

授 業 科 目 の 概 要			
(工学研究科 物理学系専攻 博士前期課程)			
科目区分	授業科目の名称	講義等の内容	備考
専門教育科目	材料物性学特論	太陽光発電市場は急拡大を続けているが、主要な電力源となるためにはさらに10倍以上の太陽電池の導入が必要であり、資源問題のないSi太陽電池は今後も主流を占めると考えられている。本講義では、Si太陽電池の基礎、材料技術、太陽電池デバイスにとって重要な半導体パラメータを概説した後、半導体中の結晶欠陥および表面・界面の物理的性質について、構造、電気的性質、太陽電池特性との関連、評価方法など、基礎理論および主要な実験結果から次世代技術の展望までを解説する。	
	薄膜材料科学特論	薄膜作製技術は新しいデバイス設計や新機能性材料の開発にとって必要不可欠である。本科目では、まず、物理または化学的原理に基づく薄膜作製法(気相法)を概観する。また、薄膜成長の基本的過程、および低温・高速・高品質成膜を実現するために重要な要件について講述する。その上で、まず、薄膜作製法において重要な役割を果たしているプラズマ(減圧プラズマ)の基礎的な概念や支配方程式について説明し、近年注目を集めている大気圧プラズマとの物理・化学的性質の違いを明らかにする。次に、一般的な減圧プラズマを用いた薄膜作製(Si薄膜の作製)に関するいくつかの文献を例に挙げ、成膜プロセスや形成膜の性質、課題を解説する。最後に、減圧プラズマに対して大気圧プラズマを用いると、成膜プロセスや膜質がどのように変わるのかについて、適宜文献を参照しながら講義する。	
	半導体表面科学特論	半導体デバイスの性能は、そこで用いる半導体材料表面の状態に大きく依存する。そこで本講義では、各種機能半導体表面の原子・分子スケールでの構造制御及び機能改質について、系統的な理解を深める。具体的には、半導体表面上で起こる様々な気固・固液界面の物理や触媒現象、及びその評価方法を半導体物理や機器分析化学、電気化学、放射光科学等の広い学問分野を内包した表面科学の観点から解説する。	
	光科学特論	世界は光に満ちており、その下で進化した視覚は元より、物理的認識の根源に光が関わっている。本講ではまず身近な光学現象、特に発色を中心に干渉・回折・散乱について復習し、屈折や可干渉性の扱いにも触れる。そこから発展して次に、生物・物理・芸術を包括する総合的な光科学を考える。さらに視覚と応用の観点から、フォトニックバンド、メタマテリアル、レーザ冷却、原子光学(物質波光学)等、現代光科学のトピックスを解説する。最後に認識の本質としての光の問題(EPR問題など)、量子光学の応用(量子暗号など)にも言及する。	
	物理計測特論	光・荷電粒子と固体表面の相互作用を利用した計測法の原理および特性を基本的な物理法則に基づいて明らかにした上で、半導体の表面を計測対象とした場合を中心にその表面構造および物性計測の最新技術を理解することを目的とする。特に、表面構造の計測法としては、走査型プローブ顕微鏡について、また物性計測としては、種々の表面電子構造の計測法を表面電子構造の量子力学に基づく計算機シミュレーション結果も含めて講義する。	

専門教育科目	表面原子制御特論	表面・界面の原子構造と電子状態の解析、原子・分子レベルでの構造・機能改質、及び、機能表面の応用研究について最近のトピックスを紹介しながら基礎的概念を学ぶ。特に有機材料における電荷輸送特性、発光特性分析を通して、基礎物性からナノデバイス応用までの広い範囲を網羅することにより、ナノサイエンス、ナノテクノロジーを科学する。	高度国際性涵養教育科目として履修可
	極限精密加工工学特論	加工技術には、応用する物理現象に応じた精度限界が必然的に存在する。加工の究極の単位である原子レベルの加工を行うには、原子単位で進行する種々な物理化学現象を探索して応用する加工法の開発が不可欠である。この背景を踏まえ、EEM(Elastic Emission Machining)やプラズマCVM(Cheical Vaporization Machining)等の原子レベルの加工法について詳述する。	高度国際性涵養教育科目として履修可
	精密科学機器特論 I	半導体集積回路形成技術をはじめとする最先端の微細加工を行うためのプロセス技術として、電子ビームおよびイオンビームと応用技術は欠かせないものとなっている。本講義では、このような荷電粒子ビームに関する専門講義をこれまでに受講する機会が無かった者を対象とし、荷電粒子ビームの基本（発生・輸送・制御法等）から応用技術までを詳述する。	
