

Allgemeine Fragen

Frage: Abgrenzung Nanotechnologie zu anderen Technologiefeldern

Nanotechnologische Anwendungen ergeben sich mit solchen Systemen, deren neue Funktionen und Eigenschaften dominant von nanoskaligen Effekten der Systembausteine abhängig sind.

(Oberflächen-Volumenverhältnis)

Neu ist die Herstellung, Analyse und Manipulation von Objekten mit atomaren und molekularen Abmessungen unter Nutzung physikalischer, chemischer und biologischer Prinzipien.

Frage: Besonderheiten der Nanotechnologie

Neu ist die Herstellung, Analyse und Manipulation von Objekten mit atomaren und molekularen Abmessungen unter Nutzung physikalischer, chemischer und biologischer Prinzipien.

Notwendig für einen Innovationsschub: Interdisziplinäre Vorgehensweise, Erforschung möglicher Technologieoptionen als Zukunftsvorsorge in High-Tech-Branchen

Frage: Einsatzfelder ultradünner Schichten

Festplatten (Gleitfilm, Kohlenstoffschicht, Magnetschicht, Chromschicht, Ni-Phosphor-Schicht)

Röntgen- und EUV Optiken (Mo-Si Multischichten zur Röntgenbeugung und Strahlformung)

Wärmedämmschichten (Al₂O₃-W-Schichten, ZrO₂ Schichten)

Frage: Nanoanwendungen im Alltag

Sonnenschutzcreme mit sehr hohem UV-Filter: TiO₂ Partikel ersetzen organische Filter

50nm SiO₂ Schicht in PET Flaschen als Diffusionsbarriere für CO₂

Fassadenfarbe (Lotusan) für einfach abwaschbare Oberflächen (zu rau, damit Schmutz sich festsetzt)

Schmutzschutzschichten mit Nanopartikeln auf Autolackierungen (transparent, kratzfest) -> Reinigung

Festplatten: Magnetschichten, Isolierschichten, Gleitschicht

Verspiegelungsschichten, Kratzfestigkeitsschichten auf Brillengläsern

Herstellung ultradünner Schichten

Frage: Eigenschaften, die von Oberflächen abhängen

- Reibwert
- Verschleiß
- Korrosionsverhalten
- Bioverträglichkeit
- Benetzbarkeit
- Reflexionsvermögen
- Wärmedämmung
- Farbe (Dekor)
- Haptik
- Oberflächenleitfähigkeit (Schirmung, Antistatik)

Frage: Gängige Beschichtungsverfahren

- Elektrochemische Abscheidung (Galvanik)
 - Abscheidung aus geeignetem, meist wässrigen Elektrolyten durch Stromdurchgang
 - Substrat als Kathode geschaltet (Metallabscheidung) oder als Anode (anodische Oxidation)
 - Vorteile: industriell etabliertes Verfahren, im Vergleich zu PVD/CVD dicke Schichten möglich
preiswertes Verfahren, hohe Beschichtungsrate
 - Nachteile: eingeschränkt bzgl. abscheidbarer Materialien, häufig ökologisch problematisch
- Plasmaspritzen
 - Thermisches Spritzverfahren, in dem in einem Plasmabrenner zwischen zwei Elektroden ein Lichtbogen gezündet wird, Pulver wird in den Plasmastrahl injiziert, erschmolzen und mit Hilfe eines Trägergases zum Substrat transportiert
 - Vorteile: industriell etabliertes Verfahren, hohe Beschichtungsrate
 - Nachteile: geringe Haftfestigkeit, hohe Porosität der Schichten
- Langmuir-Blodgett-Verfahren
 - Vorteile: sehr präzise Abscheidung von Monolagen, geringer Aufwand
 - Nachteile: Schichtmaterial muss hydrophob oder hydrophil sein, nur im Labormaßstab geeignet
- Spin-on-Coating
 - Häufig verwendeter Prozess in der Halbleiterindustrie, Zum Aufbringen von photoempfindlichen Lacken, verwendet, Lack wird auf den Wafer aufgebracht und durch Rotation gleichmäßig verteilt, Typische Schichtdicken bis zu 1 µm, Homogenität +/- 15 nm, • Reproduzierbarkeit +/- 25 nm

