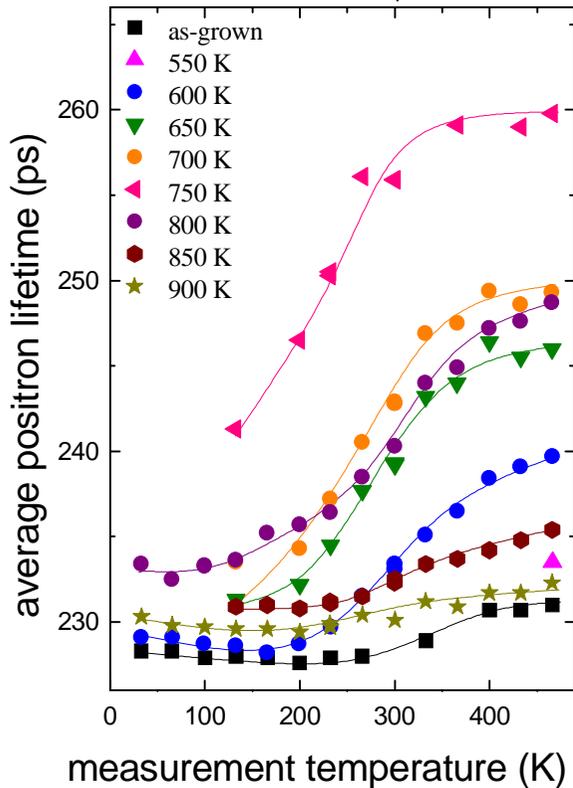
- in n-leitenden GaAs:Te werden $V_{Ga}-Te_{As}$ -Komplexe beobachtet
- Proben sollte das Fermi-Niveau durch die Bandlücke geschoben werden durch Eindiffusion von Cu bei 1100°C
- aber schon bei kleinen Mengen an Cu: Leerstellensignal der $V_{Ga}-Te_{As}$ -Komplexe verschwunden
- Cu diffundiert in GaAs mittels kick-out-Mechanismus
- nach Ein-Diffusion: Cu auf Ga-Platz als flacher Akzeptor; Löslichkeitsgrenze: einige 10^{18} cm^{-3}
- bei tiefen Temperaturen: LD kleiner als defektfreies GaAs
- während der Messung bei $T > 500 \text{ K}$ erhöht sich Lebensdauer zunehmend



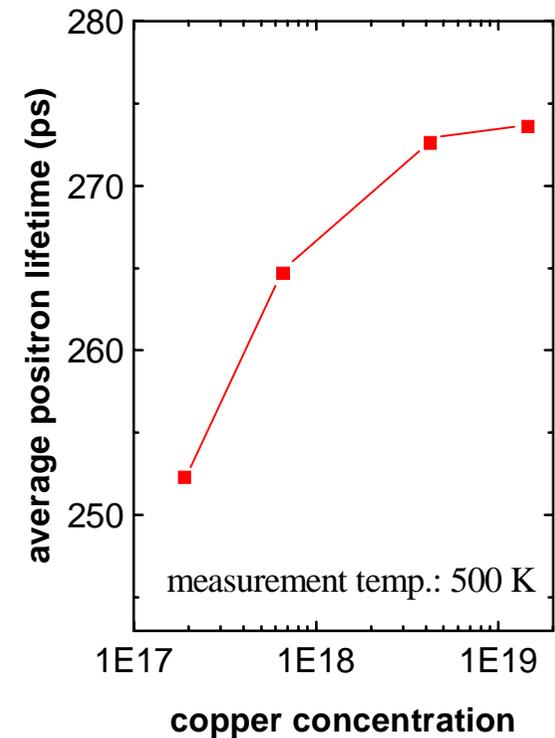
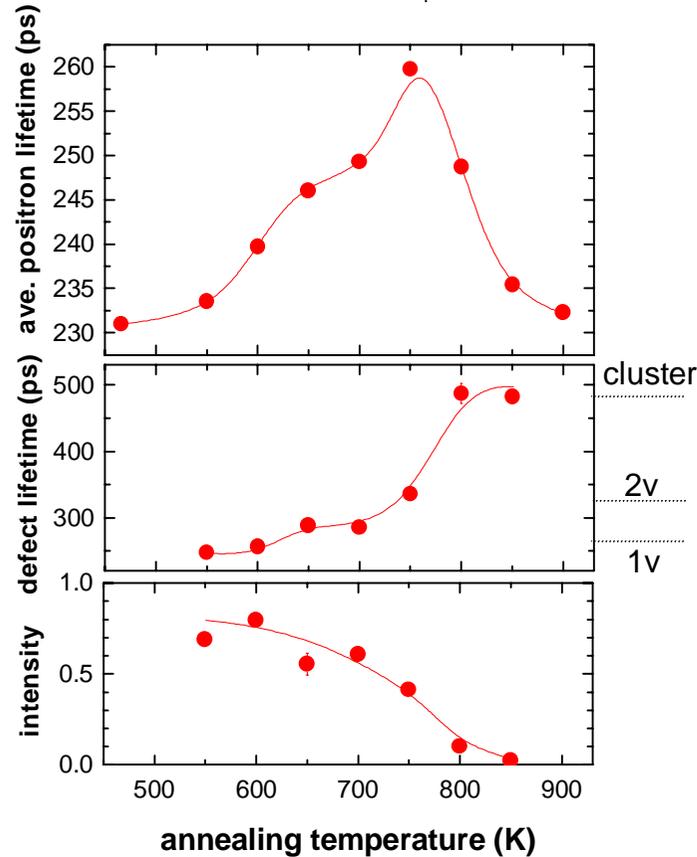
Bildung von Leerstellen-Cu-Agglomeraten bei Cu-Ausdiffusion

