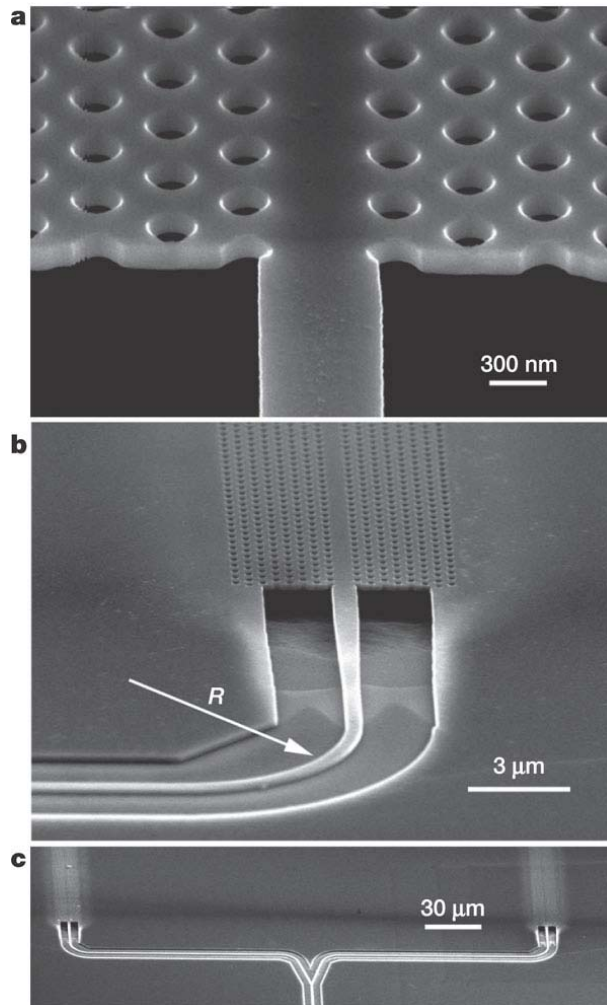


Maßgeschneiderte photonische Materialien

Impulsvortrag Photonik 2020
Berlin, 23. März 2010

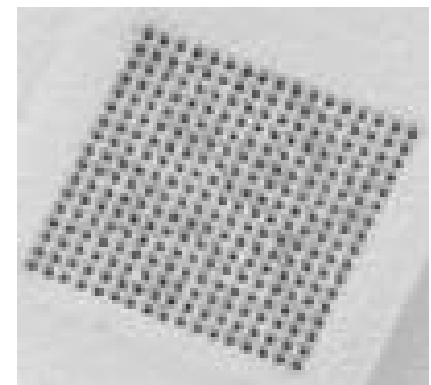
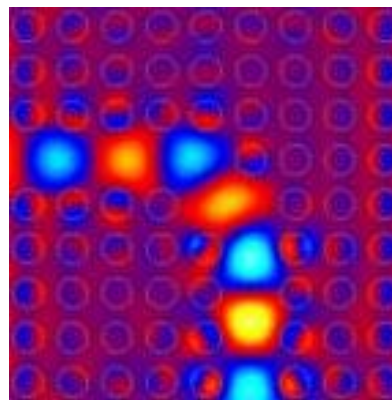
Prof. Harald Giessen
4. Physikalisches Institut
Universität Stuttgart



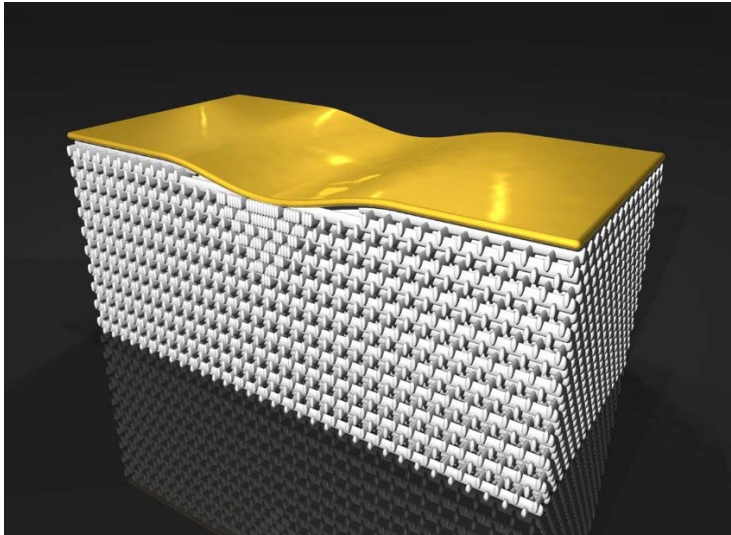
Thomas Krauss

- Photonic Crystals für Telekommunikation
- Plasmonik: Extraordinary transmission