- CVD-Verfahren (Chemical Vapour Deposition)
 - Schichtmaterial wird ggf. mit anderen Reaktionspartnern in die Dampfphase gebracht, thermisch oder plasmatechnisch angeregte chemische Reaktion, bewirkt Abscheidung der Moleküle oder Atome aus der Dampfphase auf dem Substrat
 - Vorteile: dichte Schichten, Beschichtung von 3D-Strukturen
 - Nachteile: sehr hohe Temperaturen nötig (1000° C), bei plasmagestützter CVD ca. 400° C)
- PVD-Verfahren (Physical Vapour Deposition)
 - Abtrag des Beschichtungsmaterials von einem festen Target durch intensiven Energieeintrag (Erwärmung, Licht-/Wärmestrahlung, Ionen, Elektronen; Übertragung als Dampf/Plasma auf das zu beschichtende Bauteil „Substrat“)
 - Abscheidung sehr dünner, qualitativ hochwertiger Schichten (insbesondere bei plasma-unterstützten Verfahren), PVD-Verfahren finden im Vakuum statt

Frage: Welche PVD – Verfahren sind gängige Verfahren und was sind typische Vor- und Nachteile?

- Widerstandsverdampfen:
 - Vorteile: hohe Rate, hohe Effektivität, relativ geringe Investkosten
 - Nachteile: nicht geeignet für hochschmelzende Materialien
- Verdampfen mit hochenergetischen Elektronen:
 - Vorteile: hohe Rate, hohe Effektivität, auch für hochschmelzende Materialien
 - Nachteile: hohe Investkosten, starke Wärmestrahlung bei hochschmelzenden Materialien
- Verdampfen mit niederenergetischen Elektronen:
 - Vorteile: aktivierte Beschichtung
 - Nachteile: erhöhter Aufwand
- Magnetronspütern:
 - Vorteile: sehr gleichmäß. Beschichtg., skalierbare Beschichtg.sbreite, beliebige Targetlage
 - Nachteile: dielektrische Schichten
- Vakuumbogen:
 - Vorteile: hochaktivierte Beschichtung, beliebige Targetlage
 - Nachteile: Qualitätsminderung durch Dropletmission
- Vakuum:
 - Vorteile: Hohe Reinheit, Beschichtung mit hohen Teilchenenergien möglich, Niedrige Beschichtungstemperaturen möglich
 - Probleme: Aufwand zur Erzeugung des Hochvakuums, Ausgasung des Beschichtungsmaterials (feuchtigkeitshaltige Polymere, Textilien), Integration in Fertigungslinien (Druckschleusen)

Frage: Unterschiede verschiedener PVD – Verfahren hinsichtlich Ionisation / Aktivierung

- Aufdampfen (großflächiges Aufdampfen)
 - Verdampfung des Beschichtungsmaterials im Vakuum, Dampf schlägt sich auf dem Substrat, nieder, Verdampfung z. B. durch Widerstandsheizung, Elektronenstrahl, Induktion
 - Vorteile: Hohe Raten erreichbar, für Großflächenbeschichtung geeignet
 - Nachteile: Schichten nicht sehr dicht aufgrund fehlender Plasmaeinwirkung
- Molekularstrahl-Epitaxie (MBE)
 - Verfahren zur Herstellung epitaktischer (einkristalliner) Schichten, Hauptsächlich zur Herstellung von Halbleiterstrukturen (GaAs), Verdampfung der einzelnen Komponenten mit Elektronenstrahl
 - Vorteile: atomar glatte Oberflächen und Grenzflächen bei niedrigen Substrattemperaturen
 - Nachteile: Ultrahochvakuum erforderlich (besser 10-10 mbar), sehr niedrige Beschichtungsrate
- Sputtern (Stoß einzelner Atome)
 - Elektronen ionisieren einen Teil der Ar-Atome, Pos. Ar-Ionen werden auf das Target beschleunigt und schlagen aus dem Target Teilchen heraus. diese scheiden sich auf dem Substrat ab (Ionenstrahlsputtern (Ionenstrahl schießt auf Target, Magnetronspütern: Ionisierungswahrscheinl. ↑)
- Laser-Beschichtung (Puls-Laser: kurzzeitiges Aufheizen: PLD oder LaserArc)
 - Laser-Target-Wechselwirkung erzeugt eine Plasma-Fackel, Kondensation des Targetmaterials auf der Substratoberfläche führt zur Dünnschichtbildung
 - Spezielle Target-Substratanordnung und –bewegung => große Substrate (6“) lassen sich sehr homogen beschichten

