

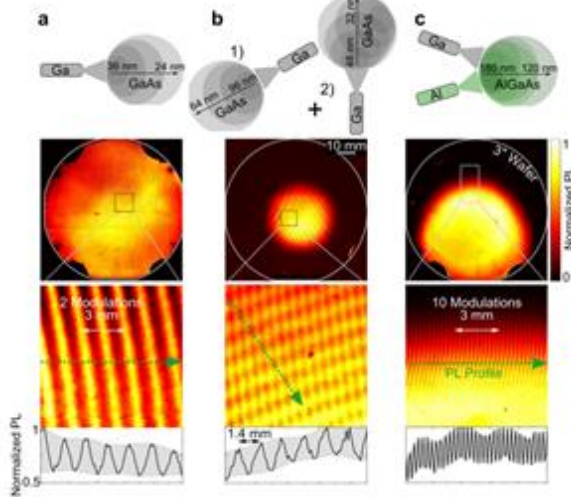
# Anordnung von Quantenpunkten

## Gezielte Modulation von Nanostrukturen erzeugen

### Erfindung

Sollen neuartige Geräte speziell in der Quantenphotonik bzw. Optoelektronik auf Basis von Halbleiter-Quantenpunkten (QDs) entwickelt werden, ist es elementar, ihre Eigenschaften genau kontrollieren zu können. Ziel ist es, eine spezifische QD-Dichte über den gesamten Waferbereich mit Hilfe herkömmlicher Molekularstrahlepitaxie (MBE) herzustellen, ohne die QD Qualität zu beeinträchtigen. Die Erfindung der Ruhr-Universität Bochum erreicht eben dieses gewünschte

Ergebnis. Dabei setzt es auf ein neues Verfahren, mit dem sich QDs auf einem Substrat kontrolliert räumlich anordnen lassen. Hierbei wird ausgenutzt, dass sich die selbstorganisierte Bildung von Nanostrukturen mittels MBE durch minimale Modifikation der Substratoberfläche stark beeinflussen lässt. Zunächst wird daher – ebenfalls mittels MBE – auf dem Substrat eine Modulation von subnanoskopisch rauen und glatten Oberflächen erzeugt. Dies gelingt durch einen gezielten Gradienten der Aufdampfprate über das Substrat, welcher z.B. durch leichtes Verkippen einstellbar ist. Die Bildung der Quantenpunkte findet anschließend ohne weitere Modifikation der Anlage oder der Wachstumsbedingungen statt und ergibt eine modulierte Oberflächendichte.



Demonstration der epitaxialen Mustersteuerung

### Kommerzielle Anwendung

Nanostrukturen sind geeignet für die Herstellung von optoelektronischen Bauelementen, jedoch ist ihre Herstellung aufwendig. Ihr Nutzen allerdings ist immens: Es können auf direkte Weise Modenprofile erstellt werden, die Laser „locken“ oder Dichten für Einzelquantenpunktanwendungen wie Einzelphotonenquellen eingestellt werden. Die nutzbaren Bereiche für Quantenanwendungen können somit erweitert werden. Eine Anwendungsmöglichkeit der Erfindung besteht darin, dass die Hersteller von Molekularstrahlepitaxieanlagen dieses Verfahren auf einfache Weise nutzen können, um die Effusionszellen und den Aufbau selbst ultrapräzise zu charakterisieren. Dies ist für das Zelldesign und die Nutzbarkeit der resultierenden Schichten ein entscheidender Vorteil. Die Modulation verbessert darüber hinaus die Ausbeute auf einem Wafer: Statt nur einem kleinen Bereich mit einer nutzbaren QD Dichte, wird der gesamter Wafer verwendet.

### Aktueller Stand

Eine Weiterentwicklung ist im Rahmen eines DFG-Projektes geplant, wobei die Methode und das Messverfahren verbessert werden sollen.

Eine Anordnung mit einer Periodizität im sub-Millimeter-Bereich konnte jüngst erreicht werden, die Anordnung ist auch mit anderen Quantenobjekten funktional umsetzbar. Eine Patentanmeldung beim EPO ist unter dem Aktenzeichen EP 19 177 713.5 erfolgt. Wir bieten interessierten Unternehmen die Möglichkeit der Lizenzierung und der Weiterentwicklung der Technologie in Zusammenarbeit mit den Erfindern aus der Hochschule an.

### Relevante Veröffentlichungen

Die bedeutendsten Ergebnisse sind bei Nature Communications veröffentlicht. Bart, N., Dangel, C., Zajac, P. et al. Wafer-scale epitaxial modulation of quantum dot density. Nat Commun 13, 1633 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29116-8>.

Eine Erfindung der Ruhr-Universität Bochum.

### Vorteile

- Einsatz für neue Bauelemente in der Optoelektronik
- Geeignet zur Kalibrierung der Molekularstrahlepitaxie (MBE)
- Verwendung von etablierten Herstellungsverfahren
- Gezielte Erzeugung von Nanostrukturen an Kristallkanten

### Technologie-Reifegrad

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Nachweis der

Funktionsfähigkeit

### Branche(n)

- Optoelektronik
- Quantenphotonik

### Ref.-Nr.

5639

### Kontakt

Martin van Ackeren

E-Mail: [ma@provendis.info](mailto:ma@provendis.info)

Tel.: +49(0)208-94105-34

