

1. Beschreiben Sie bitte die Durchführung einer Sondenmessung im Plasma. Was wird gemessen?	1. Sondenmessung Negative Spannung an Sonde im Plasma angelegt -> Ionen aus Plasma legen sich an die Sonde an -> Messen der Ionensättigung (Ladungsdichte bestimmbar), im Übergangsregime -> Elektrodentemperatur bestimmbar. Elektrodensättigung --> Plasmapotenzial bestimmbar.
2. Beschreiben Sie den Unterschied zwischen den Konzepten der mittleren freien Weglänge und des Stoßquerschnittes.	Stoßquerschnitt: Elektronen haben eine viel höhere Energie als die Ionen. Diese können zwar die Wärme nicht abgeben, aber durch inelastische Stöße Elektronen aus Ionen rausschlagen (oder sie anregen). Stoßquerschnitt gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der ein Elektron ein Atom/Molekül trifft. Proportional zur Teilchenzahl, Dicke des Volumens, (Stoß-)Querschnitt der Atome/effektive Stoßfläche. Gibt an, wie schnell ein Teilchen im Mittel auf die Hälfte seiner Geschwindigkeit abgebremst wird oder wie groß der mittlere Impuls- oder Energieübertrag zwischen zwei bekannten Verteilungsfunktionen ist. Über die Relaxationszeit ist die mittlere freie Weglänge definiert. Sie entspricht dem Weg, den ein Teilchen zurücklegen kann, bevor sein Impuls auf das 1/e-Fache abgefallen ist, $\lambda = vT$.
3. Ein Niederdruckplasma enthält eine Vielzahl von Spezies. Welche Typen kennen Sie? Geben Sie auch ungefähre Dichten oder Konzentrationen an.	Dichte je bei 0,2mbar pro cm^3 Ionen $10^{10} - 10^{11}$ Metastabile Teilchen $10^{11} - 10^{13}$ Partikel $5 \cdot 10^{15}$ Strahlung Elektronen (wie Ionen) Radikale überwiegend Neutralteilchen
4. Erklären Sie den Vorgang des anisotropen Ätzens.	...
5. Häufig werden sogenannte Trägergase in Entladungen verwendet, welche sind das und was ist ihre Funktion?	i.d.R. Edelgase (Argon (am häufigsten), Helium Neon, Krypton, Xenon) --> sind inert und wirken chemisch nicht mit. Die Teilchen im Gas lassen sich durch ein elektrisches Feld anregen bzw. ionisieren, welche dann eine Wirkung auf eine Oberfläche haben.

6. **Nennen Sie bitte fünf Methoden zur Charakterisierung dünner Schichten. Erläutern Sie bitte auch was jeweils gemessen wird und wo die Grenzen der Methoden liegen.**

Kontaktwinkelmessung zur Messung der Oberflächenspannung (Grenzflächenenergie). Messen des Randwinkels eines liegenden Tropfens auf der Oberfläche. Je nach Annahmen und verwendetem Modell z.T. unterschiedliche Oberflächenspannung für den gleichen Kontaktwinkel.

Photonenbeschuss der Schicht, Messen der reflektierten Photonen/Elektronen mit XPS (ESCA)(Röntgenstrahlung), Übersichtsspektrum mit Bindungsenergie lässt Rückschlüsse auf Zusammensetzung zu. Nur bis einer Tiefe von 10 nm. Nur begrenzte laterale Auflösung (~10 µm)

Auger-Elektronen-Spektroskopie (Analytik durch Elektronenbeschuss). Teilelektroneneffekt. Messen des 3-Elektronen Prozess und der entstehenden Energie (Energiedifferenz zwischen zwei Schalen). Erfasst nur die obersten 10 Atomlagen - ggf. Reinigung (Sputtern) zur Analyse notwendig.

Sekundärionenmassenspektroskopie (SIMS) Probe mit Primärionen beschossen, dann Messung der Sekundärionen über elektrische Felder nach Masse sortiert. Werkstoffzerstörende Methode, da durch einbringen der Primärionen in die Probe Zusammensetzung und Morphologie verändert.

Elektronenmikroskopie. Messen/Auswerten des reflektierten Elektronenstrahls. Vakuum benötigt. Höhere Auflösung = Höheres Vakuum.

