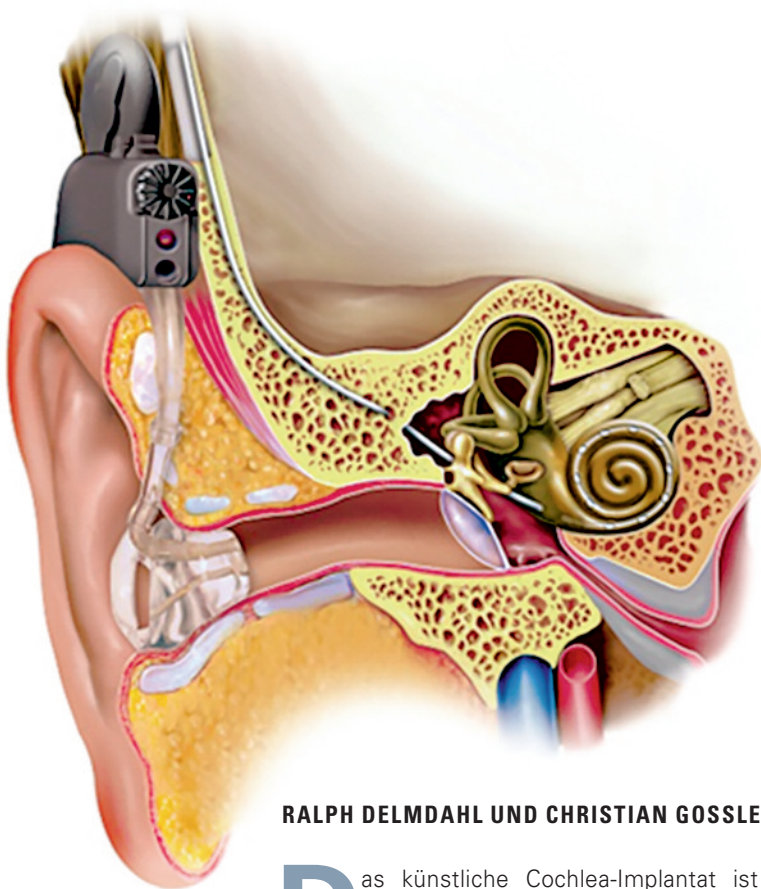


# Entwicklung optischer Implantate via $\mu$ LED

Für neuartige Cochlea-Implantate, mit denen sich die Lebensqualität von Hörgeschädigten deutlich verbessern lässt, werden aktive optische Komponenten in Form flexibler  $\mu$ LEDs benötigt. Ein Excimer-basierter **LLO-PROZESS** ermöglicht den sicheren Transfer der  $\mu$ LEDs von einem Saphir-Wachstums-Wafer zum endgültigen flexiblen Bauteil.



**Bild 1. Ein Cochlea-Implantat verhilft Hörgeschädigten zu mehr Lebensqualität**

## RALPH DELMDAHL UND CHRISTIAN GOSSLER

Das künstliche Cochlea-Implantat ist das derzeit erfolgreichste neuronale Implantat. Rund 700 000 Geräte werden weltweit bei Patienten eingesetzt. Das elektrische Cochlea-Implantat (eCI) ist eine flexible Sonde mit einer Reihe von Mikroelektroden, die neben dem Bündel von Hörneuronen in das spiralförmige Innenohr (Cochlea) eingefädelt wird. Ein extern getragenes Gerät unterteilt eingehende Töne in zwölf Frequenzbänder. Das Gerät sendet elektrische Signale an den entsprechenden Punkt entlang des Nervenbündels. Dabei wird jede Frequenz an verschiedenen Stellen in der Cochlea erfasst (**Bild 1**).

