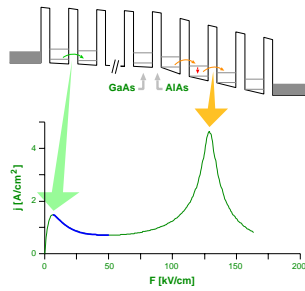


# Bifurkationsverhalten von Felddomänen in Halbleiterübergittern

M. Patra, G. Schwarz, F. Pregel, E. Schöll  
Technische Universität Berlin

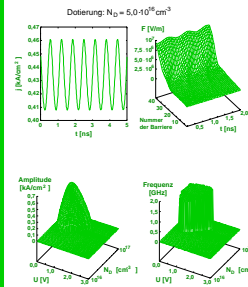
## Das Transportmodell



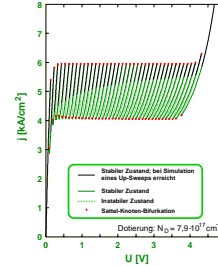
Die Berücksichtigung von Minibandleitung und resonantem Tunneln sowie Intersubband-Relaxation führt zu negativer differentieller Leitfähigkeit (NDC). Dies ermöglicht raum-zeitliche Strukturbildung in Transportrichtung: Ausbildung von Domänen des elektrischen Feldes.

UNGESTÖRT

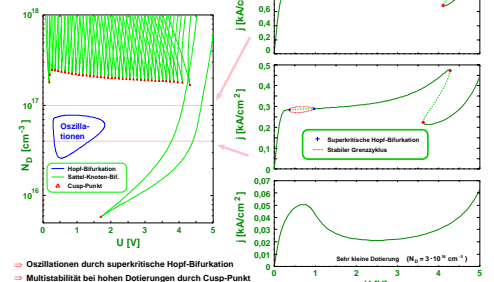
## Bei mittlerer Dotierung: Oszillationen



## Bei hoher Dotierung: Multistabilität von Domänen



## Erklärung durch Phasenportrait



## Räumliche Dotierungsfluktuationen

### Modellierung

Lokale Dotierung für jeden Quantentopf i:  
 $N_D^i = N_D (1 + \alpha e^{i\theta})$   
( $e^{i\theta}$ ) Fluktuationsrealisierung  
Zufallszahlen im Bereich [-1;1]  
 $\alpha$  Unordnungsgrad

Der Vergleich verschieden stark gestörter Übergitter geschieht durch Veränderung von  $\alpha$ , während die Fluktuationsrealisierung festgehalten wird.

Fluktuationen anderer Größen (z. B. Barrierendicken) sind wahrscheinlich nicht relevant (Vergleich gemessener mit simulierten Kennlinien; PL-Messungen).

### Analytische Betrachtung (bei Existenz von Domänen)

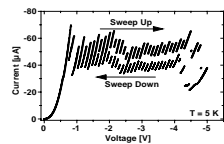
- Feldprofil nur wenig verändert
- Veränderung der Länge und der Höhe der Äste direkt proportional zur lokalen Dotierung  
 $\Delta J_{max} \sim \alpha$
- $\alpha$  direkt sichtbar
- Grundstruktur der Kennlinie bleibt erhalten
- aber: Bei Simulation eventuell nicht mehr alle Äste erreichbar
- Einfache Aussagen - analytisch oder numerisch - für das Oszillationsregime sind nicht möglich.

LEICHT GESTÖRT

## Zielsetzung

- Raum-zeitliche Strukturbildung: Felddomänen
- Bifurkationstheoretische Erklärung von Multistabilität und Stromoszillationen (Grenzyklus)
- Beschreibung der Unregelmäßigkeiten experimentell gemessener Strom-Spannungskennlinien
- Abschätzung der Güte experimenteller Proben

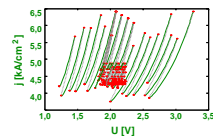
### Experimentelle Kennlinie



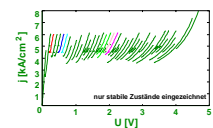
Aut. J. Knap, H. T. Grahn, K. Ploog, F. Pregel, A. Weicken, E. Schöll, Appl. Phys. Lett. 65 (14), 1808 (1994)

STARK GESTÖRT

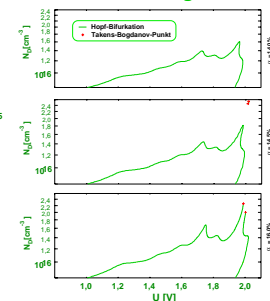
## Zusätzliche Äste...



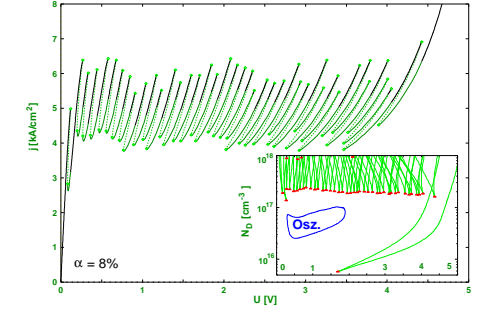
## ... und Auftrennen



## Oszillationsgebiet



## Verschwinden von Ästen in Experiment und Simulation



ERGEBNISSE

## Zusammenfassung

- Mechanismen für Multistabilität
- Entstehung von Stromoszillationen durch Bifurkationstheorie erklärt

Qualitative - eingeschränkt auch quantitative - Aussagen über das Verhalten des Übergitters bei Störungen

## Ausblick

- Experimentelle Verifizierung durch Wachsen gezielt gestörter Übergitter problematisch
- Für Reproduktion auch von Details der experimentell gemessenen Kennlinien ist Modellverbesserung notwendig