Raster-Kraft-Mikroskopie (AFM): Cantilever/Spitze über der Probe. Messen der Wechselwirkungskraft und der Dämpfung, erfassbar über Laser und Spiegel auf Spitze mit Quadrantelektrode.

IR-Spektroskopie, Absorption

Raman-Spektroskopie, Streuung

Fluoreszenzspektroskopie

ESR Elektronen-Spin-Resonanz:

Bestimmung von Radikaldichten mit Spinlabel, zählen ungepaarter Elektronen (Differenzspektren notwendig, abzgl. Radikale der Plasmaschicht)

7. **Um Pumpen einzusparen versucht man das Potential von Plasmen bei Atmosphärendruck zu nutzen. Wo finden diese Plasmen bereits Anwendung?**

- Wundbehandlung "Cold Atmospheric Plasma" (auch allgemein Plasma im medizinischen Kontext)
- DBD-Plasmen
- Plasma-Jets
- Argon-Plasma-Koagulation --> Nutzen des thermischen Effektes zur Blutstillung (arcing)
- Plasma Jets und DBD Plasmen zur (Vor-)Behandlung von Oberflächen für z.B. Klebungen, Bedrucken (Coronaentladung)
- Behandlung von Oberflächen zur Hydrophilierung oder Hydrophobierung

8. **Von welchen Parametern hängt der Stoffstrom bei der Mikrofiltration ab? Erklären Sie die Begriffe Permeanz, Permeabilität und Selektivität.**

Fluss

Diffusionskonstante (Porenweite)

Konzentration

Löslichkeitskoeffizient

Druckdifferenz über die Membran

Membrandicke

Permeabilität --> Produkt aus Diffusionskoeffizienten und der Löslichkeit

Selektivität --> Verhältnis der Permeabilität von Stoff a zu Stoff b (entscheidend beim Abtrennen mit Membranen)