	精密科学機器特論 II	基礎科学や先端製造技術分野の進歩には、材料開発技術、精密加工技術、および精密計測技術の発展が不可欠である。本講義では、究極の精度で様々な物理現象を捉え、基礎科学分野へ最新の情報を提供する最先端の物理計測機器の中から、X線や中性子光学デバイスの適用例と特にその作製方法に関して、原理および実現の鍵となる技術を解説するとともに、装置の更なる高性能化のための問題点についても言及する。	
	量子シミュレーション特論	固体表面上や固液界面、高圧下や溶液中での化学反応過程を、量子力学的見地から分子レベルで理解し必要な基礎知識を習得するとともに、問題解決能力を養うことを目的とする。第一原理電子状態計算手法の基礎に関して学んだ後、凝縮系や固体表面・界面における化学反応過程の各トピックを紹介し、最終的に個別課題を設けてレポートをまとめる。	高度国際性涵養教育科目として履修可
	計算科学特論 II	近年の技術開発において「計算科学」の手法を利用した複雑系の物理現象を数値解析する技術がますます重要な役割を果たしつつある。特に、オプトエレクトロニクスの先端分野で利用される技術には、ナノの世界における光と物質の相互作用で現れる様々な物理現象を利用したものが多く。本講では、光波を含む電磁場の数値解析技術の体系を論述し、光と物質の相互作用についての理解を深めさせたい。	
	応用表面科学	半導体デバイスに関連する基礎物理から各種評価法等の関連技術について講述する。半導体産業の現状と大規模集積回路の基礎知識、半導体の基礎物理とMOSデバイスの動作原理、光電子融合技術の基礎と展望、半導体デバイスで用いられる材料や接合界面の電気的、物理的評価法の基礎と研究開発事例等について解説する。	
	精密工学特論 I	最新の原子制御プロセスの中で、特に表面原子制御プロセスに注目し、そこで利用されている電子・光物性や反応素過程を実験的に取り扱う手法について議論する。	
精密工学演習 I	専門分野の論文を紹介する。各自の専門分野のピックスに関する調査・報告・討論を行うことにより、自己の研究の位置付け・意義を明確にする。	高度国際性涵養教育科目として履修可	

専門教育科目	精密工学演習Ⅱ	専門分野について総合報告する。各自の専門分野に関する世界の動向を調査・報告・討論することにより、自己の研究の位置付け・意義を明確にするとともに、その後の研究の方向に関する指針を得る。	高度国際性涵養教育科目として履修可
	精密工学演習Ⅲ	異分野の論文を紹介する。各自の研究テーマに関連する周辺分野に関する世界の動向を調査・報告・討論することにより、自己の研究の位置付け・意義を明確にし、その後の研究の方向に関する指針を得るとともに、より広い視野を身につける。	高度国際性涵養教育科目として履修可
	精密工学演習Ⅳ	修士論文の研究中間報告を行う。各自の研究に関する分野の最新の研究動向を解説するとともに、自己の研究の進行状況を報告し、それらの内容の討論から解決すべき問題点を明らかにする。このような議論を通じて、独自の研究を進める能力を養う。	高度国際性涵養教育科目として履修可
	超音波工学	超音波は、各種センサー、電子デバイス、医療機器等の幅広い分野において利用されている。その送受信原理や固体・液体中の伝播挙動、医療応用の理解には、機械・電気・材料・生化学等の総合的工学知識が要求され、本講義はその習得を目的とする。	高度国際性涵養教育科目として履修可
	物性物理	多粒子論的取扱いを必要とする金属の磁性、金属絶縁体転移、超伝導など具体的な現象の考察をふまえた固体電子論の基礎的な講義を行う。	高度国際性涵養教育科目として履修可
	表面・界面物性	電子ビームやイオンビーム、X線、光を用いた表面・界面の原子構造と電子状態の解析、表面・界面ナノマテリアル・プロセス・デバイスデザインについて解説する。	高度国際性涵養教育科目として履修可
	ナノ物性計測工学	ナノメートルスケールでの固体表面の様々な物性とその計測法について述べる。	
	ナノ量子工学	ナノレベルまでスケールダウンされた構造において発現する特異な物性とその応用について、その取り扱いの基礎となる考え方から解説する。	