- offenbar: nur bei Cu-Ausdiffusion entstehen leerstellenartige Defekte
- zunächst Einfachleerstellen, dann Agglomeration (Clustergröße: V_{12} ?)
- Cu an Leerstellen angelagert
- Effekt größer, wenn mehr Cu eindiffundiert wurde

SI-GaAs:Cu 1100°C / As₄ - pressure 10 bar



SI-GaAs:Cu 1100°C / As₄ - pressure 10 bar



theoretische Simulation stabiler Cluster in GaAs

- T. Staab et al., Phys. Rev. Lett. **83** (1999) p. 5519: stabile Cluster mit 12 Leerstellen in beiden Untergittern
- Berechnung: self-consistent-charge density functional-based tight-binding method
- Positronenlebensdauer: ca. 450 ps
- Cluster in einem Untergitter liefert nicht so große Lebensdauern

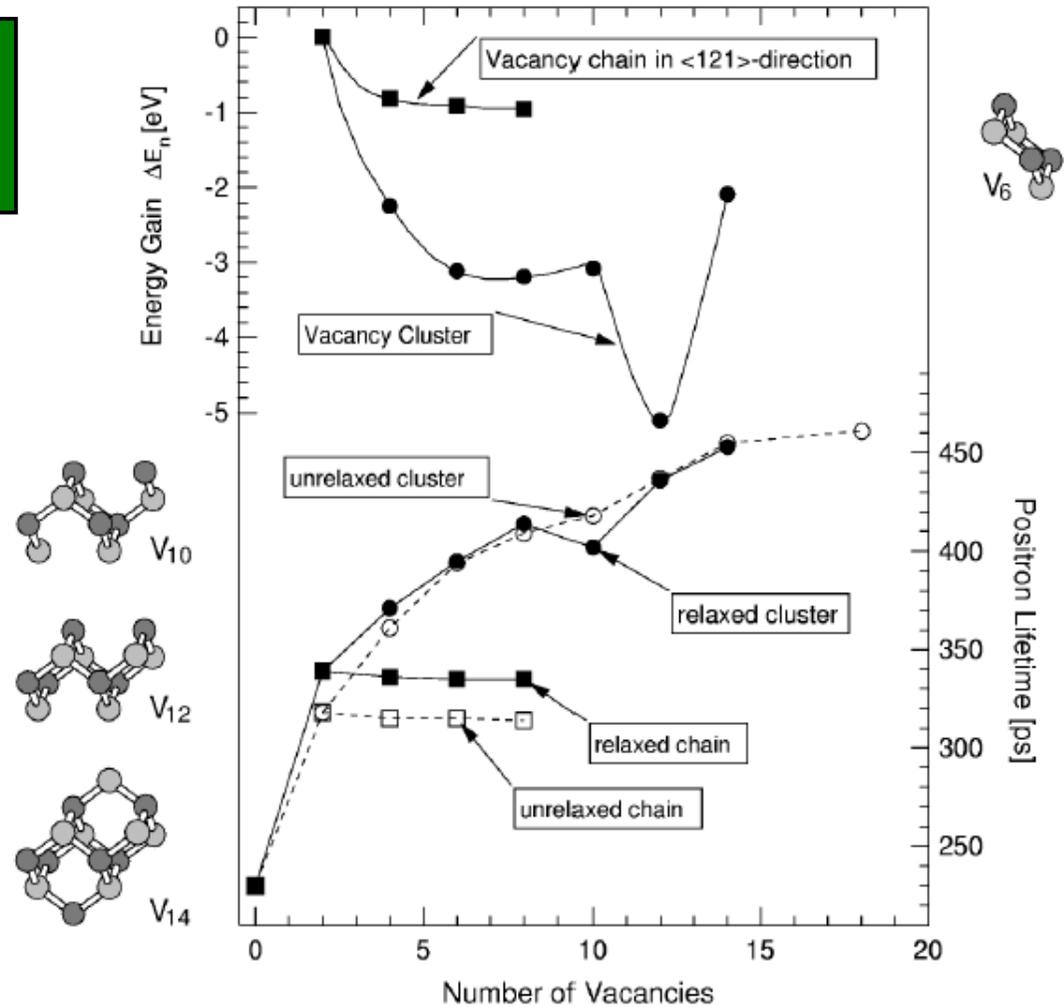
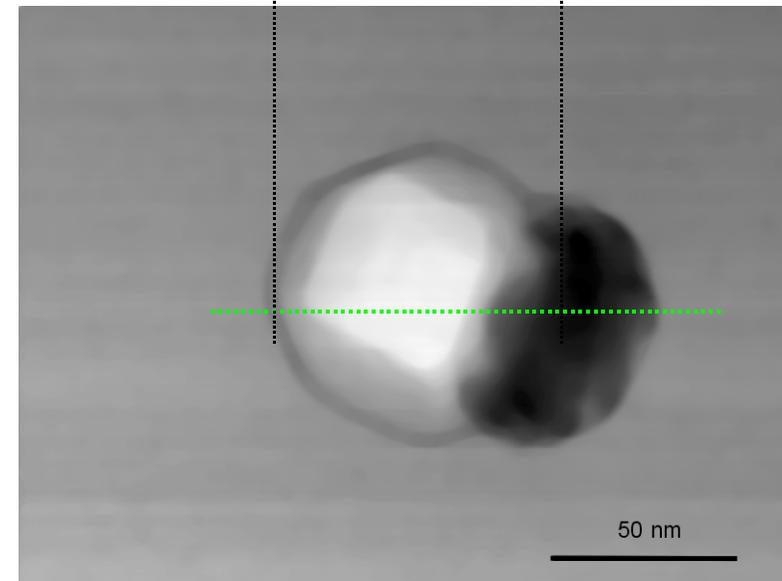
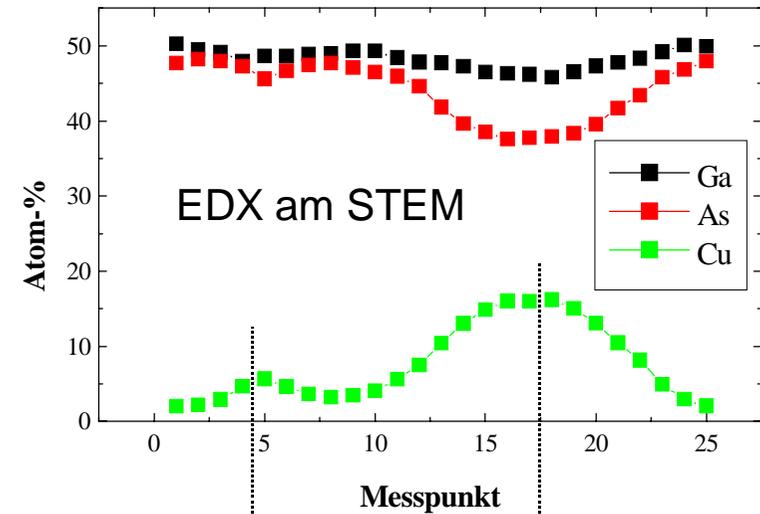
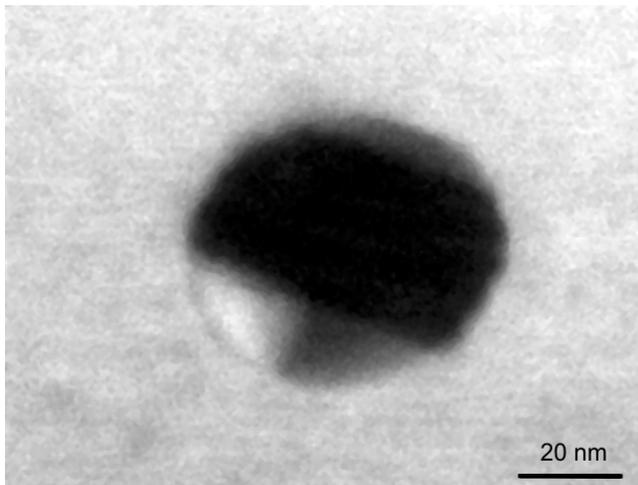