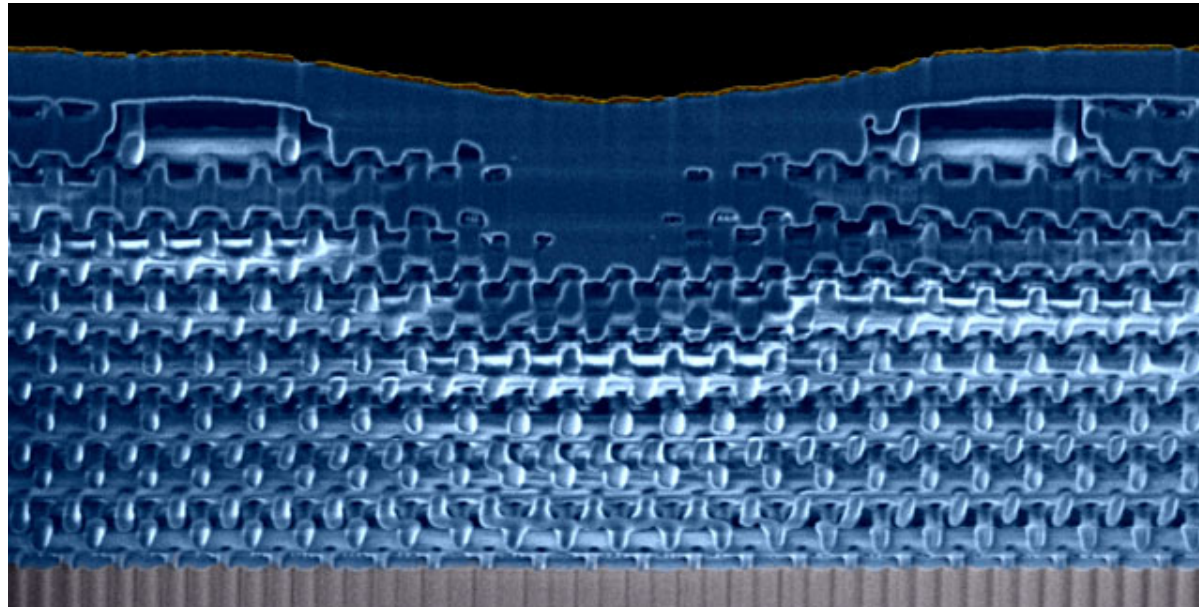
- Wer hätte daran gedacht,
 ϵ und μ maßzuschneidern?



Ebbesen, Nature 1998



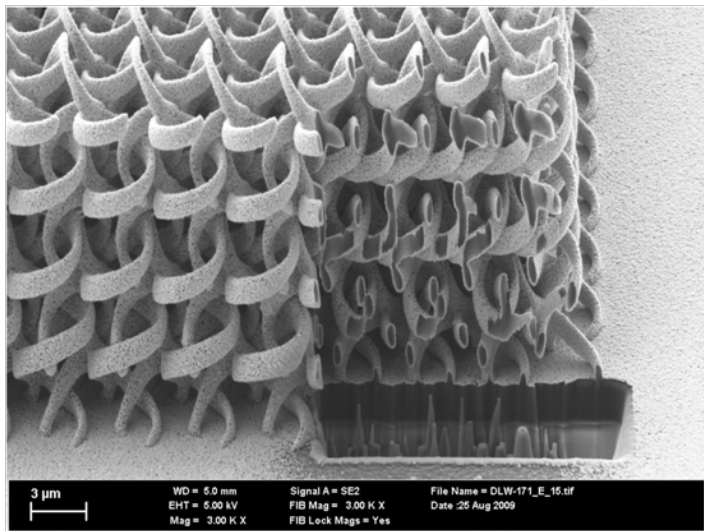
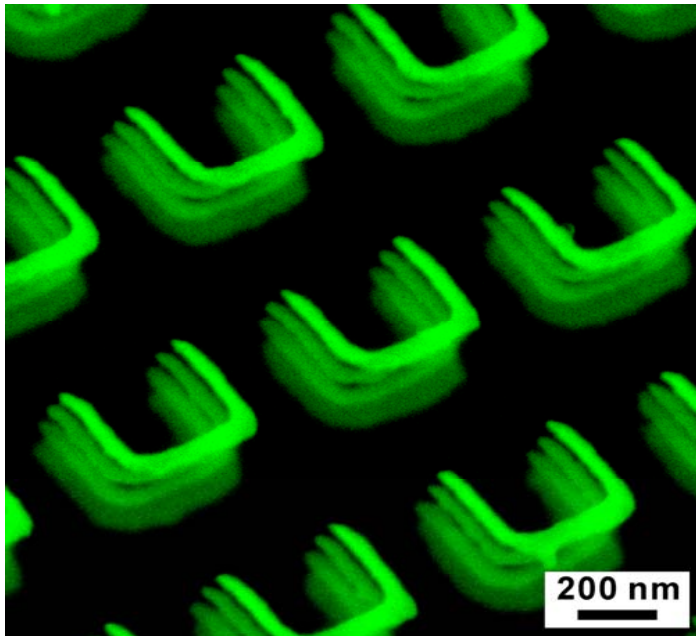
- Wellenlänge: 1.4-2.3 μm
- Winkel: bis 60°
- Größe: $10 \times 30 \mu\text{m}^2$



