京大・理・物理　「大学院特別講義」(集中講義)　　平成 28 年 7 月 6－8 日
担当：物性研・秋山英文

提出先、期限などについては、田中耕一郎先生のご指示に従ってください。

レポート問題

以下の必修問題１問と、選択問題２問以上に答えて下さい。

必修問題

０．講義の感想や意見などを述べてください（自分の研究や興味ある事項の理解に役立ったかどうか？新たに理解できてスッキリしたことがあったか？講義への要望、批判、その他、あなたの研究内容、夢、趣味、気になっていることなどに関連することなど。自由に述べてください。）

選択問題

(半導体)

１．化合物半導体および絶縁体の結晶は、塩化セシウム型、NaCl 型、閃亜鉛鉱型、ウルツ鉱型、グラファイト型など、周期律表の位置関係によって特徴的な構造をとる。この理由を簡潔に説明せよ。

２．化合物半導体 ZnS の閃亜鉛鉱型構造の格子定数(a_{ZB}=5.406A)からボンド長ｂを求め、ひずみが無いと仮定した場合のウルツ鉱型構造の格子定数 a_W*と c*とを計算せよ。実際のウルツ鉱型構造の格子定数(a_W =3.814A および c =6.257A)と比較し、簡潔に説明せよ。

３．ｋｐ摂動論と Kane モデルについて簡潔に説明せよ。(ついでに、有効質量近似や、バンド構造のタイトバインディング近似理論について述べても良い。)

４．ケインの固有値方程式を数値的に解いて分散関係をもとめよ。例えば、GaAs のパラメータ:Eg＝1.5eV、Δ＝0.34eV、Ep＝2mP^2＝22.7eV を使え。有効質量をエネルギーの関数として計算し、非放物線性について簡潔に説明せよ。

５．有限バリア半導体量子井戸のエネルギー準位計算において、有効質量や境界条件をどう取るべきか簡単に簡潔に説明せよ。

６．ｋｐ摂動論において、伝導電子のｇ因子がｇ＊＝2－4mΔP^2／{3h^2Eg(Eg+Δ)}と計算されることを示せ。(安藤恒也先生の教科書、J. M. Luttinger and W. Kohn, Phys. Rev. 97, 869 (1955)や、L. M. Roth, et al., Phys. Rev. 114, 90 (1959)を参考にすると良い。)

７．単一量子井戸の光吸収係数 α が近似的に $\alpha L=\pi\alpha_f/n_b$（ただし、α_fは微細構造定数、n_bは背景屈折率）で表されることを示せ。参考：M. Yoshita, K. Kamide, H. Suzuura and H. Akiyama, Appl. Phys. Lett. 101 (2012) 032108.

（太陽電池）

８．太陽を表面温度5800Kの黒体と仮定して、地球表面(AM0)での太陽光の入射エネルギー密度を求めよ。

９．太陽光の限界集光について説明せよ。

１０．　太陽電池効率のCarnot限界とLandsberg限界を説明せよ。

１１．　太陽電池のシリーズ抵抗とシャント抵抗の影響について述べよ。電極が小さいときの接触抵抗について述べよ。

１２．　太陽電池の詳細平衡限界効率について簡潔に説明せよ。

１３．　太陽電池の詳細平衡限界効率理論の問題点を説明せよ。

１４．　Shockley-Queisser論文の中のultimate効率 $u(x_g)$の式(2.8)を導け。

（光物性）

１５．　ローレンツモデルと２準位原子モデルの関係を述べよ。いずれのモデルでも説明できる現象、後者のモデルを用いないと説明できない現象を、例を挙げて説明せよ。

１６．　２準位原子モデルと、半導体２バンドモデルのそれぞれにおいて、光学非線型性が生じる原因について説明せよ。

１７．　配位座標モデルによる電子と格子(核)の相互作用の記述と、断熱近似、Franck-Condon 原理、Franck-Condon因子、Huang-Rhys因子について説明せよ。

１８．　配位座標モデルを用いて、Huang-Rhys 因子が１よりも十分に大きい場合の光吸収スペクトルの幅がどの様に決まるか説明せよ。

１９．　配位座標モデルを用いて、非輻射遷移確率がどのように定式化されるか説明せよ。

２０．　Landau-Zener公式について説明せよ。

２１．　レーザーの発振周波数に関する内分公式、定常発振時の出力光強度と反転分布の振る舞いについて説明せよ。

２２．　ファブリ・ペロー共振器は、高い反射率をもつ平行な２枚の鏡からなっているのにも関わらず、共振器の長さが半波長の整数倍のときには、透過率が１になることができるのは何故か説明せよ。