	Elektronenstrahlverdampfen	Magnetronspütern	Vakuumbogenbeschichtung
<u>Ionisation (%)</u>	≈ 0	≈ 5	≈ 100
<u>Aktivierung</u>	keine	partielle Aktivierung	hohe - vollst. Aktivierung (für Laser und Arc)

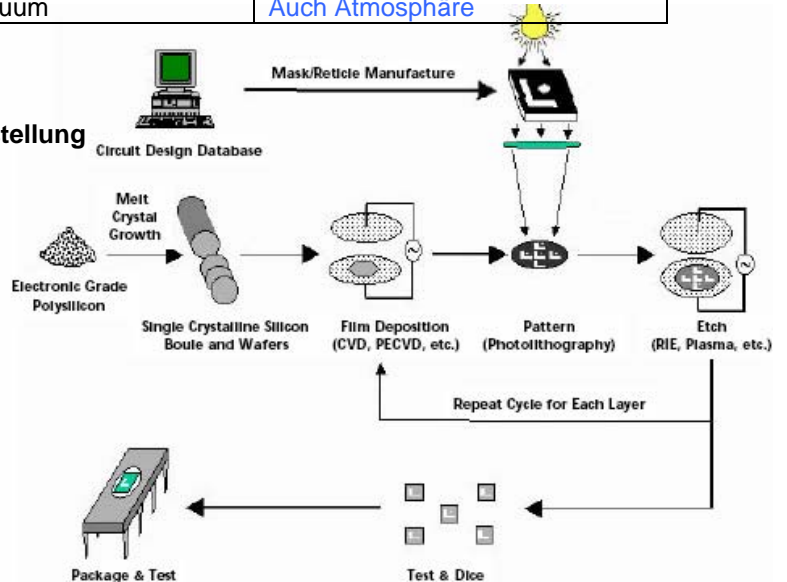
(Aktivierung = Ionisation oder Dissoziation (Zerfall eines Moleküls in seine Bestandteile))

Frage: Unterschiede zwischen CVD- und PVD-Verfahren

	PVD	CVD
Schichtsysteme	(fast) beliebige Zusammensetzung, auch: metastabile Nichtgleichgewichtsstrukturen, hohe Reinheit	Bildung aus Precursor und Prozessgas: nicht beliebige Zusammensetzung
Prozess-Temperatur	i. a. niedrig aber: für perfekte, einkristalline Schichten sind erhöhte Oberflächentemperaturen erforderlich	Temp?
Prozess-Genauigkeit	sehr gute Steuerbarkeit des Beschichtungsprozesses präzise Abscheidung definierter Schicht(dicken) möglich insbesondere auch von sehr dünnen Schichten (bis nm)	
Ökologie	keine problematischen Abprodukte	Giftige Abprodukte,
Vakuum	i.a. Hochvakuum	Auch Atmosphäre

Laterale Nanostrukturen

Frage: Grundlegende Schritte bei der IC-Herstellung



Frage: Einfluss der Wellenlänge (Belichtung) auf die minimalen Strukturgrößen

Begrenzt die minimale Strukturmöglichkeiten: i.a. etwa Strukturen gleich groß, wie Wellenlänge herstellbar, mit Tricks auch auf 2/3 der Wellenlänge möglich

Frage: Welche Wellenlängen werden verwendet in der Halbleiterindustrie?