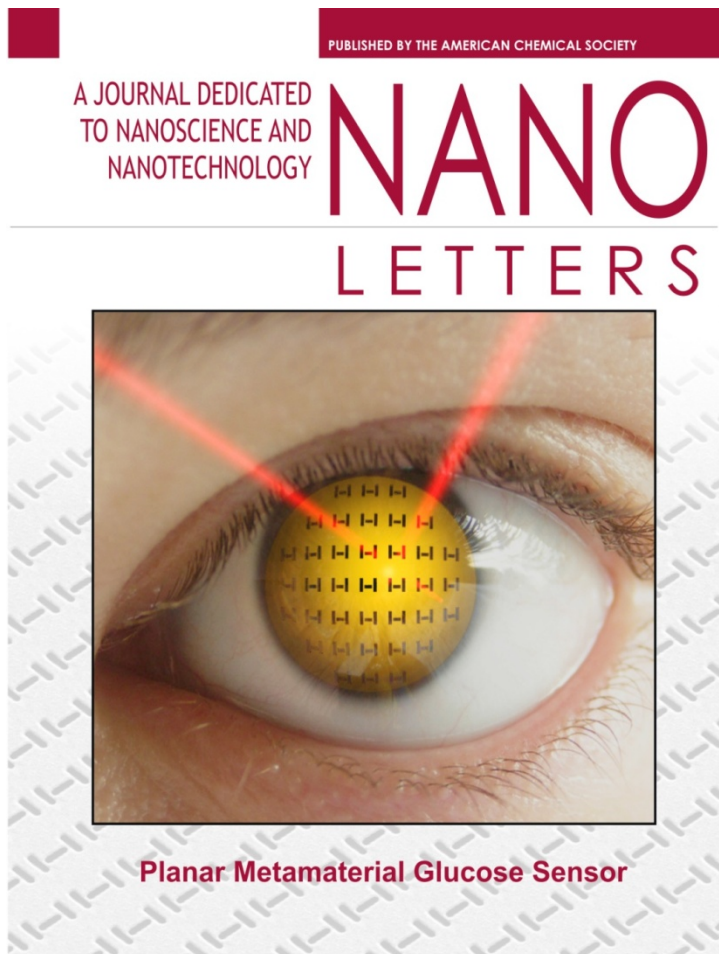
AG Wegener
Karlsruhe
Science Mrz. 2010



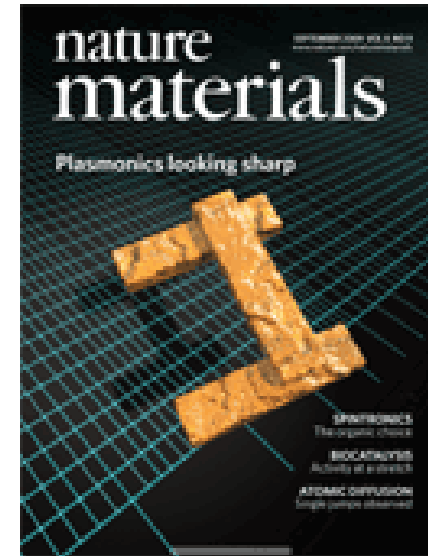
- Justyna Gansel
AG Wegener
Science 2009
- Breitbandige IR Wellenplatten
möglich (2-7 μm)
- **Anwendungen:**
FTIR Spektroskopie,
IR Vision (Optronik)
- **Ein „echtes“ Metamaterial-
Bauteil im nahen Infrarot**