Permeanz: Grad, zu dem ein Material den Fluss von Materie oder Energie zulässt

9. Warum steigt die Ionisierungsenergie mit zunehmender Elektronenenergie (eV) nicht unbegrenzt an?	Energie/Geschwindigkeit der Elektronen geht in den Stoßquerschnitt mit ein. Bei zu hoher Geschwindigkeit/Energie fliegt das Elektron durch das Argonteilchen durch, ohne Wechselwirkung.
10. Warum werden bei der Ringöffnung für zyklische Monomere vor allem fünfgliedrige Ringe verwendet?	Sind am Markt erhältlich und sind preiswert Bezüglich Sicherheitsaspekten gut zu handhaben Haben einen hinreichenden Dampfdruck • Im Vergleich zu sechsgliedrigen Ringen: Größerer Anteil im Verhältnis Funktion/Molekül - Hoher Dampfdruck - Die Ringspannung unterstützt die Tendenz zur Ringöffnung • Im Vergleich zu drei- und viergliedrigen Ringen: preiswerter - Höhere Stabilität, besser handhabbar
11. Was besagt das Bohm'sche Kriterium?	Das Bohm-Kriterium besagt, dass die Ionen schneller als mit der Ionenschallgeschwindigkeit (Mach-Zahl $M=1$) in die Debye-Schicht vor einer Wand einströmen müssen. Wenn sie zu langsam eindringen, steigt das Sheathpotenzial, um sie zu beschleunigen (pre-sheath).
12. Was sind homogene Reaktionen und was heterogene und wann spielen sie jeweils eine Rolle?	Homogene Reaktionen: Finden im Volumen statt und nicht an der Oberfläche (z.B. an den Elektroden) --> Reaktionen in der Gasphase, kann Stäube erzeugen Heterogene Reaktionen: Finden an der Phasengrenze Plasma/Festkörper statt --> relevant für z.B. behandeln von Materialien/Werkstücken.
13. Was verstehen Sie unter Aktinometrie? Beschreiben Sie bitte die Vorgehensweise. (4P)	Bezeichnet die Bestimmung der Quantenausbeute (Anzahl der Photonen die während eines Zeitintervalls auf ein bestimmtes Volumen fallen) bei photochemischen Reaktionen (z.B. Lumineszenzquantenausbeuten). Aktinometer = Substanz mit bekannter Quantenausbeute dient als Referenz. Bei gleichen Bedingungen kann in einem System mit unbekannter Quantenausbeute anhand dieser Referenz die Quantenausbeute der photochemischen Reaktion bestimmt werden.
14. Was versteht man unter ambipolarer Diffusion?	Elektronen diffundieren wesentlich schneller als Ionen. Durch die unterschiedlich schnelle Diffusion wird sich das Plasma elektrisch aufladen. Es entsteht ein elektrisches Feld, welches die Bewegung der Elektronen hemmt und die der Ionen beschleunigt, bis im Gleichgewicht sich gleiche Flüsse von Elektronen und Ionen einstellen werden. Diesen Fluss, der netto keine elektrische Ladung transportiert, nennt man den ambipolaren Teilchenfluss.
15. Was versteht man unter dem Begriff Plasmaoszillation?	Prinzip: Freie Elektronen schwingen um die wesentlich schwereren Ionen. Das Elektron wird durch die Coulombkraft an das Ion angezogen, schießt jedoch aufgrund der Trägheit an der neutralen Lage vorbei, sodass die kinetische Energie zum Tragen kommt. Diese sorgt dafür, dass das Elektron "zurückfällt". Dieses Wechselspiel bezeichnet man als Plasmaoszillation.
16. Was versteht man unter Sputtern und was unter Ätzen (Etching)? Worin liegt der Unterschied? Welche Anwendung kennen Sie?	Bei beiden: Material von als Elektrode geschaltete Oberfläche abgetragen. - Sputtern, auch "Kathodenzerstäubung". Materialien umverteilen, um zu beschichten. Wenn ein Potenzial angelegt wird, dann zerstäuben Teile der Kupferelektrode und gehen auf das Werkstück --> Verwendet z.B. zum Verkupfern von Teilen - Ätzen (z.B. in der Mikroelektronik für Leiterbahnen Siliziumwafer). Teilchen Abtragen zur Strukturierung "Gräben"
17. Welche Arten von Vakuumpumpen gibt es? Was bezeichnet ein Gasballast	- Drehschieberpumpe (ab Atmosphärendruck) --> Gasballast (Ventil) bringt Luft in Vakuumpumpe ein und verhindert, dass Dämpfe kondensieren --> erreichbarer Basisdruck steigt geringfügig an - Wälzkolbenpumpe (Vorvakuum) - Öldiffusionspumpe (Vorvakuum nötig, da sonst Öl anbrennen kann) - Turbomolekularpumpe (Propeller)

18. Welche Beschichtungsverfahren für Membranen kennen Sie? Welche Membraneigenschaften kann an dadurch einstellen und für welche Anwendungen werden beschichtete Membranen eingesetzt?	...
19. Welche Methoden zur Plasmadiagnostik kennen Sie? Was wird gemessen? Welche Methoden sind zerstörungsfrei und warum?	I. Sondenmessung Negative Spannung an Sonde angelegt -> Ionen aus Plasma legen sich an -> Messen der Ionensättigung (Ladungsdichte bestimmbar), im Übergangsregime -> Elektrodentemperatur bestimmbar. Nicht zerstörungsfrei. Massenspektroskopie (eingeführt durch Bohrung in Reaktor, nicht zerstörungsfrei) Bestimmung von Teilchen oder Bruchteilen mittels Spektrometer, misst Ionenmasse (Ladung/Masse) Optische Emissionsspektroskopie Messen der emittierten Wellenlängen/Spektren im Plasma --> anhand charakteristischer Spikes Teilchen bestimmbar. Zerstörungsfrei, da kein direkter Kontakt zum Plasma notwendig für Wellenmessung, Gerätschaften also außerhalb des Reaktors. Laserinduzierte Fluoreszenz UV-Vis Laser 210-900 nm mit Spiegel durch Reaktor --> Lichtleiter misst auf der anderen Reaktorseite Fluoreszenz. Messen der Temperatur und Geschwindigkeit der angeregten Teilchen. (sehr empfindliche Messmethode (bis 10^8 Teilchen/cm³), orts aufgelöste Messung möglich. Zerstörungsfrei. Ellipsometrie (Schichtdiagnostik). Polarisiertes Laserlicht wird auf Schicht reflektiert, Polarisationssebene ändert sich, Schichtdicke messbar. Zerstörungsfrei, da durch Fenster im Reaktor.
20. Welchen Nutzen verfolgen Schichten im Mikrometerbereich?	Schutzschicht - gegen mechanischen Stress (Kratz, Abrieb, Härte) - gegen chemischen Angriff (Korrosion, Lösemittel) Spezielle Transporteigenschaften - optischer Transport (Spiegel, Wellenleiter) - elektrischer Transport (leitfähig, dielektrisch) - Materialtransport (materialspezifische Trennmembran) - Permeation (Barrierschichten) Materialtransport aus Schichtsystemen - kontrollierte Freisetzung (Medikamenten Dosiersysteme)