Leider gibt das eCI die normale Hörempfindlichkeit nicht genau wieder. So dauert es zum Beispiel einige Zeit, bis der Patient lernt, Sprache zu

erkennen. Dies liegt daran, dass das eCI den Schall im Vergleich zum kontinuierlichen auditorischen Spektrum in nur zwölf Frequenzkanäle zerlegt. Darüber hinaus führt die elektrische Leitung in der Cochlea-Flüssigkeit dazu, dass sich die Kanäle überlagern, sodass es effektiv typischerweise weniger als zehn unabhängige Frequenzbänder gibt.

## Mehr Kanäle für bessere Hörbarkeit

Kürzlich haben Wissenschaftler ein alternatives Implantat auf der Basis von Optogenetik und Lichtstimulation erforscht, das als optisches Cochlea-Implantat (oCI) bezeichnet wird und mindestens 64 unabhängige Frequenzkanäle zum Ziel hat. Dies würde nicht nur Sprache besser hörbar machen, sondern den Patienten auch das Hören von Musik und anderen komplexen Geräuschen ermöglichen.

Das Göttinger Unternehmen OptoGenTech steht bei dieser Forschungs- und Entwicklungsarbeit an vorderster Front. Im Rahmen einer Kooperation kann das Unternehmen auf Forschungsarbeiten des Universitätsklinikums Göttingen, des Deutschen Primatenzentrums Göttingen, der Universität Freiburg und der Technischen Universität Chemnitz sowie auf eine Seedfinanzierung der Photonik Inkubator GmbH in Göttingen zurückgreifen.

## > KONTAKT

HERSTELLER  
**COHERENT**  
D-64807 Dieburg  
Tel. +49 6071 9680  
sales.germany@coherent.com  
[www.coherent.com](http://www.coherent.com)

ANWENDER  
**OptoGenTech GmbH**  
D-37073 Göttingen  
Tel. +49 170 9161848  
info@optogentech.com  
[www.optogentech.com](http://www.optogentech.com)

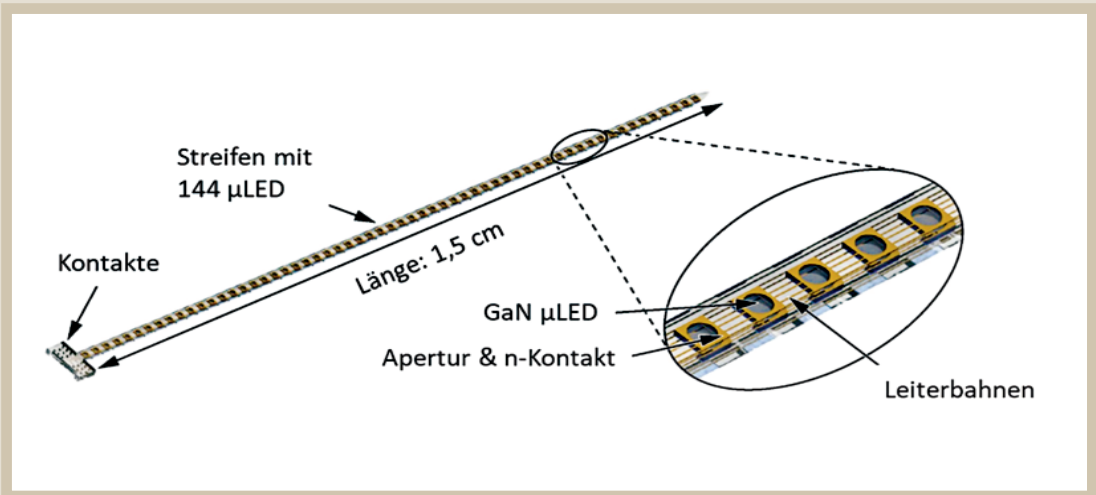


Bild 2. Der oCI-Prototyp ist ein langer, flexibler Streifen aus epoxidhaltigen Schaltkreisen und bis zu 144 adressierbaren µLEDs