- **WiVoPro Metamaterialien**
2007-2008
- **BMBF Verbund**
3D Metamaterialien
Stuttgart/Karlsruhe/Jena
ab 2009
- **Schwerpunkte:**
3-Dimensionalität, Simulation,
Herstellmethoden, Verluste, Chiralität,
Anwendungen (z.B. Slow Light oder
Sensorik), sub-100 nm 3D Lithographie

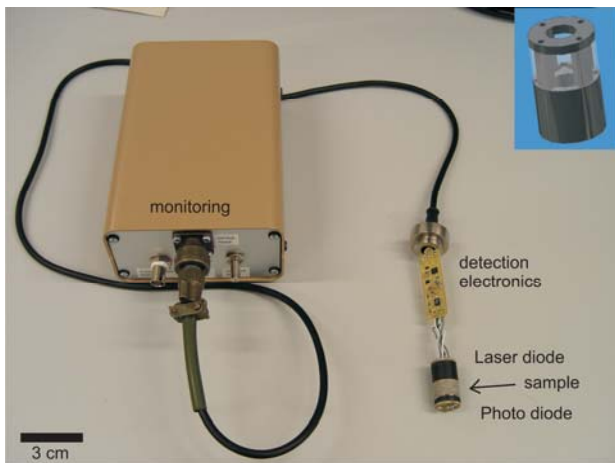
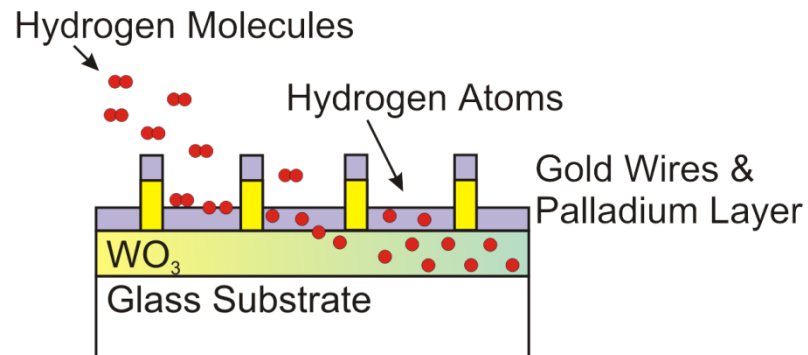
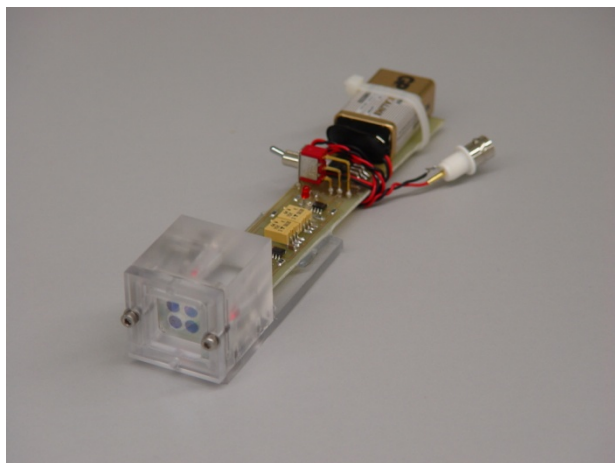


April 2010



Sept. 2009

- Basierend auf Plasmon-Induced Transparency
- Anwendbar z.B. für Glucose (Diabetes)
- Kleinste Meßvolumina (Attoliter) durch lokalisierte Plasmonen
- Funktionalisierung für Pharmaindustrie
- Immuno-Assays möglich
- Slow light möglich



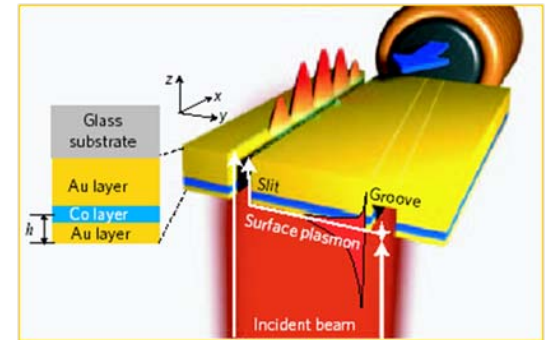
- BMBF Projekt Photonische Kristalle 2003-2006
- BMBF Verbund WAS-SENS 2008-2011 mit cgs GmbH Denkendorf



