

Licht auf dem Chip – komplexere Konzepte

Hetero- oder hybride PIC, Lichtschalten und -regeln, nichtlinear-optische Materialien

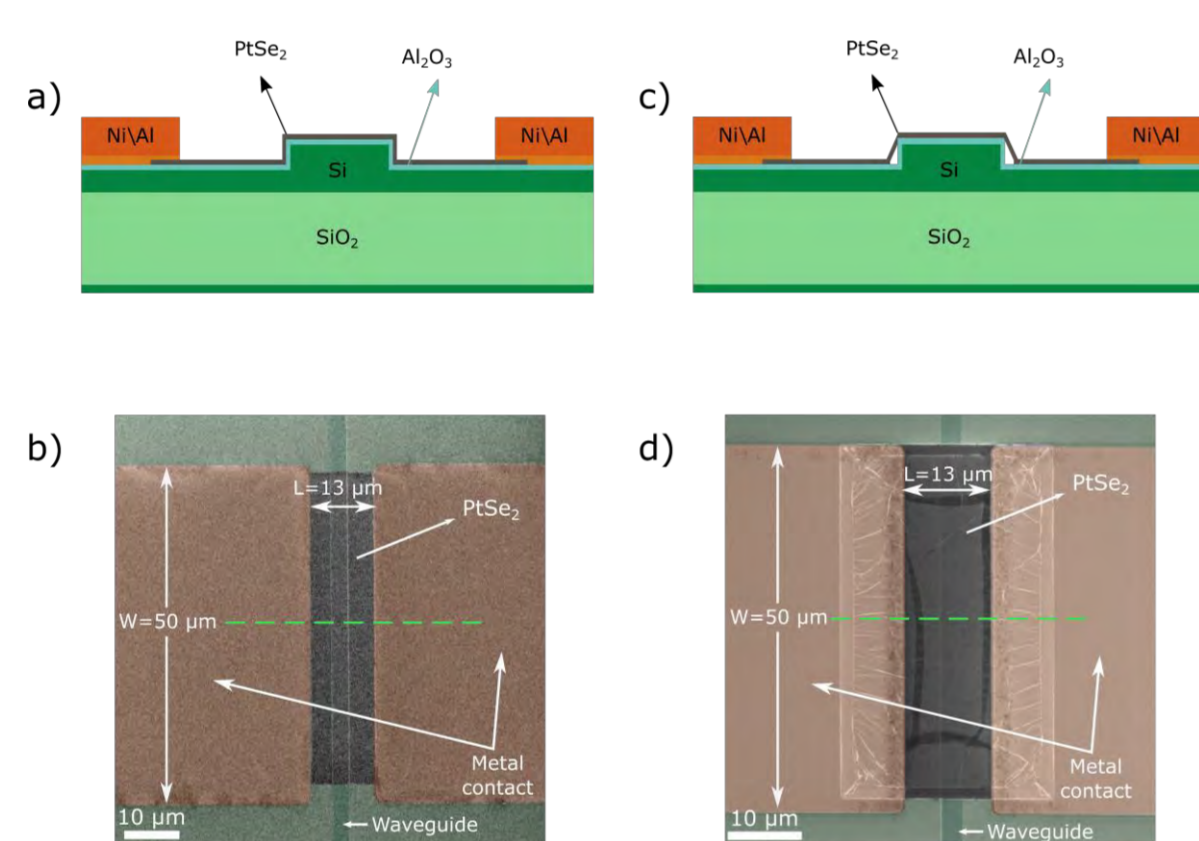
1 Motivation

- Vielzahl benötigter Funktionen „on-the-chip“: Photonenquellen, Modulatoren, Frequenzkonverter, Detektoren, elektronische Kontrollelemente, ...
- „on the chip“: Koppelverluste zwischen den Bauelementen entfallen,
- komplexe Strukturen → „photonisch-integrierte Schaltkreise“ (PICs)
- nicht alle Funktionen in einem Material realisierbar → hybride Integration