I-line HgXe Lamp (365nm), KrF Laser (248nm), ArF Laser (193nm), F2 Laser (157nm), EUV (50nm)
 min. Struktur: 250nm 180nm 130nm 100nm 70nm

Frage: Einsatzbereiche der Elektronenstrahlolithographie

- Herstellung von Masken für die Photolithographie (Chrommasken)
- Herstellung von Masken für die X-Ray-Lithographie
- Direktes Schreiben von Strukturen für Prototypen und Kleinserien
- Erzeugung von extrem kleinen Strukturen für Untersuchungen zur Skalierbarkeit von Bauelementen und zu Quanteneffekten
- Vorteile: Erzeugung sehr kleiner Strukturen bis zu wenigen nm möglich
 Direktes Schreiben der Strukturen (keine Masken erforderlich)
 Flexible Technik, die mit vielen Materialien funktioniert und keine Einschränkungen hinsichtlich der mögl. Strukturen hat
- Nachteile: Serielles Verfahren, d. h. Durchsatz um Größenordnungen niedriger als bei Photolithogra.
 Hoher Anlagenpreis (typ. mehrere Mio. DM)

Frage: Was sind zukünftige Lithographieverfahren?

- Extreme UV Lithography (EUVL):
„optisches“ Verfahren, 13,4 nm Wellenlänge, Erzeugung der Strahlung durch Laserstrahlung oder Plasmaquellen, Einsatz von Multilayer-Spiegeln da keine üblichen Linsen verfügbar
Vorteile: Ähnlichkeit zur Photolithographie (Know-how-Nutzung), Verkleinerte Abbildung der Maskenstrukturen, Vergleichsweise hoher Durchsatz möglich
Nachteile: Extreme Genauigkeit der Spiegeloberflächen erforderlich, Masken können nicht repariert werden (Defektfreiheit), EUV-Quellen mit erforderlicher Intensität n. verfügbar
- Electron Beam Lithography (SCALPEL)
Belichtung erfolgt mit Parallelstrahl hochenergetischer Elektronen, Maskenstrukturen bestehen aus Material mit hoher Ordnungszahl, Elektronen werden hieran gestreut, Gestreute Elektronen werden durch eine Blende herausgefiltert
Vorteile: Paralleler Prozess, d. h. prinzipiell hoher Durchsatz möglich, Maskenstrukturen werden verkleinert abgebildet (typ. 1 : 4)
Nachteile: Wechselwirkung der Elektronen im Strahl begrenzt derzeit die Stromdichte und damit den Durchsatz, Dünne Maske erfordert Trägerstrukturen und begrenzt die gleichzeitig belichtbare Fläche
- X-Ray Lithography (XRL)
Typische Wellenlänge 1 nm, 1 : 1 Abbildung der Maske auf den Wafer, X-Ray-Quelle ist ein Synchrotron oder eine Laser-Plasma-Quelle, Maske besteht aus Material mit hoher Atomnummer (einige 100 nm) auf einer 1 µm dicken SiC-Membran
Vorteile: Vergleichsweise weit entwickelt (seit fast 20 Jahren), Synchrotron-Quelle bereits kommerziell verfügbar, Maskentechnik beherrscht
Nachteile: Extrem hohe Kosten, Keine effizienten E-Beam-Schreiber für die Masken verfügbar, Geringe Stabilität der Maske (Strahlenbelastung),
- Ion Beam Projection Lithography (IBPL)
Vorteile: im Vergleich zu anderen NGL-Verfahren hoher Durchsatz, Hohe Schärfentiefe (DOF) von etwa 1 mm, Maskenstrukturen werden verkleinert abgebildet (typ. 1 : 4)
Nachteile: Wechselwirkung der Ionen im Strahl begrenzt derzeit die Stromdichte und damit den Durchsatz, Komplizierte Maskentechnik bei komplexen Strukturen

Herstellung von Nanomaterialien

Frage: Was sind wesentliche Besonderheiten von Nanomaterialien?

neue Eigenschaften durch enorm große Oberflächen, da das Verhältnis Oberfläche/Volumen größer wird, steigt somit auch der Einfluß der Oberfläche

Eigenschaften, welche sich hin zum Nanomaßstab

vergrößern: Festigkeit, Duktilität, Härte, Reaktivität, spez. Oberfläche, therm. Ausdehnungskoeff.

verkleinern: Schmelzpunkt, thermische Leitfähigkeit, E-Modul, Dichte

weitere: Wärmeisolierend, Katalytische Aktivität, Fluoreszenz,

Frage: Herstellung von Nanomaterialien?