Magnetische Effekte in Au/Co Multilayer Schichten

Leitenstorfer, Woggon

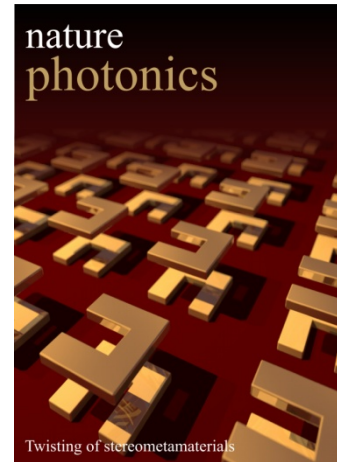
Nature Photonics Feb. 2010



Stereometamaterialien

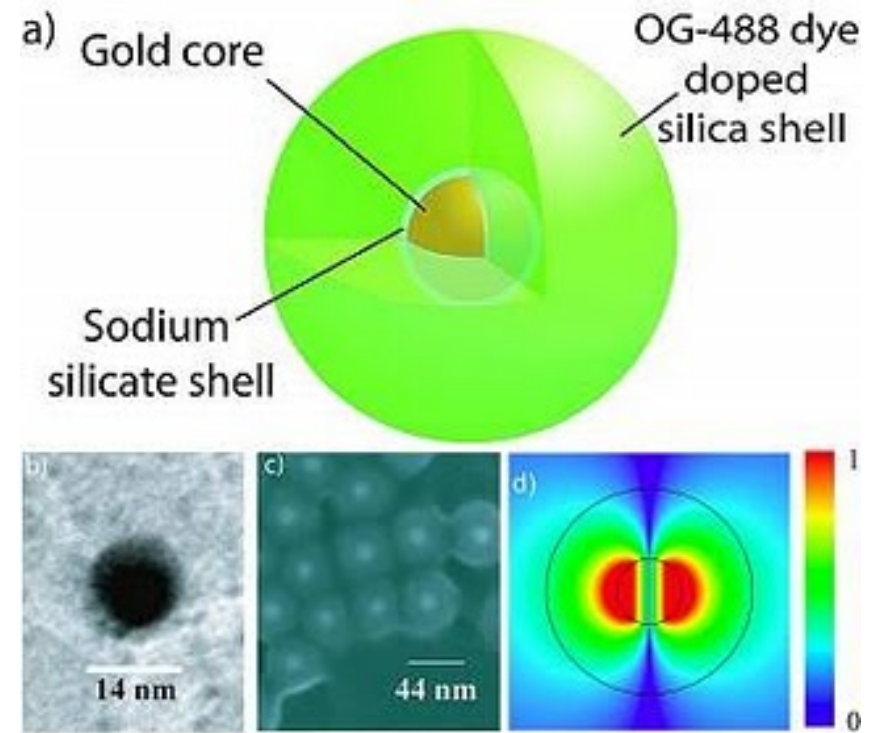
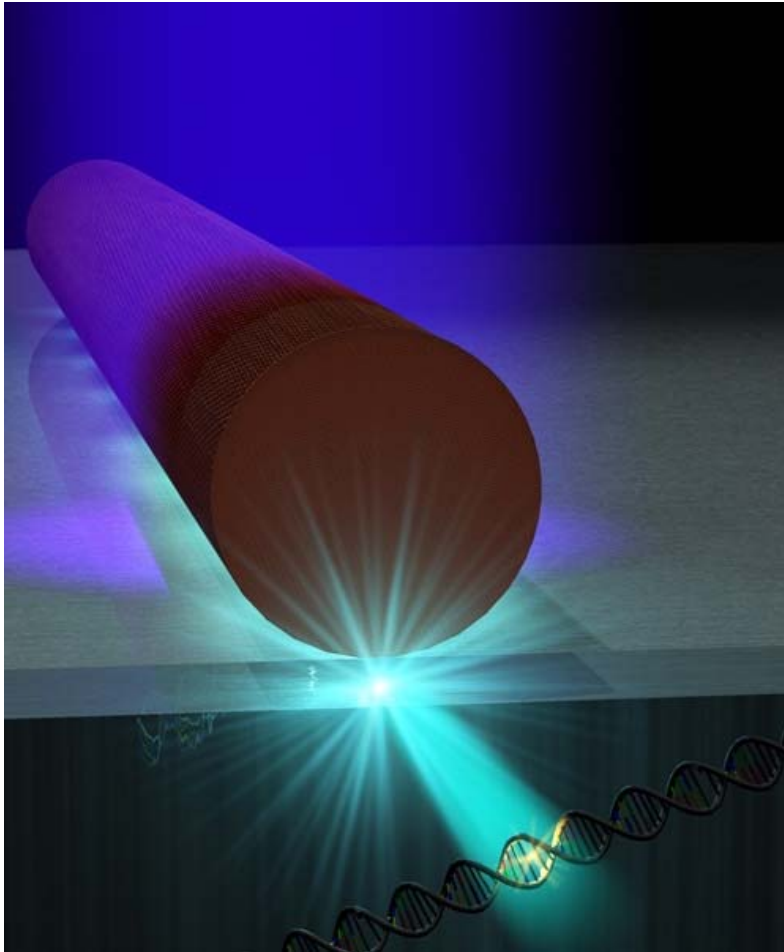
Stuttgart

