

Modul

RM - Rastermikroskopie

Master Elektrotechnik 2020

Version: 2 | Letzte Änderung: 30.10.2019 16:57 | Entwurf: 0 | Status: vom Modulverantwortlichen freigegeben | Verantwortlich: Altmeyer

^ Allgemeine Informationen

Anerkannte Lehrveranstaltungen	RM Altmeyer
Fachsemester	1
Dauer	1 Semester
ECTS	5
Zeugnistext (de)	Rastermikroskopie
Zeugnistext (en)	Scanning Microscopy
Unterrichtssprache	deutsch oder englisch
abschließende Modulprüfung	Ja

Modulprüfung

Benotet	Ja
Frequenz	Jedes Semester

Prüfungskonzept

Sobald die Prüfungszahl nicht zu groß ist, wird eine mündliche Prüfung gegenüber einer schriftlichen Prüfung bevorzugt.

In der Prüfung werden in geringem Umfang das unterste Kompetenzniveau der Kenntnisse adressiert. Das sind beispielsweise die verschiedenen Kathoden-Formen in der Elektronenmikroskopie, die zu unterschiedlichen Geräteklassen führen oder die unterschiedlichen Bauformen konfokaler Messsysteme.

Auf nächster Kompetenzstufe werden Fertigkeiten geprüft. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass die Skizze eines Aufbaus gezeigt wird und die zu prüfende Person diesen gedanklich in Funktionsgruppen zerlegen kann und die jeweiligen kritischen Punkte identifizieren kann. Eine andere prüfbare Fertigkeit wäre beispielsweise, ausgehend von der Lorenz-Kraft vorzurechnen, warum geladene Teilchen im Magnetfeld keine Energie aufnehmen oder abgeben.

Die höchste prüfbare Kompetenzstufe betrifft die Methodenkompetenz. Deren Ausprägung kann überprüft werden, indem ein Anwendungsfall geschildert wird: Eher wissenschaftlich orientierte Aufgaben können sein, die Frage begründet zu beantworten, ob beim Design eines Elektronenmikroskopes mit einer bestimmten Beschleunigungsspannung relativistisch gerechnet werden muss oder nicht. Eine weitere Frage könnte sein, ob und warum bei gegebenen Kathodensystemen Quanteneffekte auftreten oder aber nicht. Eher praktisch orientierte Fragen könnten eine Anwendungs-Fragestellung zur 3D Messtechnik betreffen und es soll qualifiziert argumentiert werden, welche Messverfahren zum Einsatz kommen können und warum, und welche nicht. In einer geführten Diskussion kann dabei sehr genau festgestellt werden, ob die zugrundeliegenden Prinzipien sicher und proaktiv angewandt werden, ob Querschlüsse gezogen werden können und ob in einer Zusammenschau mit hinreichendem Überblick gedacht und agiert wird.

^ Allgemeine Informationen

Inhaltliche Voraussetzungen

Kompetenzen

Kompetenz	Ausprägung
MINT Fachwissen erweitern und vertiefen	Vermittelte Kompetenzen
Studienrichtungsspezifisches Fachwissen erweitern und vertiefen	Vermittelte Kompetenzen
Komplexe Systeme analysieren	Vermittelte Kompetenzen
Komplexe Systeme abstrahieren	Vermittelte Kompetenzen
Modelle komplexer Systeme bewerten	Vermittelte Kompetenzen
Komplexe wissenschaftliche Aufgaben selbständig bearbeiten	Vermittelte Kompetenzen
Situations- und sachgerecht argumentieren	Vermittelte Kompetenzen
Projekte organisieren	Vermittelte Kompetenzen

^ Vorlesung / Übungen

Exemplarische inhaltliche Operationalisierung

Aufbau eines Elektronenmikroskopes:

Kathode:

Glühemission, Schottky-Emission und Tunnelemission. Physikalische Prinzipien, Erkennungsmerkmale, Bauformen, Austrittsarbeit

Eigenschaften des Elektronenstrahls:

Geschwindigkeit der Elektronen, relativistischer Massenzuwach, Strahlstrom, Spotgröße, Brightness als Erhaltungsgröße, Welle-Teilchen Dualismus, Elektronen als Welle, Auflösungsvermögen

Ablenkung des Elektronenstrahls, Elektronen-Linsen:

Maxwellgleichungen, Energieaufnahme im elektrischen und magnetischen Feld, Lorentzkraft, Lorentzkraft in Zylinderkoordinaten, Bildddrehung, Aufbau von fokussierenden- und Rasterpulen