Mahlen: mech. Zerkleinerung mit Keramik oder Hartmetallkugeln,

Mechanochemische Herstellung: mechan. Aktivierung chem. Prozesse auf der Nanometerskala

Sol-Gel-Verfahren: homogene Überführung der Sole durch Teilchenvergrößerung von molekulardispers gelösten Stoffen in feste Gele

Gasphasensynthese: Fester/Flüssiger Stoff wird stark erhitzt, dadurch Dampfentstehung, welcher abgeschreckt wird, z.B. Carbon Black: durch Verbrennung von Schweröl

Frage: Was versteht man unter Carbon Nanotubes?

Freie Bindungen an den Enden von kleinen Graphitkristallen haben eine hohe Energie. Geschlossene Formen minimieren diese Energie und sind deswegen stabiler

Frage: Welche besonderen Eigenschaften weisen Carbon Nanotubes auf?

Single-Wall-Nanotubes: \varnothing ca. 0.4 – 3nm, elektrische Zustandsdichte ist von der geom. Strkt. abhängig

Multi-Wall-Nanotubes: gefüllt, \varnothing ca. 1.4 – 100nm, elektr. Eigenschaften durch äußerste Schicht bestimmt
wirken als Metall oder Halbleiter, je nach Verknüpfung der Graphitebenen, hohe elektrische Leitfähigkeit, 2000x steifer als Diamant, 2x Druckfester als Kevlar, 10x höhere Festigkeit als Stahl

Frage: Worin liegt das Gefahrenpotential von Nanomaterialien?

- Herstellung von Nanopartikeln ist potentielle Gefährdung gegeben (bes. bei ungewollter Freisetzung)
- im verarbeiteten Zustand ist im Normalfall keine Gesundheitsgefahr gegeben
- eine Gesundheitsgefährdung ergibt sich z. B. aus der Lungengängigkeit (vgl. Asbestproblematik)
- größte Quelle für Nanopartikel, denen Menschen ausgesetzt sind, ist der Straßenverkehr

Anwendungen von Nanoschutzschichten

Warum sind ultradünne Schichten in der magn. Datenspeicherung von Bedeutung?

Mit ihnen ist eine Erhöhung der Speicherdichte durch die Reduktion des magnetischen Abstandes möglich. Die magnetische Speicherschicht wird von einer 20 nm dicken Schutzschicht und einer 1 nm starken Gleitschicht überzogen.

Speicherdichten von 100 GBit/ in² erfordern Schutzschichten unter 5 nm.

Wie lassen sich ultradünne Schichten vermessen?

Rastersondenverfahren (Scanning Tunneling Microscope, Atomic Force Microscope)

STM: ermöglicht die Abbildung atomarer Strukturen, Metallnadel (tip) ist so präpariert, dass Sie möglichst in einem Atom endet, Abstand zwischen Sondenspitze und Probe etwa 1 nm
Anlegen einer Spannung bewirkt quantenmechanischen Tunnelstrom

Vorteile: extrem hohe laterale Auflösung von etwa 0,1 nm (vertikal: 0,01 nm), Messungen in Luft, Flüssigkeiten und Vakuum möglich, kompakt und vergleichsweise preiswert

Nachteile: serielles Rasterverfahren und daher langsam, leitende Proben erforderlich, keine elementspezifische Abbildung