2 Hetero- und hybride PICs

Integration von 2D Materialien

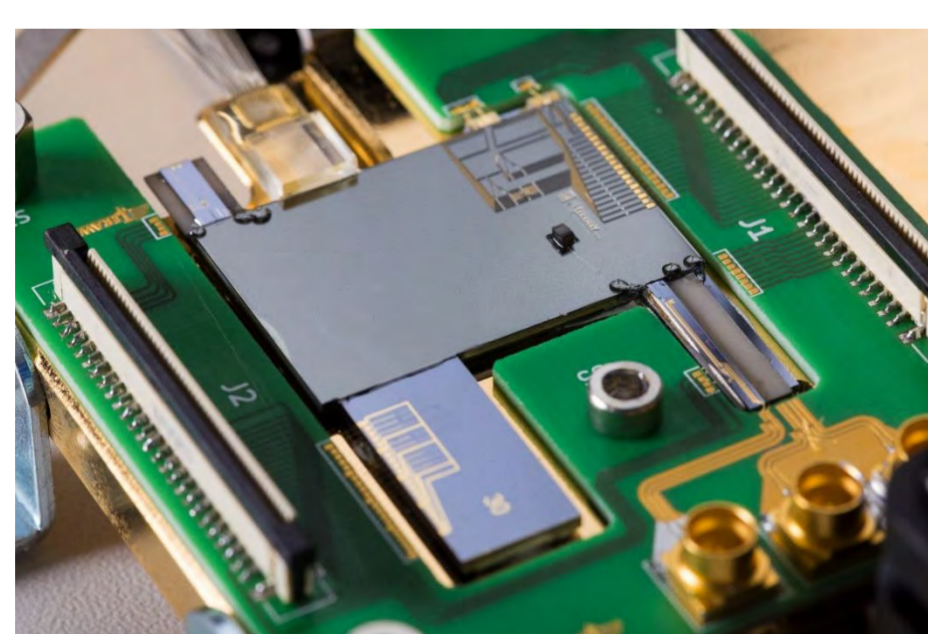
- Fast unabhängig von Substrat
- Beispiel: Topographie-konforme Abscheidung von PtSe_2 auf SOI-Wellenleitern, z.B. als Photodetektor als Heizelement



PtSe_2 auf SOI-Wellenleitern, z.B. als Photodetektor: Topographie-konforme Abscheidung (a,b) oder mittels Transfer mit typischen Defekten (c,d).

Hybride Chip-zu-Chip Integration

- Optimale Kombination von aktiven und passiven Materialsystemen
- Yield Management durch Einsatz von „Known Good Dies“



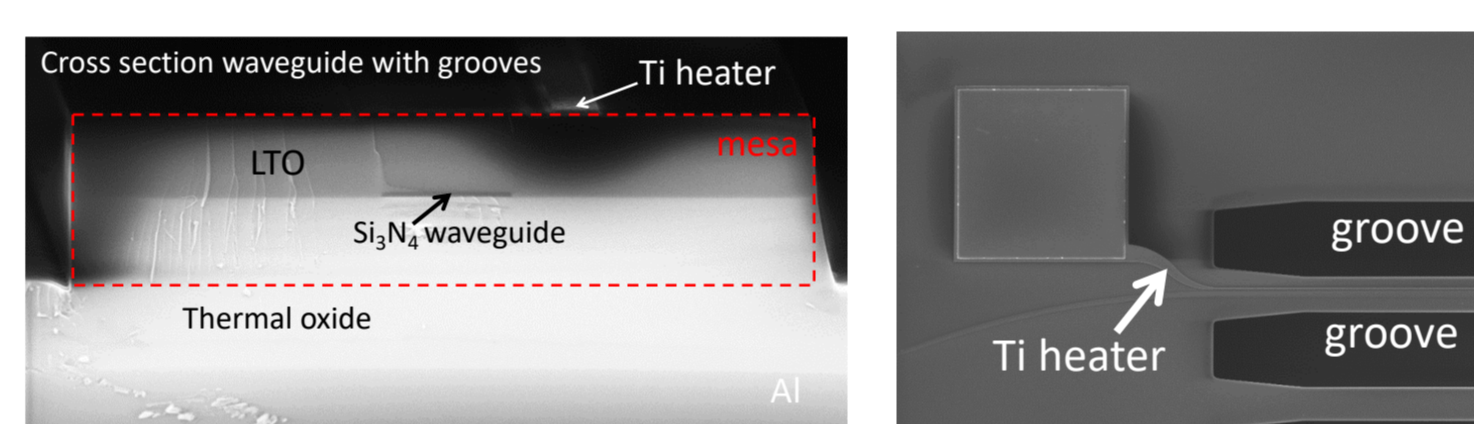
Komplexer hybrider PIC auf Basis von Si_3N_4 , InP und Polymer