Nature Photonics Mrz. 2009



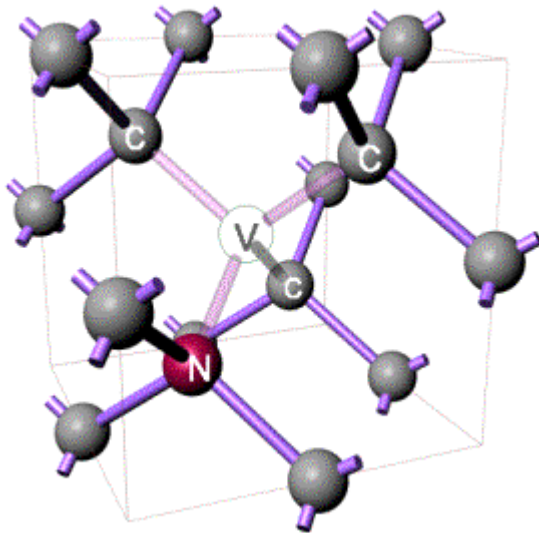
- Ist es möglich, Dünnschicht Faraday-Isolatoren zu bauen?
- Kann man das permanente Magnetfeld gleich mit einbauen?

Beleuchtung der Nanowelt

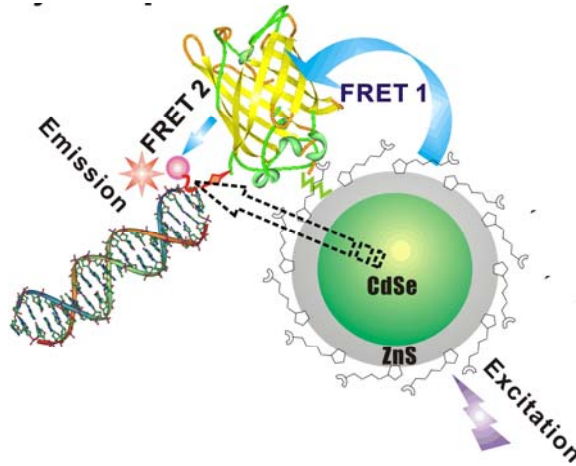


Berkeley Nature 2009

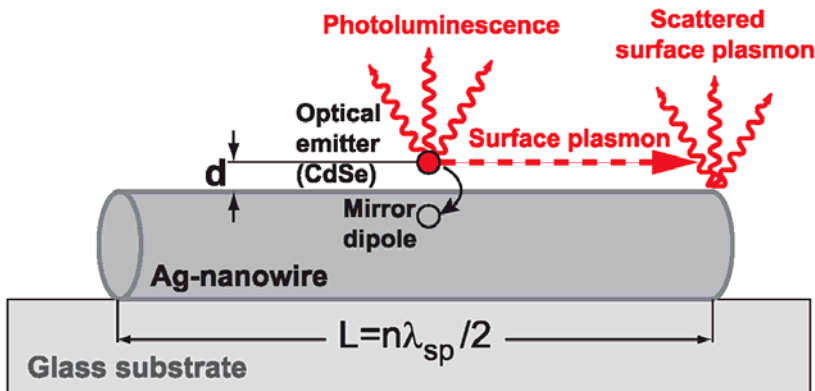
Purdue et al. Nature 2009



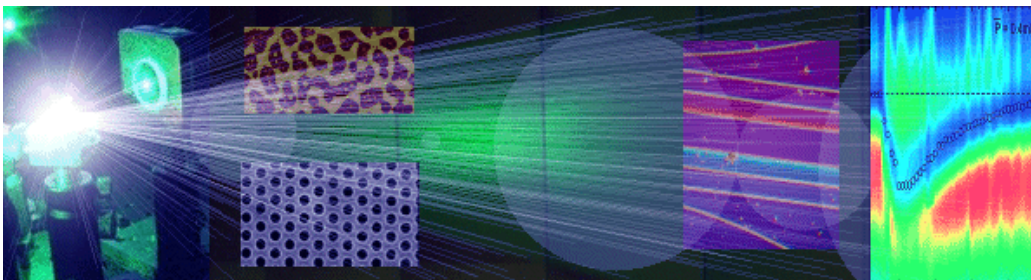
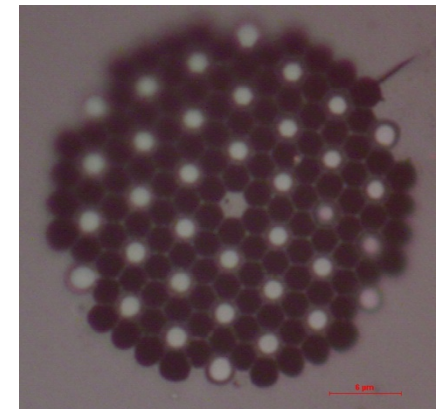
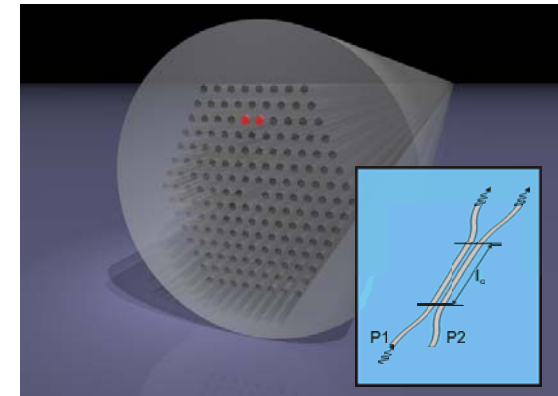