Die Idee des oCI besteht darin, die Nervenzellen mithilfe eines gutartigen Virus zur Expression eines optogenetischen Proteins in ihrer Membran zu veranlassen und dann Licht zur lokalen Stimulation mit einer Art miniaturisiertem photonischem Gerät zu verwenden. Das oCI muss sehr flexibel und resistent gegen Langzeitdegradation sein. Die Kombination von Laserdioden und einem Faserbündel wäre daher zu steif. Aus diesem Grund wurde ein Prototyp entwickelt, bei dem es sich um eine lange, dünne, flexible

Schaltung mit ungepackten Dünnschicht-µLEDs handelt, die sich entlang der Schaltung befinden und einzeln adressierbar sind (Bild 2). Frühe Tests an Laboratorien wie Wüstenrennmäusen deuten darauf hin, dass weniger Probleme wie Crosstalk oder niedrige Auflösung auftreten, wie es beim eCI der Fall ist.

Auf der Website des Unternehmens steht ein hervorragender Audiovergleich zur Verfügung. Er zeigt Musik in voller Auflösung, wie sie durch ein eCI klingt und wie sie mit einem Hochleistungs-oCI klingt ▶

## IM HERZEN DES JURABOGENS DER MIKROTECHNIK +

SIAMS: die Messe für die gesamte Produktionskette der Mikrotechnik



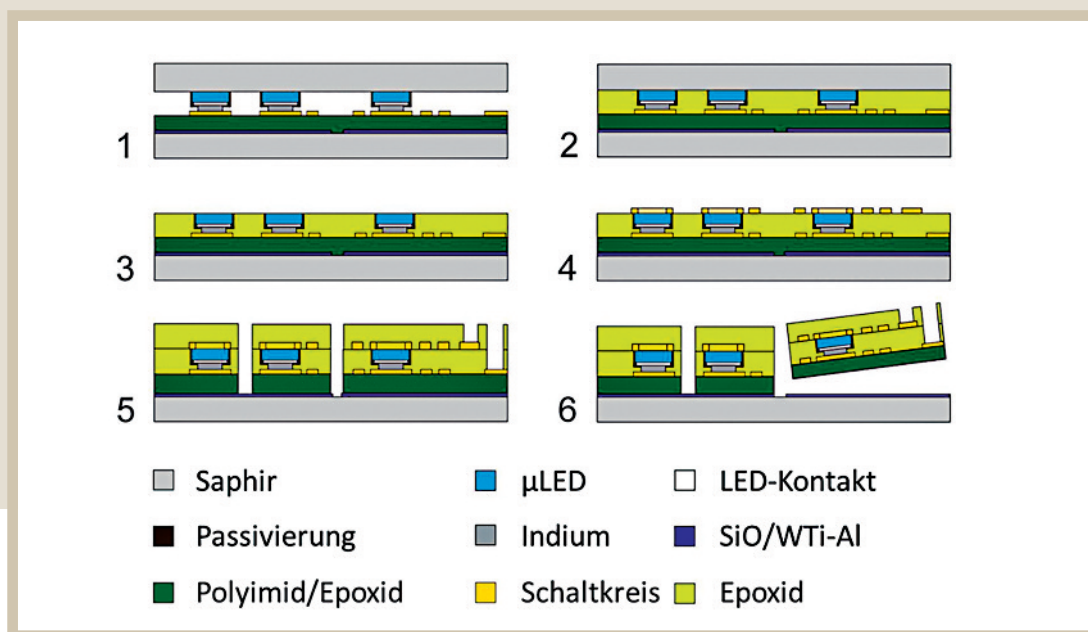
### An der SIAMS in Moutier ausstellen?

6 Monate vor der Veranstaltung sind bereits mehr als 95% der Fläche vermietet. Unser Dank geht an all unsere treuen Aussteller!