Hybride Integration siehe auch Poster QC08
"Skalierbare Aufbau- und Verbindungstechnik"

3 Licht schalten und regeln

Thermo-optische Schalter

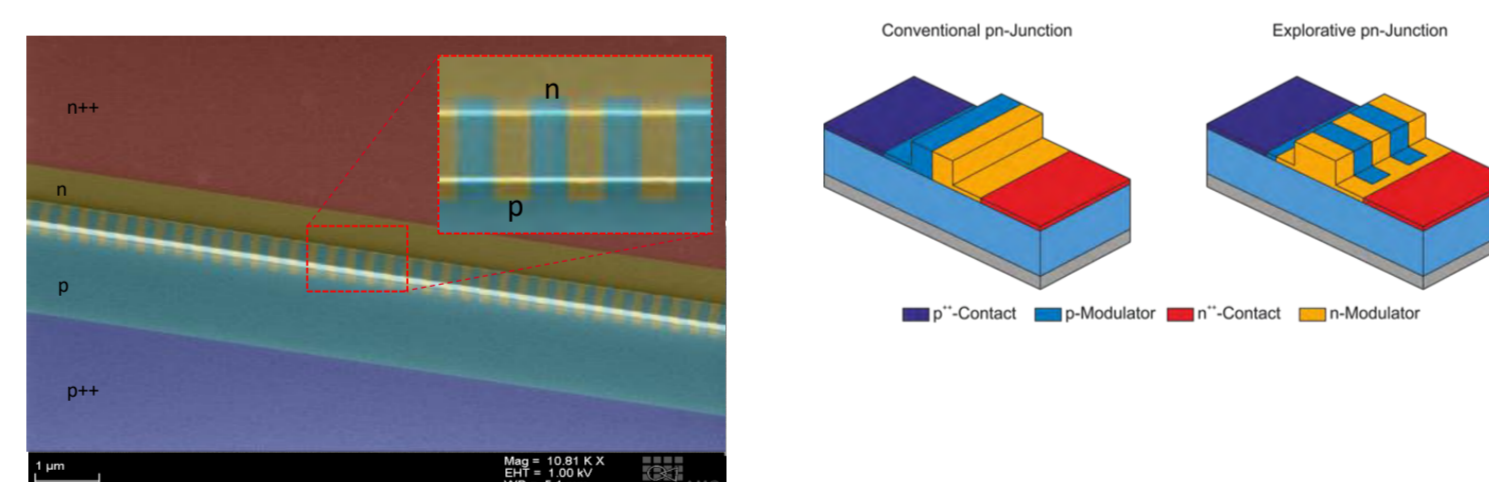
- Einfache Herstellung, unabhängig von Substrat
- Heizdraht aus Metall oder transparentem 2D Material (z.B. Graphen, PtSe_2 , MoS_2)



(links) Querschnitt eines Si_3N_4 Wellenleiters mit Ti-Heizelement und Gräben zur thermischen Isolierung, (rechts) Ansicht von oben.

