

令和 7 年度大学院春入学 8 月試験

電気電子工学専攻

論 述 試 験 [Essay examination]

【60 分】 [60 minutes]

[注意事項] [Important information]

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開かないでください。
(Do not open this question booklet until the examination proctor signals you to begin.)
2. この問題冊子には論述試験の問題が記載されています。万一、落丁・乱丁があった場合は、手をあげて申し出てください。
(This question booklet contains questions for the essay examination. If you find any missing or misplaced questions, please raise your hand to report them.)
3. 黒鉛筆、シャープペンシル、消しゴム、鉛筆けずり、時計、眼鏡、受験票以外は机上に置かないでください。
(Only pencils, mechanical pencils, erasers, pencil sharpeners, watches, glasses, and examination vouchers are allowed on the desk.)
4. 監督者の指示に従い、解答用紙に受験番号・氏名を記入してください。
(Please fill in your examination number and name on the answer sheet according to the instructions of the examination proctor.)
5. 試験終了の合図で解答を終了し、監督者の指示があるまで席を立たないでください。また問題冊子は持ち帰ってください。
(Please finish answering the questions at the signal of the end of the exam and do not leave your seat until instructed by the examination proctor. Please take the question booklet home with you.)
6. 解答は、日本語もしくは英語で書くこと。
(Answers must be written in Japanese or English.)

① あなたの卒業研究について、研究背景・現状の課題・提案手法・今後の計画などを解答用紙の1ページ以内に述べなさい。なお、必要に応じて図表・数式を用いてよいが、使う記号の物理的意味を必ず明記すること。

(Describe your senior thesis (graduation studies), including research background, current issues, proposed methods, and future plans within one page of your answer sheet. You may use figures, tables, and equations as necessary, but be sure to clearly state the physical meaning of the symbols you use.)

② あなたの卒業研究の内容と関連するキーワードを次頁の【キーワードリスト】から1個か複数選んで、その原理・概念・特性などを説明し、研究内容との関連を簡潔に1ページ以内で述べなさい。(複数のキーワードと関連する場合は複数のキーワードを選んでもよい。なお、必要に応じて図表・数式を用いて説明しなさい。ただし、使う記号の物理的意味を必ず明記すること。)

(Select one or more keywords from the [List of Keywords] on the next page that are relevant to the content of your senior thesis (graduation studies), explain their principles, concepts, characteristics, etc., and briefly describe how they relate to the content of your research in one page. (You may choose more than one keyword if they are related to each other. You may use figures, tables, and equations as necessary, but be sure to clearly state the physical meaning of the symbols you use.))

【キーワードリスト】

マクスウェル方程式、波動方程式、電磁誘導、電力、半導体、ユニポーラ・バイポーラ、トランジスタ、結合係数・結合回路、共振、固有値、周期関数、ラプラス変換、フーリエ変換、伝達関数、オペアンプ（演算増幅器）、発振器、古典制御、現代制御、線形時不変システム、変調・復調、磁気特性、磁性材料、レーザー、光ファイバ、プラズマ、放電現象、センサデバイス、受動フィルタ、能動フィルタ、制御構造（プログラミング）、ニュートン法、二分探索法、発光デバイス、AD変換、パワーデバイス、コンバータ、インバータ

[List of Keywords]

Maxwell's equations, wave equation, electromagnetic induction, electric power, semiconductors, unipolar or bipolar, transistors, coupling coefficient and coupling circuit, resonance, eigenvalue, periodic function, Laplace transform, Fourier transform, transfer function, operational amplifier, oscillator, classical control, modern control, linear time-invariant system, modulation/demodulation, magnetic properties, magnetic materials, lasers, optical fibers, plasma, discharge phenomena, sensor devices, passive filters, active filters, control structures (programming), Newton method, binary search method, light emitting devices, AD conversion, power devices, converters, inverters

令和 7 年度大学院春入学 8 月試験

電気電子工学専攻 論述試験 解答例

問 1

< 解答例 >

私は、現在所属する〇〇大学△△研究室にて「石英を母材とした高熱耐力レーザー媒質の開発に関する研究」を研究テーマとして卒業研究を実施している。その研究内容の詳細を以下に示す。

1. 研究背景

高平均出力レーザーを開発するためには、光励起により蓄積される熱エネルギーによる破壊に耐えうる熱衝撃に強いレーザーガラス材料が必要となる。石英ガラスは最も熱衝撃に強いガラスであり、熱衝撃に関する性能指数では一般的なレーザーガラスの 30 倍の強度を持つため、高平均出力レーザー用の媒質としての応用が期待されている。