**Die gute Nachricht ist, dass es noch Möglichkeiten gibt, dort auszustellen, wo es wirklich zählt: an der SIAMS, der Fachmesse für die gesamte Produktionskette der Mikrotechnik, im Herzen des Jurabogens der Mikrotechnik.**

Interessiert? Dann kontaktieren Sie Laurence unter 032 492 70 10, oder [laurence.roy@faji.ch](mailto:laurence.roy@faji.ch)

**Bild 3. Übertragen der  $\mu$ LEDs auf das Polymersubstrat sowie n-Kontaktierung und Passivierung. Der  $\mu$ LED Wafer wird gedreht auf dem Polymer-substrat ausgerichtet. LLO ermöglicht dann das Abheben des Saphir-Wafers: Schritt 2 bis 3**



kann. Es wurden präklinische Studien mit Chr2 als Opsin durchgeführt, das auf blaues Licht reagiert. Dieses Opsin liefert die erforderliche hohe Geschwindigkeit; das menschliche Ohr benötigt eine Stimulationsrate von etwa 200 Hz, um Sprache in das Gehirn zu übermitteln.

### Drei Sequenzen bei der Herstellung

Es gibt zahlreiche praktische Hürden auf dem Weg zu einem endgültig zugelassenen und für die Implantation beim Menschen geeigneten oCI. Insbesondere muss das Implantat über einen sehr langen Zeitraum einwandfrei funktionieren, da Cochlea-Implantate oft bereits ein Jahr nach der Geburt eingesetzt werden. Aus dem gleichen Grund wird auch rotes stimulierendes Licht in Betracht gezogen, da es ein geringeres Schädigungspotenzial für das menschliche Gewebe und eine geringere Absorption und Streuung aufweist. Letzteres würde ebenfalls zur Energieeinsparung beitragen. Die Herstellung des präklinischen oCI-Prototyps ist ein Prozess auf Wafer-Ebene, der in drei Sequenzen aufgeteilt werden kann:

- die Erzeugung von GaN- $\mu$ LEDs auf einem Saphirsubstrat,
- die Erzeugung des flexiblen Polymersubstrats mit p-Kontakt-Metallisierung wiederum auf einem anderen Saphirträger und
- die Übertragung der  $\mu$ LEDs auf dieses Substrat mit anschließender n-Kontakt-Metallisierung und Passivierung.

Der kritische Übertragungsprozess verwendet einen Laser-Lift-Off-(LLO)-Prozess, der auf ultravioletten Pulsen von 248 nm aus einem Excimerlaser des Modells 'COMPex' von Coherent basiert (**Bild 4**).

Dünnschicht- $\mu$ LEDs werden auf Saphir-Wafern gewachsen, unter anderem wegen der Fähigkeit von Saphir, die hohen Wachstumstemperaturen

(1000 °C) zu tolerieren. Saphir wird jedoch aus Gründen beispielsweise eines verminderten Wärmedurchgangs nur selten als Endsubstrat verwendet. Und im Falle von oCI ist definitiv ein hochflexibles Substrat erforderlich.

### Charakteristische LLO-Details

Beim weit verbreiteten LLO-Verfahren werden die hochenergetischen UV-Laserpulse durch die Rückseite des Saphirs geleitet, der bei 248 nm vollständig transparent ist. Die Pulsenergie wird vom GaN stark absorbiert, sodass eine dünne Schicht GaN mit einer Dicke von etwa 10 nm abgetragen wird, wodurch die LEDs vom Saphir gelöst werden.

Es gibt mehrere charakteristische LLO-Details, die spezifisch für die oCI-Anwendung sind. Die  $\mu$ LEDs haben Abmessungen von  $50\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$  bei einer Dicke von etwa  $5\ \mu\text{m}$ . Die Verbindung zwischen  $\mu$ LED und Epoxysubstrat mit Metallstruktur erfolgt als In-Au-Interdiffusionsbindung. Vor dem LLO-Prozess wird eine  $5\ \mu\text{m}$  dicke Indiumschicht auf die Mesas der  $\mu$ LED aufgebracht. Die Au-Pads werden auf dem Epoxysubstrat strukturiert.