AFM: Cantilever mit Spitze (ca. 10nm) fährt Oberfläche ab, Kontakt- oder Nichtkontaktmode (Tastspitze schwingt auf ihrer Resonanzfrequenz wenige nm oberhalb der Oberfläche

Van-der-Waals-Kräfte verändern die Federkonstante und damit die Resonanzfrequenz), Cantileverauslenkung durch Laserstrahl erfasst

Mikroskopische Analyseverfahren (Scanning Near field Optical Microscopy)

Detektion des optischen Nahfeldes, Anregung der Sonde bei der Resonanzfrequenz, Detektion der Oszillation mittels Laserstrahl und Photodetektor, Dämpfung der Resonanzfrequenz in unmittelbarer Nähe der Oberfläche dient als Regelsignal; Abfahren der Oberfläche mit einem Cantilever mit Polymerspitze
Auflösevermögen kann gesteigert werden indem der Abstand von Probe und Cantilever verringert werden

Vorteile: Hohe laterale Auflösung (10nm); Messungen in Luft Flüssigkeiten und Vakuum möglich; Einsatz spektroskopischer Techniken möglich

Nachteile: langsam, da serielles Rasterverfahren; meist kein rein optischer sondern auch topografischer Kontrast

Massenspektroskopische Verfahren (Sekundärionen-Massenspektrometrie: Auslösung von Oberflächenpartikeln durch Ionenbeschuss und Detektion im Massenspektrometer)

CuK α Reflektometrie (Doppel-Göbelspiegelanordnung, Messung der Intensität des Reflektierten Röntgenstrahls)

Verfahren zur Abscheidung von ultradünnen Kohlenstoffschichten?

LaserArc (lasergesteuerter gepulster Vakuumbogen, rotierendes Substrat)

Laserstrahl trifft negativ geladenes Target, Anode beschleunigt herausgelöste Teilchen, senkrecht zur Targetoberfläche Richtung Substrat → Entstehung eines gepulsten Bogenplasmas)

Wie lassen sich Multischichten herstellen?

z.B. PLD (LaserArc): durch aufeinanderfolgenden Laserbeschuss von anderem Targetmaterial

Magnetronspütern: durch Rotation des Substrates über, mit verschiedenen Targets bestückten, Magnetrons

Ionenstrahlspütern: durch Rotation des Targethalters

Optische Funktionsschichten:

Anwendungen: Architekturglas: Wärmeschutzglas, Sonnenschutzglas: Erhöhte Reflex. Infrarotstrahlung Reflektorband (Erhöhung des Reflexionsvermögens z.B. von Lampenreflektoren)

Display-Deckplatten und Brillen: Entspiegelung (Schicht senkt Anteil reflekt. Lichtes durch allmählichen Übergang Brechungsindex von Glas-Luft)

Anwendung von Nanomaterialien:

Was sind bereits etablierte Anwendungsgebiete von Nanopartikeln?

Autoreifen (bis zu 40% aus Carbon Black),

Nanoskalige Pulver in Katalysatoren,

TiO₂ in Sonnenschutzcreme,

Floureszenz in Abhängigkeit von Partikelgröße,

Pigmentruße in hochwertigen Lacken

Wie wird Ruß (Carbon Black) großtechnisch hergestellt?

Verdampfung von Schweröl→Pyrolyse des verdampften Öls ergibt H2 und Carbon Black,
Einstellung der Porosität durch Abschrecken, Einstellung der Teilchengröße durch Temp., Einstellung der Teilchenagglomeration durch Zugabe von Salzen

Welche Vorteile bieten Nanokomposite? (Verbundmaterial aus Matrix und Nanopartikeln)

Nach außen: Verbesserte Festigkeit und thermische Stabilität,
nach Innen: bessere Uniformität, weniger Degradation bei hohen Temps, schnelleres Aushärten

Welche Parameter beeinflussen den Easy-to-clean Effekt?

z.B. Kontaktwinkel von Wassertropfen auf der Oberfläche (Gut: hydrophobe Oberfl., Kontaktwink.>90°)
Periodenstruktur der Oberfläche,
= Minimierung der freien Oberflächenenergie und selbstorganisierende Antihaftstrukturen

Worauf beruht der Einsatz von Nanopartikeln in Sonnenschutzcremen?