Elektron-Materie Wechselwirkung

Vorwärts- und Rückwärtsstreuung, Streuwinkel, Primär-, Sekundär- und Rückstreuerelektronen, charakteristische Röntgenstrahlung und Bremsstrahlung, Auger-Elektronen, Kathodolumineszenz

Nachweis von Elektronen

Everhardt-Thornley Detektor

Bildcharakteristika

Ursachen und Erscheinungsformen von Bildkontrasten im REM: Materialkontrast, Kantenkontrast, Abschattung

Anwendungsfälle und Grenzen

Tunnelmikroskop

Theoretischer Hintergrund

Wellenfunktion, deBroglie Wellenlänge, Stetigkeit der Wellenfunktion und ihrer Ableitung, Tunneleffekt, WKB Näherung

Aufbau

Spitzenpräparation, Piezo-Motor, Rückkopplung und PID Regler, Größe der mechanischen Brücke

Bildcharakteristik

Gitterauflösung und atomare Auflösung

Anwendungsfälle und Grenzen

Kraftmikroskop

Aufbau und Typen: contact mode, non contact mode, tapping mode, magnetic mode etc.

Anwendungsfälle und Grenzen

Konfokalmikroskop

Prinzip des optischen Schneidens und der konfokale Blende, Prinzip der 3D Rekonstruktion,

Laser-Scanning Aufbau, Problem der Pinhole-Justage, Systeme mit Nipkov-Scheibe,

Systeme mit rotierenden Mikroskolen, Dispersions-basierende Tiefendiskriminierung.

Anwendungsfälle und Grenzen

Separate Prüfung

keine

^ Praktikum

Exemplarische inhaltliche Operationalisierung

Vermessung eines gebrochenen Pleuels aus dem Rennsport mit dem Elektronenmikroskop. Begründung, ob der Bruch auf Materialfehler, Ermüdung oder Überbelastung zurückzuführen ist.

Vermessung eines Haares aus einer Perücke mit dem Elektronenmikroskop. Begründung ob es sich um Echthaar, künstlich verdünntes Echthaar aus Asien oder um Kunsthaar handelt.

Vermessung einer gebrochenen Glühwendel mit dem Elektronenmikroskop. Begründung, ob diese im Betrieb oder außerhalb des Betriebes ausfiel.

Vermessung einer Mikrostruktur auf einem Wafer. Vergleich der Höhendaten die von einem Kraftmikroskop und einem konfokalen Mikroskop stammen. Begründung der Unterschiede und Diskussion der Messgrenzen

Vermessung einer spiegelnden V-Nut mit einem Konfokalmikroskop. Analyse der Bilde, Identifikation der Artefakte. Auffinden des Konfokalpeaks und des Schein-Konfokalpeaks. Verrechnung der Peaklagen mit der bekannten Probengeometrie.

Bestimmung der erreichbaren Grenzwinkel in einem Konfokalmikroskop in Abhängigkeit von den verwendeten Objektiven.

Vermessung einer Graphitstruktur mit dem Tunnelmikroskop. Erklärung der vorgefundenen Gitterstruktur. Begründung, ob es sich um Gitterauflösung oder atomare Auflösung handelt.

Bestimmung des Traganteils einer gehonten Zylinderwand mit Hilfe eines Konfokalmikroskops.

Analyse eines Bleches, welches in einem Tiefzieprozess zu einem Waschbecken umgeformt werden soll, mit einem Konfokalmikroskop. Begründung, ob das Blech beim Tiefziehen vermutlich reißen wird oder nicht.

Separate Prüfung

Benotet	Nein
Frequenz	undefined
Voraussetzung für Teilnahme an Modulprüfung	Nein

Prüfungskonzept

Begleitung der messtechnischen Fragestellungen bei der Durchführung.

Prüfung des theoretischen Hintergrundes im Hinblick auf das jeweilige Funktionsprinzip der Messgeräte und der Problematik des Anwendungsfalls.

^ Projekt

Exemplarische inhaltliche Operationalisierung

a) Quantitative Bestimmung der Geometriedaten einer dreidimensionalen, leitfähigen Struktur. Bestimmung mit Konfokalmikroskop, mit kalibriertem Tunnelmikroskop, mit Rasterelektronenmikroskop. Vergleich der erreichbaren Auflösung, der direkt und der indirekt zugänglichen Geometrien.

b) best-practice Untersuchung an einer vorgegebenen Klasse von Proben

Separate Prüfung

Benotet	Nein
Frequenz	Einmal im Jahr
Voraussetzung für Teilnahme an Modulprüfung	Ja

Prüfungskonzept

individuelle Lernstandsrückmeldung (Gesamtumfang bis max. 2h)