

2. BIOSENSOR SYMPOSIUM

TÜBINGEN 2001

<http://barolo.ipc.uni-tuebingen.de/biosensor2001>

SILIZIUM - BASIERTE LICHEMITTER:

NEUE MÖGLICHKEITEN FÜR LAB-ON-CHIP SYSTEME ?

T. Gebel^{1,2}, L. Rebohle^{1,2}, S. Howitz³, J. von Borany¹, W. Skorupa^{1,2}

¹Forschungszentrum Rossendorf, Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung,
PF 510119, D-01314 Dresden (Tel.: 0351 - 260 3036, email: t.gebel@fz-rossendorf.de)

²nanoparc GmbH, Bautzner Landstraße 45, D-01454 Dresden - Rossendorf

³GeSiM GmbH, Bautzner Landstraße 45, D-01454 Dresden - Rossendorf

Registriernummer der Online- Anmeldung: 179

Poster

Die Realisierung von Lichtemittern in herkömmlicher Siliziumtechnologie ist ein großer Traum der Mikroelektronik. Aufgrund seines indirekten Bandgaps ist Silizium prinzipiell schlecht als Lichtemitter geeignet. Teure und aufwendige andere Verfahren und Werkstoffe (z.B. Verbindungshalbleiter wie GaAs, GaN, SiC usw.) fanden Verwendung für Leuchtdioden und werden heute kommerziell eingesetzt. Diese sind jedoch nicht in herkömmliche Silizium-Chipstrukturen integrierbar. Die Integration in die Silizium – Technologie ist jedoch von eminenter Bedeutung für die kostengünstige Herstellung von Emitterarrays, die neben der Nutzung für integrierte Systeme der Mikrosystemtechnik und der optischen Informationsübertragung auf und zwischen Chips [1] auch zur Lumineszenzanregung von Farbstoffmolekülen in Lab-on-Chip Systemen dienen können. Seit Anfang der 90er Jahre kann durch modifizierte Schichten und Strukturen im Nanometerbereich die bisherige Beschränkung des Siliziums überwunden werden. So können in Siliziumdioxid eingebettete Nanostrukturen aufgrund ihrer speziellen Eigenschaften zur Lumineszenz angeregt werden. Ein Überblick über Aktivitäten zur Lumineszenz aus Nanostrukturen findet sich in [2].

In den hier beschriebenen Untersuchungen werden Nanostrukturen durch Ionenimplantation in thermisch auf einen Siliziumwafer (100, n-Typ) aufgewachsene SiO₂ – Schichten erzeugt. Im Anschluß an die Ionenimplantation werden durch eine Temperung Strahlenschäden ausgeheilt und die Clusterbildung angeregt. Die so erhaltenen Nanocluster weisen Größen von 4 ... 6 nm auf. Als Frontkontakt der Lumineszenzstrukturen wird eine aufgesputterte transparente Indium-Zinnoxid (ITO) - Schicht lithographisch in kreisrunde Flächen von 0.2mm² strukturiert. Der Rückseitenkontakt wird durch Al - Beschichtung der Waferrückseite hergestellt.

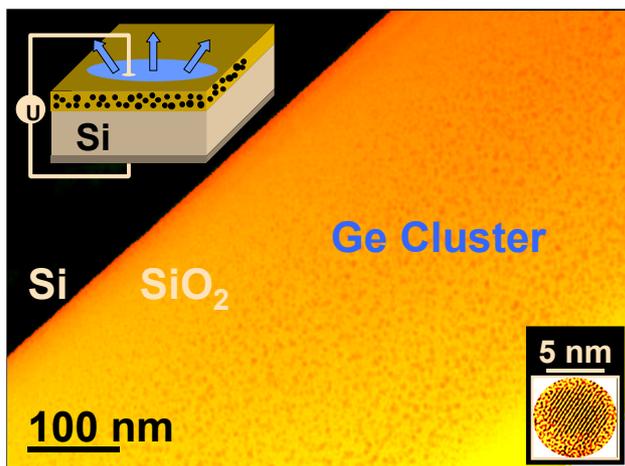


Fig. 1:

TEM – Aufnahme einer 500 nm dicken SiO_2 – Schicht mit Ge – Nanoclustern. Links oben ist die schematische Skizze einer MOS Struktur mit einer transparenten Deckelektrode für EL - Untersuchungen dargestellt, rechts unten ein kristalliner Ge - Nanocluster.