FIG. 2. Energy gained by adding a divacancy to an aggregate of $(n - 2)$ vacancies (upper part) and the corresponding positron lifetime (lower part). Structures of some V_n are shown beside the graphic (As atoms, dark gray; Ga atoms, light gray).

Untersuchung mit TEM

- nach langsamen Abkühlen: große Voids, von Cu umgeben
- Cu-Ausscheidung offensichtlich als Cu-Ga-Phase
- nach Abschrecken und Anlassen der Probe zu 700 K: ähnliche Defekte, aber kleiner



(Leipner, Neumann-Zdrálek, 2000)

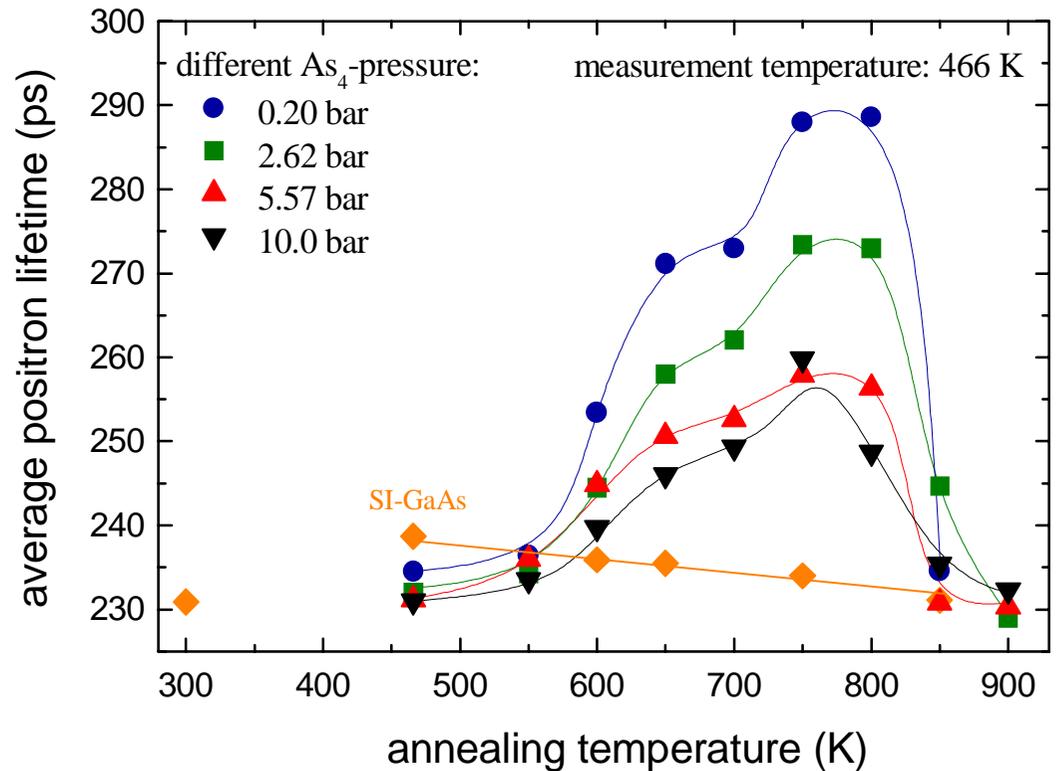


Einfluss des As-Partialdrucks

- As-Partialdruck wurde bei Cu-Eindiffusion variiert
- je höher p_{As} bei Cu-Eindiffusion: desto weniger Leerstellen in den Clustern
- offensichtlich: Leerstellen-Cu-Defekte sind Keime für spätere Ausscheidung
- Leerstellen in beiden Untergittern nötig
- atomare Dichte (10^{22} Atome/cm³):