	画像・信号処理	(英文) 1. 1D & 2D Data storage/compression 2. Signals & System 3. IRF, Convolution & Filtering 4. Noise Analysis 5. Fourier Transforms in Data Processing *This class is given in English (和訳) 1. 1D及び2Dデータの保存/圧縮 2. 信号とシステム 3. IRF、畳み込み及び絞込み 4. ノイズ解析 5. データ処理におけるフーリエ変換 *この講義は英語で行われる。	高度国際性涵養教育科目として履修可
	ナノ材料工学	典型的なナノ材料であるナノカーボン材料について、その合成方法・基礎物性からデバイス応用に至る幅広い知識を習得することにより、最先端のナノテクノロジーを大局的見地から追求するための基盤を身に付けることを目的とする。	
生体デバイス工学	生体の有する機能として情報変換、エネルギー変換、分子変換機能について概説し、これらを利用するデバイスとしてバイオセンサー、バイオチップ、バイオ電池、人工細胞などについて紹介する。		

専門教育科目	光計測工学	光学顕微鏡の結像原理および超解像化技術について講義を行う。とくに、ナノサイエンスとナノテクノロジーと融合した最先端の光学顕微技術のイメージング特性、および、その基礎となる近接場光学、表面プラズモン、非線形光学などを詳説し、ナノフォトニクスの理解を深めることを目指す。	
	光学分光学とナノ画像法	高分解能イメージングとナノ材料解析の為のナノスケール分光法について講義を行う。	高度国際性涵養教育科目として履修可
	有機半導体デバイス物理	本講義では、有機半導体材料を用いたデバイスとその物性に焦点を当て、有機半導体の材料物性、それを用いた有機半導体デバイスの構造、プロセス、回路応用について講義する。有機半導体デバイスとしては、有機薄膜トランジスタ、有機発光素子（有機EL）、有機受光素子（太陽電池、光センサ）を代表例として、講義を進める。有機材料の柔らかさを活用したフレキシブルエレクトロニクス、印刷性を利用したプリンテッドエレクトロニクスなど次世代エレクトロニクスの在り方について紹介し、これを理解するための基礎と応用力を養う講義を進める。	
	時空間フォトニクス	本講義は、光の持つ時空間的な多次元性について波動光学的に取扱う枠組みと、光の時空間情報の計測と制御、そしてその利用法について論ずる。 1. 超高速光学の基礎 2. 光波の時空間表現 3. 光の時空間情報の計測と制御（時空間変換） 4. 光の時空間的な多次元性の利用	
	物性分析工学	電子やイオン、X線を用いて物質の構造、組成、電子状態を原子・分子スケールで分析・評価するのに必要な知識を工学と科学の両面から習得することを目的とする。	
	物理工学特論 I	ナノフォトニクス・ナノ構造に関する入門的な講義をおこなう。まず電磁波に関する基本的な概念を整理した後、光を閉じ込める手法として種々のミラーやフォトニック結晶、プラズモニクス、半導体量子構造などを説明する。さらに半導体による光生成について述べ、これらの現象を利用したデバイスやシステムレベルでの応用技術について紹介する。	
	応用物理学実験	応用物理学(物質創成、物質設計、物理計測、物性予測)の基礎に関する実験を行う。	
	応用物理学演習 I	応用物理学(物質創成、物理計測、分光計測、物質設計、物性予測、数理工学、コンピュータ工学、光情報工学)に関する演習を行う。	
	応用物理学演習 II	応用物理学(物質創成、物理計測、分光計測、物質設計、物性予測、数理工学、コンピュータ工学、光情報工学)に関する演習を行う。	
	応用物理学ゼミナール	応用物理学の最新の研究紹介を通して、学生に応用物理学の進展を把握させ、新しい複合領域の研究の進め方などを教員とともに検討する。応用物理学の応用分野・発展性などについても議論する。	
産業技術論	学内の企業の共同研究講座／協働研究所や官との産学官組織連携に基づき、当該産業分野の全体像を見渡し、技術の深堀りや技術融合による事業創出を俯瞰できる力の修得を図る。 産業界側教員による当該分野の技術動向等の講義や、新規分野（研究・新事業などオープンイノベーションの種）の調査・開拓をグループ演習等により検討する。		