TiO2 Partikel mit minimalen Allergiepotehtial
Reflektieren die UV Strahlung

Analyse von Nanostrukturen:

Welche andere Sondenverfahren gibt es noch?

Thermische Rastermikroskopie (Tunnelspitze wirkt in Kontakt mit der Oberfläche als Thermoelement)
Rasterkapazitätsmikroskopie (Bestimmung von Ladungsverteilung in Halbleitern)
Elektrochemische Rastermikroskopie (Bestimmung des Elektrochemischen Potential)
Akustische Nahfeldrastermikroskopie
Reibungskraftmikroskopie

Nanobiotechnologie

Worin unterscheiden sich technische und biologische Systeme?

Verfahren oder Eigenschaft	Typische Realisierung in technischer Systemumgebung	Typische Realisierung in biologischen Systemen
Herstellungsprozess	- top down - großtechnische Fertigung mit makroskopischen Geräten - technische Verfahren für große Mengen	- bottom up - Selbstorganisationsprozesse, langsames Wachsen funktioneller Einheiten auf molekularer Ebene, Verbindung zu größeren Systemen
Kontrollierbarkeit	- nur in kleinen Ausschnitten auf molekularer bzw. atomarer Ebene möglich oder als statistisches Ensemble	- durch Vielzahl spezialisierter und in einem Netzwerk zusammenarbeitender Nanomaschinen auf molekularer Ebene
Materialien	- generalisierter Bausatz (breite Palette an Elementen und Verbindungen mit unterschiedlichen Eigenschaften)	- flexibler Grundbausatz (wenige Klassen von Biomaterialien, für unterschiedliche Funktionen optimierbar) - Biokomposite auf der Nano- bzw. Mikroskala
Energieaufwand	- hoch (oft Hochtemperaturbereich), vergleichsweise geringe Wirkungsgrade, Verlust durch Abwärme	- gering (höchst effiziente Umwandlungskette mit chemischen Trägerstoffen, dadurch aber auch molekulare Abfallprodukte)
Umweltverträglichkeit	- häufig problematisch	- biologisch abbaubare Produkte, unter natürlichen Bedingungen i.d.R. kein Problem
Haltbarkeit, Stabilität, Veränderbarkeit	- über sehr breiten Bereich von (extremen) Umgebungsbedingungen (Temp., Druck, pH, etc.) existieren technische Lösungen - i.d.R. langzeitstabil, aber keine Selbstreparatur und eher unflexibel	- vergleichsweise empfindlich - aber: nachwachsend, flexibel, regenerationsfähig, natürliche Abbauprozesse, selbstkorrigierend

Grundlegendes Prinzip in der Biologie?

Bottom up-Prinzip unter Verwendung von Biomolekülen und biologischen Bauprinzipien

- Fabrikation nanoskaliger Systeme
- kontrollierte Materialsynthese auf der Nanoskala (Biomineralisation)

Zugrundeliegendes Prinzip der Selbstorganisation (Aufbau komplexer Strukturen aus einzelnen Molekülen unter definierten Randbedingungen)

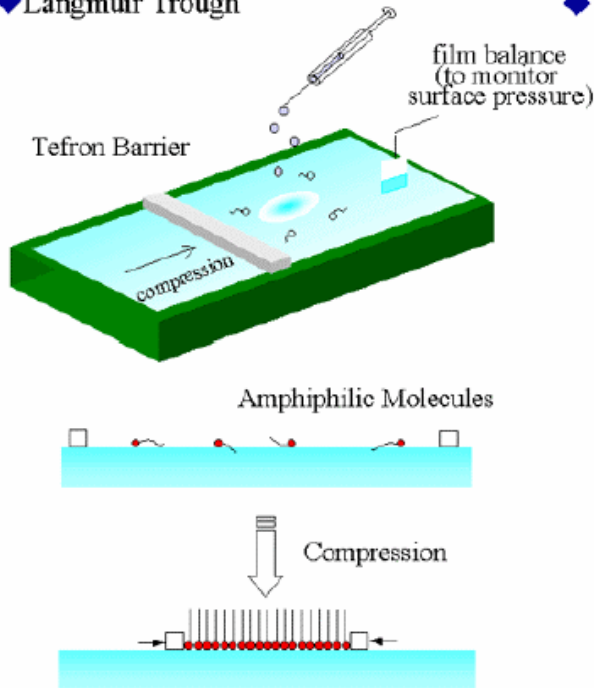
Grundprinzip der Anbindung: Substrat – primäre Kopplungsgruppe – linker – spacer – Funktionselement