2. 現状の課題

石英ガラスを母材としたレーザー材料の開発には、原料を高炉で熔融・均質化し冷却によって製作する熔融法や、原料を含む気相ガスの堆積により製作する CVD 法、原料を含む液体を加水分解・重合により製作する Sol-Gel 法など、様々な手法が検討、実施されてきた。石英ガラスをレーザー材料として機能させるには、希土類元素などの蛍光を発する活性元素を添加する必要があるが、希土類元素は石英ガラス構造中に取り込まれにくく、希土類元素が集合しクラスタとなって石英ガラス内部で結晶化（クラスタ化）する。このクラスタは励起光の吸収中心としてのみ働き発光しない。また、散乱などの損失の原因にもなる。

3. 提案手法

石英ガラス中で生じる希土類元素のクラスタは希土類元素（Ln:ランタン系列元素）の酸化物（ Ln_2O_3 ）であることがわかっている。従って、ガラスを製造する段階で、分子レベルで希土類元素を取り囲むことのできる均一分散補助剤とともに、活性元素及び、石英粉末を熔融することでクラスタ化の低減が期待できる。慎重に均一分散補助剤を検討した結果、イオン交換性を持つゼオライト（特に Zeolite X）を提案することとした。

4. 今後の計画

次の方針で研究を進める。

- 1) 希土類元素をイオン交換した Zeolite X と石英粉末を混合・熔融し蛍光ガラスを作成する。
- 2) 1)のガラスを用い、Zeolite X が均一分散補助剤として機能するかを次の手法にて検証する。
 - ・ クラスタ化の有無を示す蛍光寿命の短い成分の有無を確認する。
 - ・ 量子効率（蛍光光子数／励起光子数）を評価し、蛍光材料効率を確認する。

問 2

キーワード： ゼオライト

今後の問題作成における都合上、ゼオライト (zeolite) をキーワードとして使用した解答例を以下に示します

< 解答例 >

1) 一般的なゼオライトの性質とそのイオン交換特性

ゼオライトは沸石としてよく知られた結晶材料である。その種類は非常に多く、天然鉱物として 40 種以上、合成ゼオライトとして 150 種以上ある。ゼオライトは $1\mu\text{m}$ 程度の粉体であり、その骨格は通常 Si, Al, O 等により構成されている。Si と Al はテトラポッドの様に O を接ぎ手としてゼオライト結晶を構成するが、Al 原子は通常 3 価であるためテトラポッドの様な構造を持つと酸素原子との結合においてマイナスの電荷を周辺に生じる。従って、そのマイナスの電荷の周辺に Na, K 等のアルカリ金属や Mg, Ca 等のアルカリ土類金属が付着する。

それらの付着金属は水溶液中あるいは溶媒中において他の金属イオンと容易に交換する。これがゼオライトの示すイオン交換特性である。これらのイオン交換特性は元素によって優劣が決まっており、付着のしやすいものの順にイオン交換される。希土類元素は一般にアルカリ金属元素よりもゼオライト中に取り込まれやすい。ゼオライトの基本構造が持つ Si と Al の数は数十個から二百個程度まで様々あり、その構造中に Al が均一に分散しているため、イオン交換特性を利用すると、ゼオライトは希土類元素等の活性元素の均一分散補助剤として使えることが理解される。

2) 均一分散補助剤として選択した Zeolite X の特性

Zeolite X は同じ合成ゼオライトの A 型、Y 型と並んで数多くの合成ゼオライトの中でも最も代表的なものの一つである。1960 年に米国の Linde 社により合成されて以来、石油精製における接触分解法用触媒としての要請に伴い、Mobil 社を中心として数多くのイオン交換された合成ゼオライト（置換型ゼオライト）における触媒活性の研究がなされてきた。従って、これらの合成ゼオライトに関してはイオン交換のデータベースが豊富である。中でも希土類置換型の合成ゼオライトは触媒活性が強いことが知られており、希土類イオン交換に関して数多くの文献、データがある。

ゼオライトの種別を選択する際に注意した点は、ゼオライトを用いることで石英ガラスとしての特性劣化を避けること、つまり、可能な限りアルカリ金属及びアルカリ土類金属の混入をさけ、線膨張係数の増加を防ぐことである。さらに、クラスタ化による濃度消光（不発光）を防ぐために置換された希土類元素が十分程度隔離されている必要がある。Zeolite X 中アルカリ金属元素と希土類元素のイオン交換特性はほぼ 100%であり、希土類元素が交換されるサイトである D6R 同士の隔離距離は $8.8\text{\AA}$ と見積もられること、以上の点から、Zeolite X を均一分散補助剤として利用することを決めた。