

Modulhandbuch 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	<u>RM Altmeyer</u>
Gültig ab	Wintersemester 2020/21
Fachsemester	1
Dauer	1 Semester
ECTS	5
Zeugnistext (de)	Rastermikroskopie
Zeugnistext (en)	Scanning Microscopy
Unterrichtssprache	deutsch oder englisch
abschließende Modulprüfung	Ja

Modulprüfung

Benotet	Ja
----------------	----

Konzept	So weit 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.

Frequenz

Jedes Semester

– Allgemeine Informationen

Inhaltliche Voraussetzungen

Handlungsfelder

Forschung: Von der Grundlagenforschung bis hin zur Industrieforschung und der Qualifikation für ein Promotionsstudium. Entwicklung: Algorithmen, Software, Verfahren, Geräte, Komponenten und Anlagen.

Qualitätskontrolle von Produkten und Prozessen, Mess- und Prüftechnologien, Zertifizierungsprozesse.

Produktion: Planung, Konzeption, Instandhaltung, Überwachung und Betrieb.

Learning Outcomes

ID	Learning Outcome
LO1	<p>Was:</p> <p>Das Modul vermittelt vertieftes MINT- und studiengangsspezifisches Fachwissen (K5, K6), schult sie Abstraktionsfähigkeit, Analysefähigkeit und sowie die Fähigkeit zur Bewertung komplexes Systeme (K7, K8, K9).</p> <p>Vorlesungsbegleitend findet ein projektnahes Praktikum statt. Situations- und sachgerechtes argumentieren (K12) wird durch die Praktikumsgespräche geübt. Die eigenständige Bearbeitung komplexer wissenschaftlicher Aufgaben (K10) und die Projektorganisation (K13) wird ebenso trainiert</p> <p>Womit:</p> <p>Der Dozent vermittelt das vertieftem MINT- und einschlägigem Fachwissen in einer Vorlesung mit integrierten kurzen Übungsteilen und einem dedizierten Freiraum für fachliche Diskussionen, um Sprachgebrauch und Ausdrucksfähigkeit zu schulen und auf den wissenschaftlichen Diskurs vorzubereiten.</p> <p>Weiterhin wird das Praktikum gezielt projektartig durchgeführt und wird wie ein kleiner Forschungsauftrag verstanden. Die Praktikumsaufgaben sind in Ihrer Fragestellung zunächst weit gefasst sind, müssen von den Studierenden selber konkretisiert werden und können dann mit einer weit reichenden zeitlichen Flexibilität abgearbeitet werden. Dazu erhalten die Studierenden zu jeder Zeit der Laboröffnungszeiten Zugang zu der Geräteausstattung. Begleitet wird das Praktikum von regelmäßigen, wissenschaftlichen Diskussionen.</p>

Wozu:
 Vorbereitung auf eine selbständige, forschende Tätigkeit, sowohl fachlich als auch organisatorisch. (HF1)
 Anwendung tiefgreifende Fachkenntnisse im Bereich höchstauflösender Mess- und Analyseverfahren, die industriell als Mess- und Prüftechnologie zur Qualitätskontrolle von Produkten (HF2) eingesetzt werden, sowie
 Kompetenzvermittlung im Bereich der Überwachung von Produktionsprozessen (HF3)

Kompetenzen

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

– Vorlesung / Übungen

Typ	Vorlesung / Übungen
Separate Prüfung	Nein
Exemplarische inhaltliche Operationalisierung	<p>Aufbau eines Elektronenmikroskopes:</p> <p>Kathode: Glühemission, Schottky-Emission und Tunnelemission. Physikalische Prinzipien, Erkennungsmerkmale, Bauformen, Austrittsarbeit</p> <p>Eigenschaften des Elektronenstrahls: Geschwindigkeit der Elektronen, relativistischer Massenzuwach, Strahlstrom, Spotgröße, Brightness als Erhaltunggröße, Welle-Teilchen Dualismus, Elektronen als Welle, Auflösungsvermögen</p> <p>Ablenkung des Elektronenstrahls, Elektronen-Linsen: Maxwellgleichungen, Energieaufnahme im elektrischen und magnetischen Feld, Lorenzkraft, Lorenzkraft in Zylinderkoordinaten, Bildddrehung, Aufbau von fokussierenden- und Rasterispulen</p> <p>Elektron-Materie Wechselwirkung Vorwärts- und Rückwärtsstreuung, Streuwinkel, Primär-, Sekundär- und Rückstreuelektronen, charakteristische Röntgenstrahlung und Bremsstrahlung, Auger-Elektronen, Kathodoluminiszenz</p> <p>Nachweis von Elektronen Everhardt-Thornley Detektor</p> <p>Bildcharakteristika Ursachen und Erscheinungsformen von Bildkontrasten im REM: Materialkontrast, Kantenkontrast, Abschattung</p> <p>Anwendungsfälle und Grenzen</p> <p>Tunnelmikroskop</p> <p>Theoretischer Hintergrund Wellenfunktion, deBroglie Wellenlänge, Stetigkeit der Wellenfunktion und ihrer Ableitung, Tunneleffekt, WKB Näherung</p> <p>Aufbau Spitzenpräparation, Piezo-Motor, Rückkopplung und PID Regler, Größe der mechanischen Brücke</p> <p>Bildcharakteristik Gitterauflösung und atomare Auflösung</p> <p>Anwendungsfälle und Grenzen</p> <p>Kraftmikroskop</p>

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 Mikrolinsen, Dispersions-basierende Tiefendiskriminierung.

Anwendungsfälle und Grenzen

– Praktikum

Typ	Praktikum
------------	-----------

Separate Prüfung	Ja
-------------------------	----

Exemplarische inhaltliche Operationalisierung	<p>Vermessung eines gebrochenen Pleuels aus dem Rennsport mit dem Elektronenmikroskop. Begründung, ob der Bruch auf Materialfehler, Ermüdung oder Überbelastung zurückzuführen ist.</p> <p>Vermessung eines Haares aus einer Perücke mit dem Elektronenmikroskop. Begründung ob es sich um Echthaar, künstlich verdünntes Echthaar aus Asien oder um Kunsthaar handelt.</p> <p>Vermessung einer gebrochenen Glühwendel mit dem Elektronenmikroskop. Begründung, ob diese im Betrieb oder außerhalb des Betriebes ausfiel.</p> <p>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</p> <p>Vermessung einer speigellenden V-Nut mit einem Konfokalmikroskop. Analyse der Bildes, Identifikation der Artefakte. Auffinden des Konfokalpeaks und des Schein-</p>
--	--

Separate Prüfung

Benotet	Nein
----------------	------

Frequenz	undefined
-----------------	-----------

Voraussetzung für Teilnahme an Modulprüfung	Nein
--	------

Konzept	<p>Begleitung der messtechnischen Fragestellungen bei der Durchführung.</p> <p>Prüfung des theoretischen Hintergrundes im Hinblick auf das jeweilige Funktionsprinzip der Messgeräte und der Problematik des Anwendungsfalls.</p> <p>Überprüfung der gewonnen Ergebnisse im Hinblick auf technisch versierte Durchführung, Wissenschaftlichkeit der Analyse und Interpretation.</p>
----------------	---

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.

– Projekt

Typ	Projekt
------------	---------

Separate Prüfung	Ja
-------------------------	----

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
--	----

Konzept	individuelle Lernstandsrückmeldung (Gesamtumfang bis max. 2h)
----------------	---