Ladungsträger-basiertes Schalten

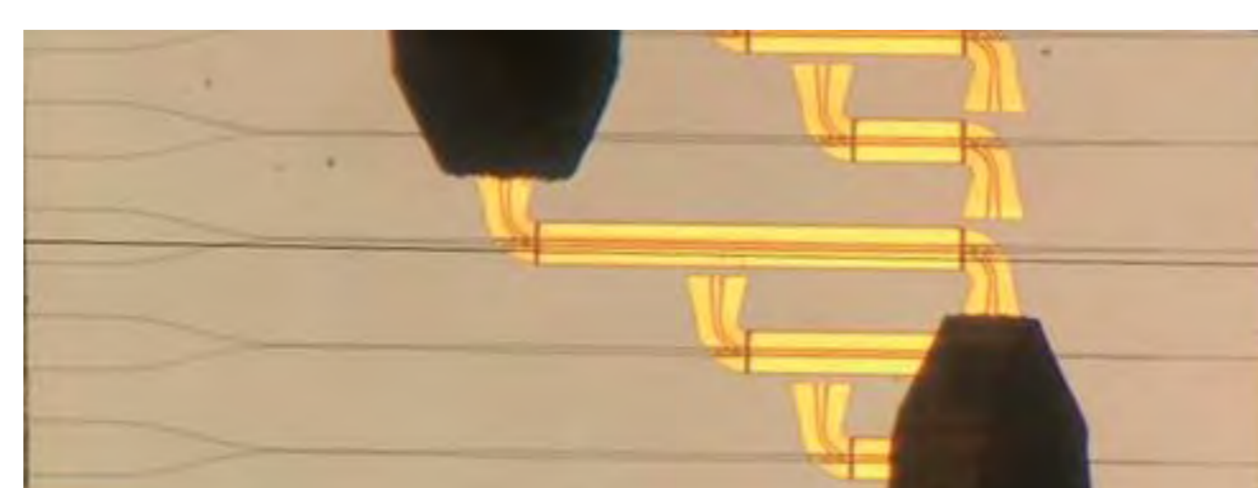
- Injektions- oder Verarmungstyp
- Verfügbar in SOI oder InP
- Schnell und energieeffizient, aber komplexere Herstellung als thermo-optisch



(links) Falschfarben SEM eines Verarmungs-Modulators: SOI-Wellenleiter mit verzahnten Implantationsgebieten, (rechts) Modulator-Schema.

Elektro-optisches Schalten

- Schalten und schnelles Modulieren über elektrische Feldstärke
- Verfügbar in LNOI und InP