専門 教育 科目	インターンシップ・オン・キャンパス 1	<p>学内の企業の共同研究講座／協働研究所や官との産学官組織連携に基づき、産業界側提示もしくは大学側提示のテーマを対象に、通年で長期の産学共同研究活動を実施する。大学側指導教員より学術的視点の教育指導を、産業界側指導教員により事業化視点の教育指導を学内で同時に行い、工学を基盤とし工学シーズの事業展開まで見据え、当該産業の中核や新規産業創出を牽引できる実践力の修得を図る。</p>	高度国際性涵養 教育科目として 履修可
	インターンシップ・オン・キャンパス 2	<p>学内の企業の共同研究講座／協働研究所や官との産学官組織連携に基づき、企業側提示もしくは大学側提示のテーマを対象に、通年で長期の産学共同研究活動を実施する。大学側指導教員より学術的視点の教育指導を、産業界側指導教員により事業化視点の教育指導を学内で同時に行い、工学を基盤とし工学シーズの事業展開まで見据え、当該産業の中核や新規産業創出を牽引できる実践力の修得を図る。</p>	高度国際性涵養 教育科目として 履修可
	理論物質科学	<p>(英文) The purpose of this lecture is to present basic knowledge to understand various properties and interesting phenomena found in materials. We will introduce important concepts in both physics and chemistry based on the quantum mechanics. Theoretical methods in the condensed matter physics enable us to perform not only analysis of known substances in extreme conditions including high pressures and high temperatures but also to design new materials and functionality. We review the theory of electrons in molecules and solids and survey quantum mechanics of many-body systems. The first-principles electronic-state calculations will be explained based on the density-functional theory in a rigorous manner. Theoretical approaches to understand several topics, e.g. the structural transformation, metal-insulator transitions, superconductivity and magnetism are given. We demonstrate some examples of materials design. The theory of the space group and its applications are discussed.</p> <p>(和訳) 物質が示す多様な物性の発現機構を理解するために不可欠な物理的および化学的な基礎事項を講義する。この知識を基にして、極限条件における物性を理論的に解明する方法と物質を理論的に設計する方法を概説する。 具体的には、分子や固体における電子論と多体系の量子力学を復習し、密度汎関数理論に基づく第一原理電子状態計算法を解説する。そして、構造相転移や絶縁体-金属転移、超伝導転移、磁気相転移を物質に促して理解する方法を述べる。さらに、その応用としての光学材料や磁性材料などの設計例を解説する。群論とその応用についても述べる。</p>	高度国際性涵養 教育科目として 履修可
	固体電子論 I	<p>固体中においては膨大な数の電子が相互作用をしながら運動しており、その結果、様々な秩序状態が生じて興味深い物性を生み出している。本講では、固体中の電子状態について、主として多体論的な見地から学ぶことを目的とする。多体電子系における電子間相互作用とその理論的取扱いについて学ぶ。</p>	高度国際性涵養 教育科目として 履修可