Die Metall-Oxid-Halbleiter (MOS) – Anordnung mit clusterhaltigen Schichten (Fig. 1, linkes oberes Bild) wird durch eine zwischen der ITO – Deckelektrode und dem Si - Substrat angelegte Spannung zur Elektrolumineszenz (EL) angeregt. Die emittierte Lichtleistung hängt linear von der Anregungsleistung ab. Für Untersuchungen zur Photolumineszenz (PL) erfolgte die Anregung mit einer Xenon - Lampe bei einer Wellenlänge von 250 nm. Das Spektrum des emittierten Lichts liegt im blau/violetten Wellenlängenbereich (Fig. 2) und enthält zudem noch einen beträchtlichen UV - Lichtanteil [2]. Die erzielten Leistungseffizienzen erreichen Werte bis zu 0.5% [3].

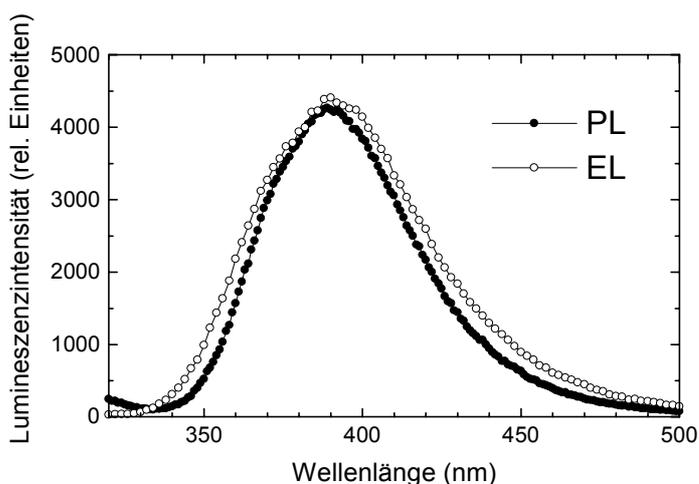


Fig. 2:

Photolumineszenz (PL) und Elektrolumineszenz (EL) einer SiO_2 Schicht mit 3% Germanium.

Die beiden Kurven zeigen eine gute Übereinstimmung.

Ab Lichtleistungen von 10 nW, also bei ca. $5 \mu\text{Wcm}^{-2}$, ist das Licht mit bloßem Auge sichtbar. Maximale Lichtleistungen liegen derzeit bei einigen Hundert nW. Durch eine Verbesserung der Kantenpassivierung der Emitterstrukturen ist eine weitere Erhöhung der Betriebsleistung möglich.

Derzeit sind die für die Fluoreszenzanalyse verwendeten bioaktiven Substanzen nahezu alle auf die häufig verwendeten 633 nm - Laser optimiert. Es sind jedoch alternativ Farbstoffe, die blau/violett oder im UV angeregt werden können, verfügbar. Damit könnten derart integrierbare, in Siliziumtechnologie hergestellte Emitter - Strukturen in Lab-on-a-Chip Systemen Anwendung finden. Zudem wird eine orts aufgelöste Anregung möglich, da die Lichtemitter mittels gängiger Photolithographie einfach strukturiert und dann durch entsprechende Chip - Ansteuerung gezielt geschaltet werden können. Eine kostengünstige Realisierung der Strukturen würde sogar die Verwendung als „Disposable“ ermöglichen.

Im Vortrag werden die optischen und elektrischen Eigenschaften der Emitter vorgestellt. Ausgehend vom jetzigen Erkenntnisstand werden Anwendungen, wie z.B. ein integrierter Optokoppler [4], und Perspektiven siliziumbasierter Lichtemitter auf der Basis von Nanostrukturen aufgezeigt. Für zukünftige Applikationen sind dabei insbesondere Möglichkeiten der Einstellung der Wellenlänge durch geeignete Herstellungsvarianten interessant. Die internationalen Aktivitäten hinsichtlich der Realisierung von Si - basierten Lasern [5] versprechen weitere interessante Aspekte für die Anwendung derartiger Strukturen.

Literatur:

- [1] Mel Ari Optoelectronic Road Map, <http://www.cordis.le/esprit/src/melop-rm.htm>
- [2] L. Rebohle, J. von Borany, H. Fröb, W. Skorupa, Appl. Phys. B 71, 131 (2000)
- [3] T. Gebel, L. Rebohle, J. Zhao, D. Borchert, H. Fröb, J.v. Borany, W. Skorupa, (invited), erscheint in Proceedings of the Materials Research Society (MRS Fall Meeting, Boston, Nov. 27 - Dec. 1, 2000)
- [4] T. Gebel, W. Skorupa, J. von Borany, L. Rebohle, D. Borchert, W. Fahrner, „Integrierter Optokoppler und Verfahren zu seiner Herstellung“, beim Deutschen Patentamt eingereichtes Patent, Aktenzeichen 100 11 258.7
- [5] L. Pavesi, L. Dal Negro, C. Mazzoleni, G. Franzò, F. Priolo, Nature Vol. 408, 440 (2000)