Beispiele: Wachstum, Kristallisation

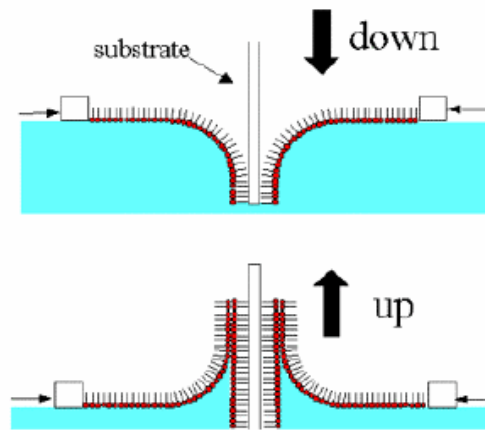
Mit welchen Verfahren lassen sich Vergleichsweise einfach Monoschicht lagen herstellen?

Langmuir-Blodgett-Technik

◆ Langmuir Trough



◆ Transfer of Monolayers onto Solid Supports



MCSAIC Project

Was sind S-Layer?

S-Layer sind zweidimensionale, kristalline Oberflächenstrukturen in der Zelloberfläche von vielen Bakterien. Bestandteile sind regelmäßig angeordnete Membranproteine. Schichtdicke liegt bei 5 – 10 nm. Proteine ordnen sich regelmäßig an und bilden periodische Strukturen (Periodengröße typ. 3 – 30 nm). Strukturen lassen sich durch äußere Parameter (Druck, Temperatur, pH-Wert) variieren. Einsatzbereiche: Ultrafiltrationsmembranen; Katalyse; Anbindung spezifischer Biomoleküle mit spezifischen Abstand.

Was sind typische Verfahren zum Aufbringen der Spots auf einem DNA Array?

Ein DNA-Chip oder DNA-Array besteht aus einer sehr großen Anzahl von DNAMolekülen, die systematisch auf einem Substrat (Nylon-Membran, Glass, Silizium) angeordnet sind.

Je nach Größe der Spots unterscheidet man:

Makroarrays:	Spotdurchmesser > 300 µm
Mikroarrays:	Spotdurchmesser < 250 µm
DNA-Chip:	Spotdurchmesser < 10 – 20 µm

mechanical microspotting

- Auftrag durch mechanischen Kontakt
- Definierte Probenmenge aufgrund der Kapillarwirkung (geometrische Abmessungen)
- Einfaches, preisgünstiges und flexibles Verfahren (vor allem für die Grundlagenforschung)

Ink-Jetting

- Prinzip des Tintenstrahldruckers genutzt, um eine definierte Menge aufzubringen
- Düse wird nach jedem Schritt gewaschen und mit neuer Probe beladen
- Parallele Nutzung vieler Düsen zur Geschwindigkeitserhöhung
- Typ. 10.000 Spots/10 mm²

Photolithographisch

- Einsatz der aus der Mikroelektronik bekannten photolithographischen Maskentechnik
- Gezielter Aufbau aus den Grundbausteinen („On-Chip-Synthese“), hohe Präzision
- Einsatz von Photomasken ist teuer und zeitaufwendig, d. h. vor allem für Reihenversuche
- Wesentlich mehr Belichtungsschritte als in der Mikroelektronik erforderlich
- Bis zu 400.000 Zellen mit Oligonukleotiden auf einem Chip