Wie in **Bild 3** dargestellt, wird der LED-Wafer mithilfe eines kommerziellen Mask Aligners über Kopf in Bezug auf die Au-Pads auf dem Polymersubstrat ausgerichtet. Die Lücke zwischen beiden Wafern, die hauptsächlich aus GaN-Mesas und dem In-Bond-Metall resultiert, wird mit einem Epoxidharz gefüllt, um die LEDs während des anschließenden LLO-Prozesses mechanisch zu stabilisieren. Das Dual-Wafer-Sandwich wird dann auf einen Wafer-Bonder übertragen, wo ein Druck von 80 kPa bei  $140\ \text{°C}$  für 30 min unter Vakuum angelegt wird, um die In-Au-Kodiffusion zu erzeugen.

Die LLO wird mit einer Fotomaske durchgeführt. Während des LLO-Verfahrens werden die einzelnen  $\mu$ LEDs zunächst mit einer Laserfluenz von





**Bild 4. »COMPax«-Excimerlaser mit Pulsen bei 248 nm Wellenlänge für den Laser-Lift-Off-Prozess**

800 mJ/cm<sup>2</sup> delaminiert, gefolgt von der Delaminierung des Epoxid-Unterfüllmaterials bei 500 mJ/cm<sup>2</sup>. Diese Reihenfolge verhindert eine mögliche Beschädigung der dünnen µLEDs. Anschließend wird der Saphir entfernt. Darauf folgt die strukturierte Metallisierung für die n-Kontakt-Schaltung und die Passivierung. Das flexible oCl wird durch elektrochemisches Ablösen einer Al-Opferschicht gelöst.

Es gibt mehrere Vorteile, die Coherents COMPex-Laser für den LLO-Prozess prädestinieren. Die hohe Pulsenergie von Hunderten von Millijoule bei 248 nm ermöglicht ein großes Bearbeitungsfeld und liefert ein weites Prozessfenster. Die hohe Stabilität der Puls-zu-Puls-Energie – besser als 0,75 Prozent respektive 1 Sigma – ist ebenfalls wichtig, um das Prozessfenster zu maximieren und konsistente Ergebnisse zu liefern. Darüber hinaus bietet der COMPex-Laser eine gleichmäßige Intensität über sein Strahlprofil. Dadurch wird sichergestellt, dass über die gesamte Feldgröße die gleiche Fluenz

angewendet wird, was den Durchsatz maximiert. Ein weiterer Vorteil des COMPex in dieser Anwendung ist seine IES-Funktion (Instant Energy Switching). Damit kann die Pulsenergie während des Laserbetriebs gesteuert werden, was es dem Bediener ermöglicht, die Fluenz für die GaN-Abtragung und die Epoxid-Unterfüllungsabtragung präzise zu optimieren und zu steuern. Schließlich führen die Ingenieure praktische Vorteile an, wie die lange Lebensdauer von Gas und Optik.

Die beschriebene neue Art eines optischen Cochlea-Implantats wird die Lebensqualität für Hörgeschädigte erheblich verbessern. ■ MI110723

**AUTOREN**

Dr. RALPH DELMDAHL ist Senior Produktmarketing Manager bei Coherent in Göttingen  
 Dr. CHRISTIAN GOSSLER ist CTO & Co-Founder von OptoGenTech in Göttingen

© MIKROvent GmbH, Mainburg – www.mikroproduktion.com – nicht zur Verwendung in Intranet- und Internetangeboten sowie elektronischen Verteilern

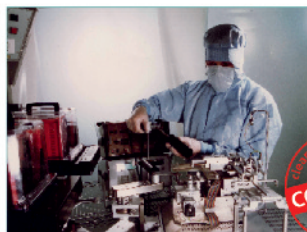
clean air for your workflow



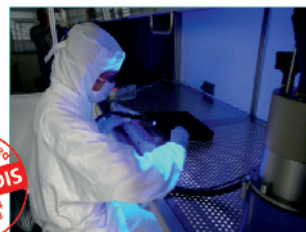
**service for clean air**



Beratung und Schulung



Messungen und Zertifizierungen



Reinigung von Baugruppen



[www.colandis.com](http://www.colandis.com)