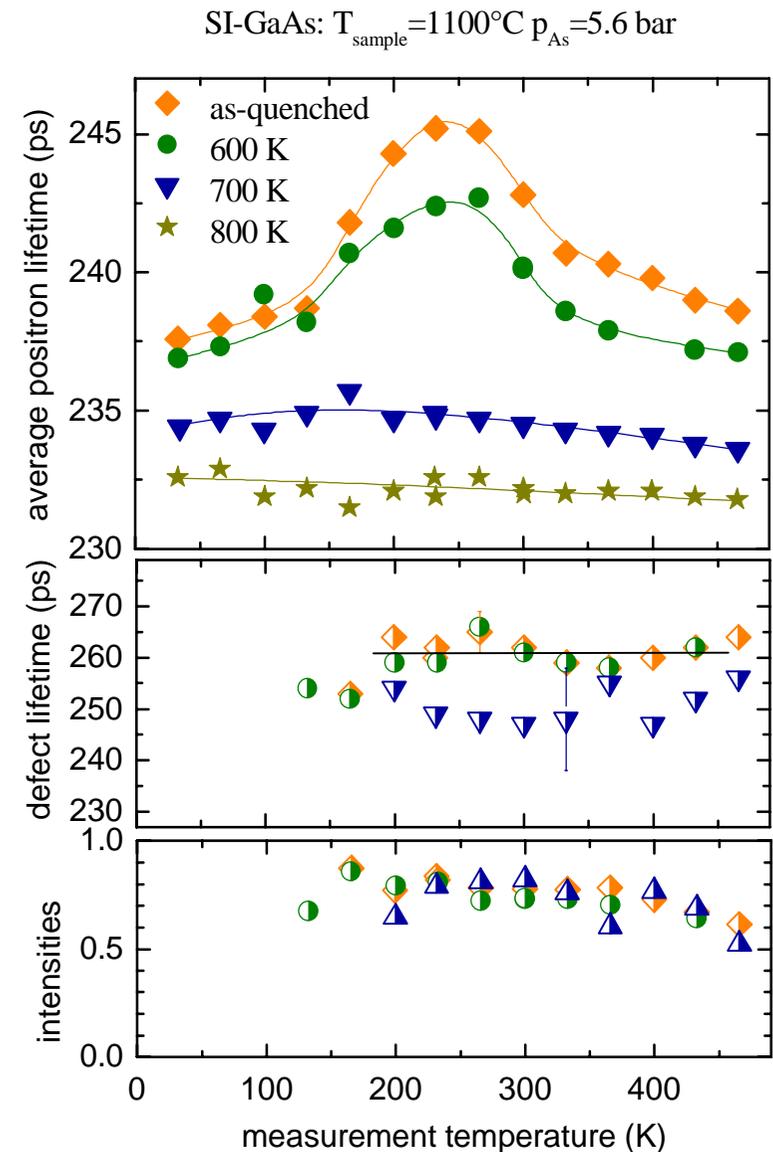
Cu	GaAs
8,46	4,43
- genauer Mechanismus aber noch nicht geklärt

diffusion temperature for Cu: 1100 °C



Temperung von undotiertem GaAs unter definiertem P_{As}

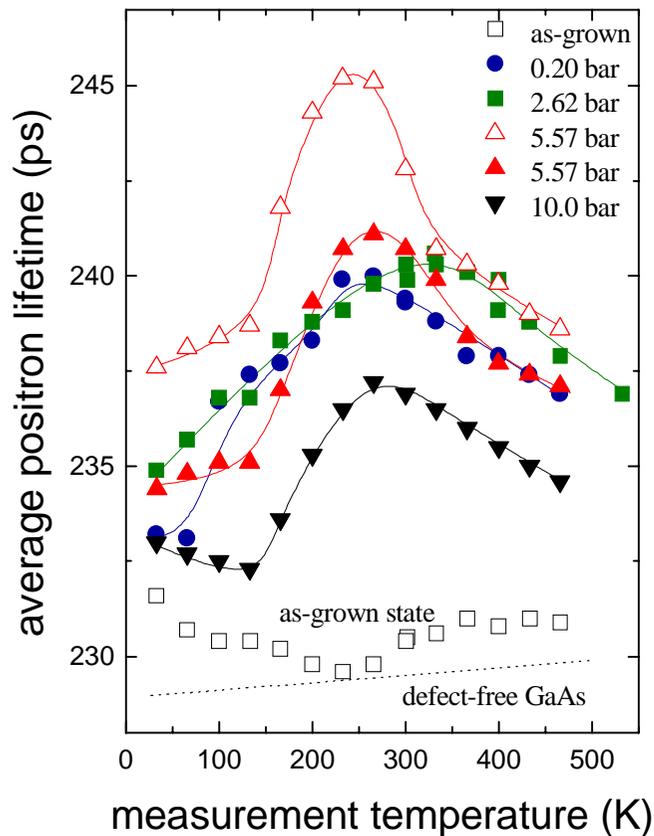
- Zum Vergleich: Temperungen von SI-GaAs ohne Cu
- es lassen sich (Einfach-) Leerstellen einschrecken
- im eingewachsenen Zustand findet man Leerstellen sonst nur in n-leitenden Proben als Donator-Leerstellen-Paar, z.B. $V_{Ga}-Te_{As}$
- hier: isolierte V_{As} sind nicht sichtbar; sind positiv
- daher wahrscheinlich V_{Ga} , obwohl Überschuss-Leerstellen im Ga-Untergitter nur bis 500K stabil (nach e^- -Bestrahlung)
- Bindung an andere Defekte?