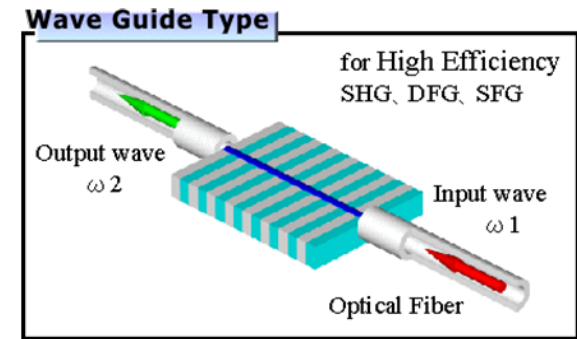
- **Carbon Optics:
Nanodiamanten**
- **Ankopplung an Plasmonen**
- **Festkörper-Qbits bei Raumtemperatur**
- **Messung einzelner Spins**
- **Lokale optische Magnetfelddetektion**
- **Biologische und medizinische
Anwendungen**
- **STED mit sub 10 nm Auflösung**

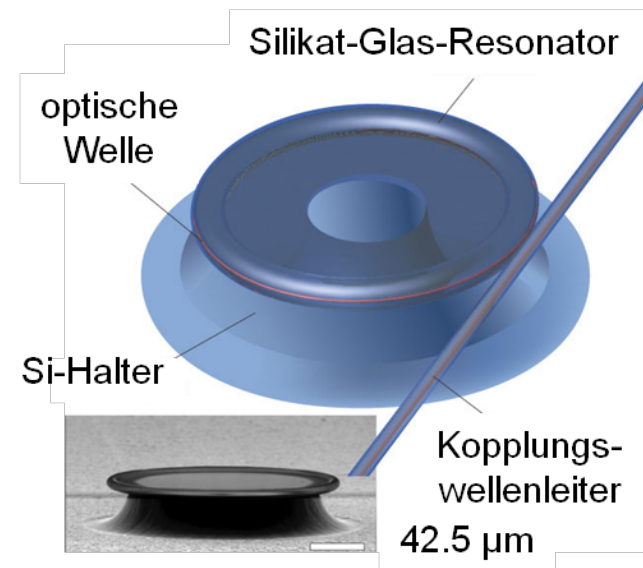


- Quantenpunkte an Plasmonen
- Halbleiter-Gain in Metamaterialien
- Organisch-anorganisch
- Stark korrelierte Materialien für ultrafast switches