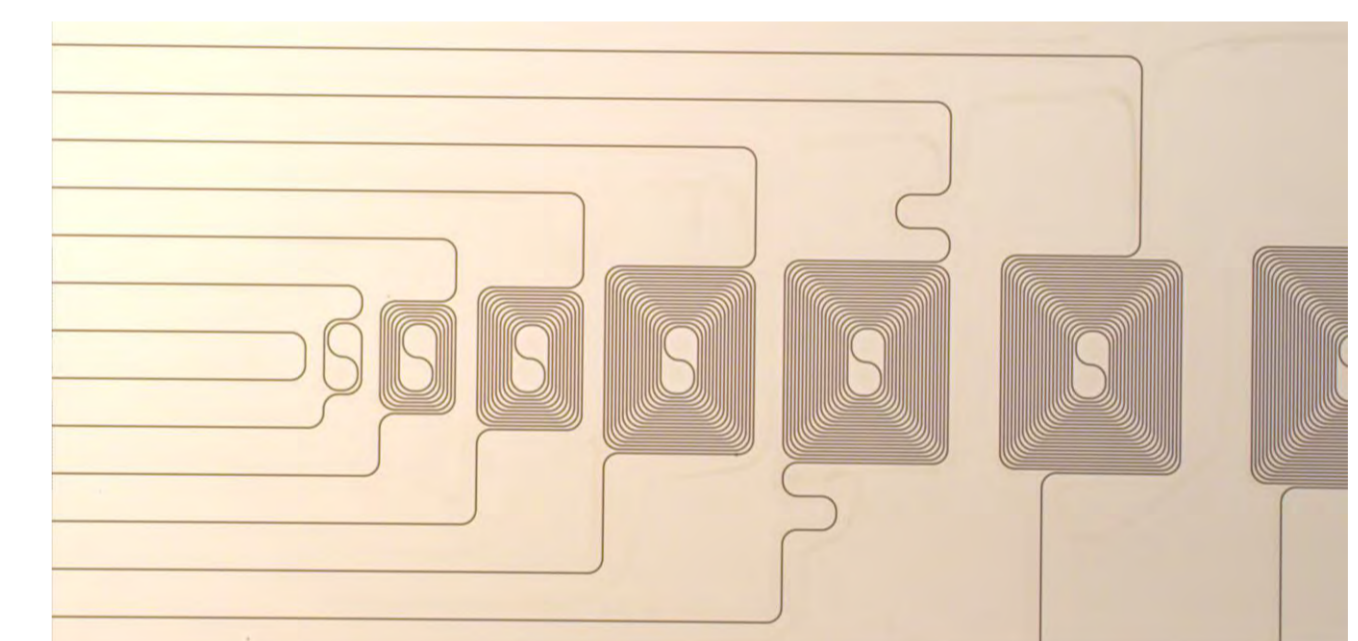


Hochfrequenz-Modulator in LNOI

4 Nichtlineare Materialien

Aluminiumnitrid AlN

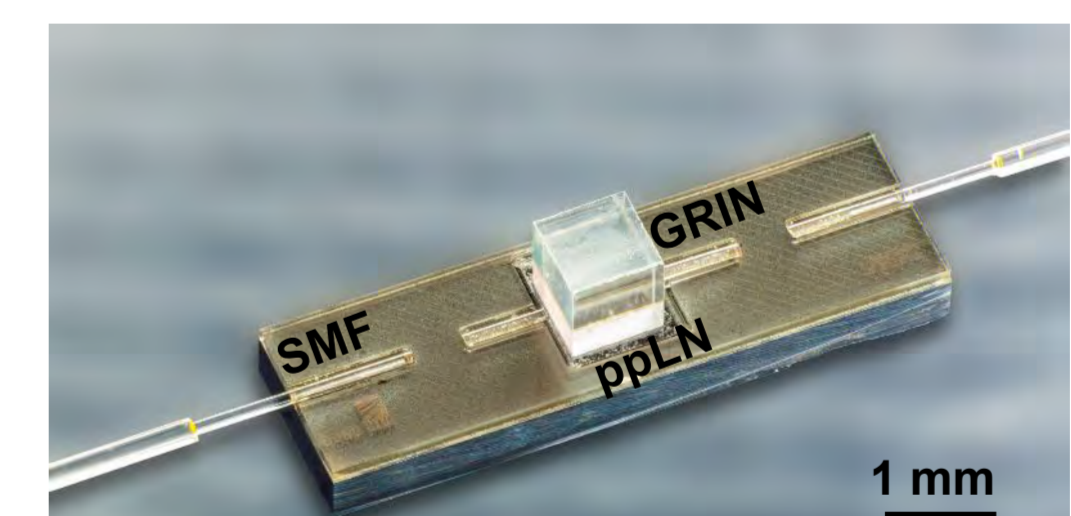
- Wellenleitermaterial mit $\chi^{(2)}$
- Wachstum C-Achsen-orientiert, z.B. auf Saphir gesputtert
- Transparenzbereich: UV-C bis IR



AlN Wellenleiter mit **0,35 dB/cm** Verlust bei 1550 nm

PIC-Integration von Kristallen

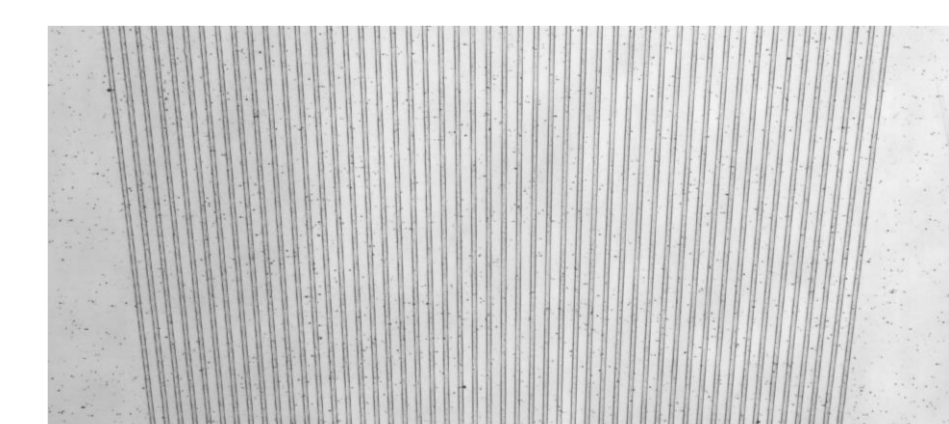
- Integration klassischer nichtlinearer Kristalle (ppLN, ppKTP, ...) in On-Chip Freistrahlbereiche



PIC mit ppLN-Kristall für SHG und SPDC

Barium-Magnesium-Fluorid BaMgF_4

- Ultraweiter Transparenzbereich
- Quasi-Phasenanpassung für die Frequenzkonversion möglich



Periodisch gepolte Fan-Out-Struktur in BaMgF_4 , hergestellt durch maskenloses Polen