

課題

バースタイン・モスシフト (縮退半導体の E_F) ΔE_g をキャリア濃度 N_e の関数としてグラフに描け。有効質量は自由電子の質量とし、横軸 N_e は対数プロットせよ

$$\Delta E_g^{BM} = \frac{h^2}{m_{de}} \left(\frac{3N_e}{16\sqrt{2}\pi} \right)^{2/3}$$

PowerPoint 等のプレゼンテーションファイルにして提出

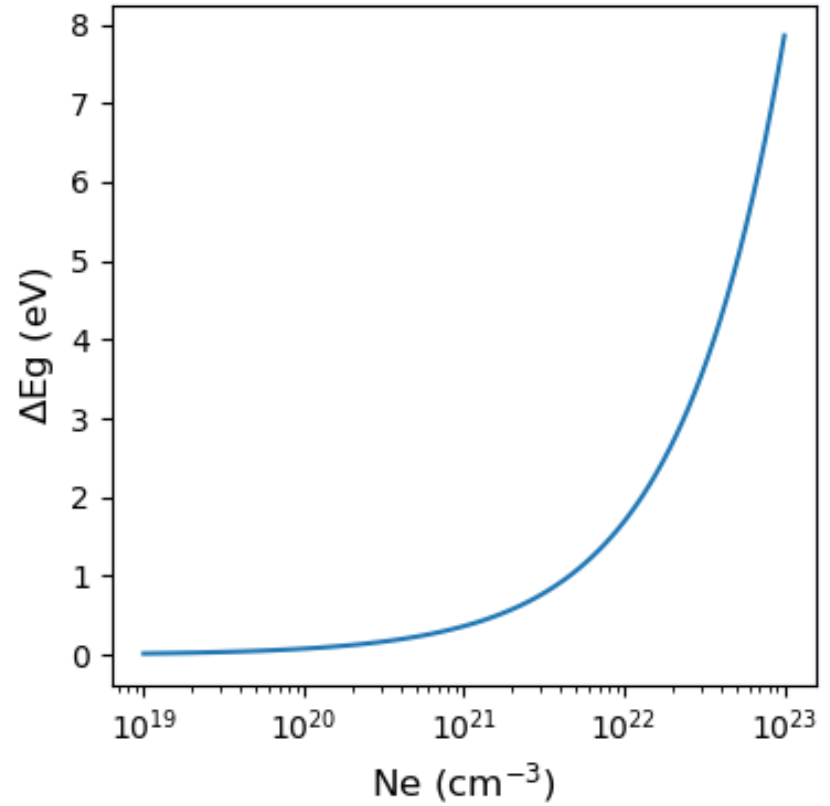
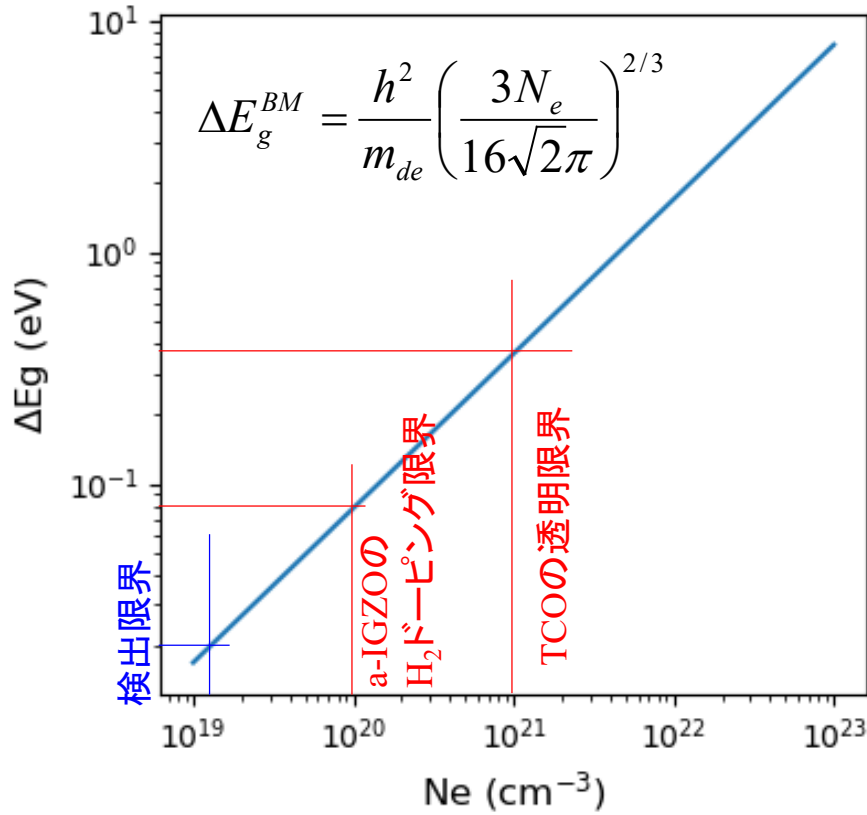
期限: 今日の17:00までに
できたところまでで可

解答

電子濃度範囲:

TCOの透明限界: $\sim 10^{21} \text{ cm}^{-3}$

金属の電子濃度 : $5 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3} \sim 10^{23} \text{ cm}^{-3}$



プログラム (抜粋)

BMshift.py

```
import numpy as np
from numpy import sqrt, exp, sin, cos, tan, pi
from matplotlib import pyplot as plt

pi = 3.14159265358979323846
h = 6.6260755e-34 # Js";
e = 1.60218e-19 # C 浮動小数点定数はe表記を使う

# parameters
logNemin = 19.0 # in log10(cm-3) 単位を明記
logNemax = 23.0 # in log10(cm-3)
nlogNe = 101

def main():
    global logNemin, logNemax, nlogNe

    logNestep = (logNemax - logNemin) / (nlogNe - 1)
    Ne = []
    dEg = []
    for i in range(nlogNe):
        logNe = logNemin + i * logNestep
        n = 10.0**logNe * 1.0e6 # in m^-3 単位を明記
        de = (h*h / me) * pow(3.0 * n / 16.0 / sqrt(2) / pi,
2.0/3.0) / e # in eV
        Ne.append(n * 1.0e-6)
        dEg.append(de)
```

```
print("")
print("plot")
fig = plt.figure(figsize = (8, 4))
ax1 = fig.add_subplot(1, 2, 1)
ax2 = fig.add_subplot(1, 2, 2)

ax1.plot(Ne, dEg)
ax1.set_xscale("log")
ax1.set_yscale("log")
# matplotlibの表示文字列には、TeX形式が使える
# $~$で囲われた範囲がTeX形式
# ギリシャ文字: \alpha, \Alpha など
# 上付き文字: ^{と}で囲う
# 下付き文字: _{と}で囲う
ax1.set_xlabel("Ne (cm$^{\{-3\}}$)", fontsize = fontsize)
ax1.set_ylabel("$\Delta$Eg (eV)", fontsize = fontsize)
ax2.plot(Ne, dEg)
ax2.set_xscale("log")
ax2.set_xlabel("Ne (cm$^{\{-3\}}$)", fontsize = fontsize)
ax2.set_ylabel("$\Delta$Eg (eV)", fontsize = fontsize)
plt.tight_layout()

plt.pause(0.1)
input()

if __name__ == "__main__":
    main()
```