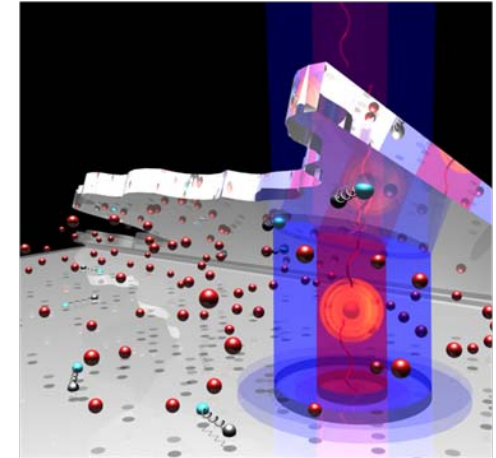
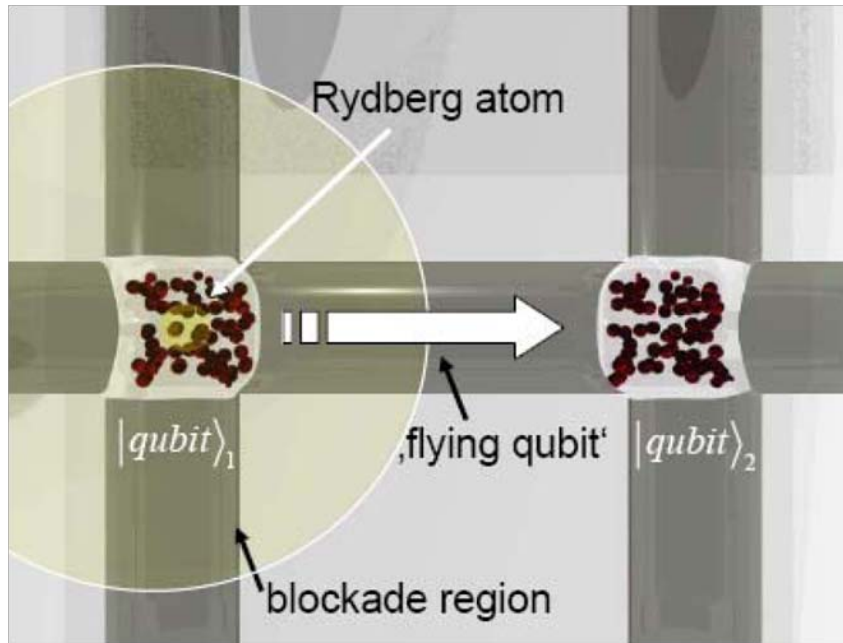


- **Üblich: Temperatur oder Winkel-Phasematching in bulk $\chi(2)$ or $\chi(3)$ Medien (z.B. BBO, LBO, etc.)**
- **90er Jahre: 1D Strukturierung (PP LiNbO3)**
- **Zukünftig: 1D, 2D, 3D Strukturierung von $\chi(2)$ and $\chi(3)$ Medien mit voller Kontrolle der linearen UND nichtlinearen Suszeptibilität**





- Ultrareine Materialien, z.B. optisch gereinigtes LiNbO_3
- Karsten Buse, Nature Photonics 2009
- Anwendungen: nichtlineare Konversion, WGM Sensoren, Quantenoptik



- Rb Atome als Gas
- Dipol-Blockade in Rydberg-Zuständen
- Größe: wenige μm

Zukünftige Themen

- Bulk, 0D, 1D, 2D, 3D Strukturierung von $\epsilon(\omega)$ und $\mu(\omega)$
- Linear, nichtlinear, $X^{(1)}$, $X^{(2)}$, $X^{(3)}$
- 2D photonische Kristalle, Auskopplung LEDs, Resonatoren, Sensoren
- 3D photonische Kristalle und Metamaterialien, 3D DLW, Stacking, Holographie, Selbstorganisationsmethoden
- Anwendungen: Cloak, Superlinse, Transformationsoptik, Problem: Verlustkompensation
- Sensoren für Biologie/Pharmaindustrie und Medizin
- Ultraschnelle Eigenschaften, slow light, all-optical switches
- Magnetische Eigenschaften, Nichtreziprozität, Dünnschicht-Faradayisolatoren
- Hybridsysteme, Kopplung von Quanten- und klassischen Systemen, stark korrelierte Materialien
- Quantenpunkte und Plasmonik, Nanodiamanten, organische Moleküle
- Optische Nanoantennen, LEDs und Photodioden, single photon emitter and detectors, point-to-point contacts, phased arrays
- Plasmonik/Metalloptik: Verbindung von bottom-up und top-down (Synthese und Nanostrukturierung), extrem hohe Nichtlinearitäten (SERS, tailored dimers)
- Neue Metalle mit hoher Ladungsträgerbeweglichkeit
- Kombination von Gasen und Festkörpern (atomare Quantencomputerkonzepte in Solid State Systemen)

Fazit

- **Grundlagenforschung an der Schnittstelle Optik/Nanowissenschaften tut not**
- **Es sind die neuen Effekte, die schnell zu disruptiven Technologiesprüngen führen können**
- **Manchmal auch ohne Industriepartner, trotz BMBF Förderung**
- **Nützlich: letters of intent der Firmen, damit Industrie schon früh mit eingebunden wird**