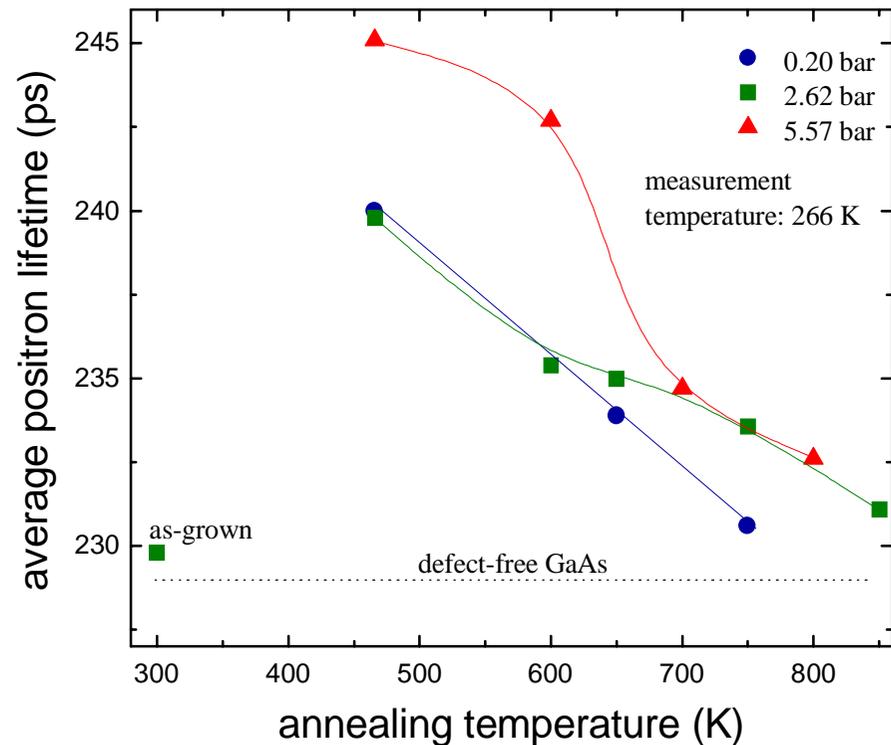
Temperung von undotiertem GaAs unter definiertem P_{As}

- keine eindeutige Abhängigkeit vom As-Partialdruck (evtl. starke Empfindlichkeit bzgl. Abschreckbedingungen)
- eingeschreckte Leerstellen heilen zwischen 500 und 800 K aus

SI-GaAs heating 1100°C/ diff. As_4 -pressure



SI-GaAs: heating at 1100°C / diff. As_4 -pressure



Zusammenfassung

- bei Ausdiffusion von Cu aus GaAs-Gitter: Bildung von Leerstellen-Cu-Clustern
- zunächst Bildung von Einfach Leerstellen-Cu-Komplexen als Keime
- dann Bildung von großen Voids, die von Cu umgeben sind (auch im TEM sichtbar)
- Nach Temperungen unter definiertem Dampfdruck lassen sich auch in SI-GaAs Leerstellen einschrecken
- sind keine isolierten As-Vakanzen, wahrscheinlich V_{Ga} oder V_{Ga-X}

Dieser Vortrag kann als PDF-File von unserer
Homepage heruntergeladen werden:

<http://www.ep3.uni-halle.de/positrons/>