21. **Welche operativen Parameter sind bei Plasmen zu beachten? Wie wird durch diese die Abscheidung dünner Schichten oder das Ätzen beeinflusst? Wie wirkt sich insbesondere der Gasdruck auf die Schichteigenschaften aus?**

Plasma:

- Art des Plasmas und Grad der Dissoziation
 - Lebensdauer der Teilchen/aktiven Spezies
 - Homogene- oder Heterogene Reaktionen
 - Ionen Bombardement und Strahlung
- => Beeinflusst Eigenschaften der Schichten und Haltbarkeit

Substrat:

- Material
 - Dimension, Morphologie
 - Quantität
 - Temperatur
 - Potenzial
- => Je nach Substrat, halten Schichten besser darauf.

Reaktor:

- Gasleitsystem
 - Innere Wände
 - Elektrode (Material, Konfiguration, Temperatur)
- => Gibt Dimensionen vor, Vakuum, Elektrode beim Sputtern, welches Material abgeschieden wird.

Materialfluss:

- Welche Monomere, Trägergase
- Druck -- > Je nach Druck sind die Strukturzonen anders aufgeteilt. Bei geringem Druck bringen die Ionen mehr Energie mit, Teilchen diffundieren schneller (Zone T), Schicht ist dichter. Bei höheren Drücken ist die Zone I ausgeprägter.
- Fluss
- > Yasuda Konzept Leistung/Flussmenge als charakteristische Größe --> benötigt, um Ergebnisse/Schichteigenschaften reproduzierbar zu machen
- Hintergrundgase

Energieeintrag:

- Frequenz
- Leistungsdichte
- Dauer der Behandlung
- CW oder pulsed (<-- Temperaturschonender), duty cycle (On-Off Zeit) verändert ebenfalls Art der Schicht, chemische Zusammensetzung, sowie besser kontrollierbare Polymerisation.

22. **Welche Transportmechanismen kennen Sie bei Gastrennmembranen und welche Vorgänge spielen eine Rolle beim Transport in dichten Membranen? Erläutern Sie was ein Robeson-Plot ist.**

Robeson-Plot: Stellt die Selektivität gegenüber der CO₂-Permeanz dar.

23. **Wie ist eine Gleichspannungsentladung strukturiert, welche Zonen unterscheidet man?**

Röhren, negatives Glimmlicht, positive Säule, Dunkelsäule (skizzieren, beschreiben), Anode, Kathode. Unterschieden in

- Kathodenregion Ionisation in der sheath (Pre-Sheath --> Ionen beschleunigt; Debye-Region --> Elektronendichte vernachlässigbar; zero Elektronendichte --> begrenzter Stromfluss)
- Anodenregion
- Glimmregion (Gruppen von Elektronen und Ionisation <-- Hauptteil durch thermische Elektronen)

24. **Wie kann man die Porengröße einer Mikrofiltrationsmembran bestimmen?**

...

Erklären Sie den Begriff Bubble-Point.

25. **Zum Erhalte einer Entladung müssen immer neue Ladungsträger erzeugt werden. Durch welche Prozesse geschieht dies? Durch welche Prozesse gehen Ladungsträger verloren?**

Allgemein erzeugen Stöße in der Gasphase neue Ladungsträger.

Primäre Elektronen --> durch hohe eingebrachte Energie;

Sekundäre Elektronen --> Kollision mit Ionisation und primäre Elektronen, die Energie verloren haben

ultimative Elektronen (thermalisiert auf Plasmatemperatur).

Ladungsträger verlieren mit Zeit/Weg Energie und gehen so verloren.