

入試問題研究 第6回 2004年センター試験 第5問 (電気) 問題

A 図1のように、半導体ダイオードD、大きさ R の抵抗、電流計、電圧計、直流電源を接続した回路がある。半導体ダイオードDにかかる電圧と流れる電流の関係は、図2のように与えられる。ただし、a側の電位がb側に対して高い場合に電圧を正とする。

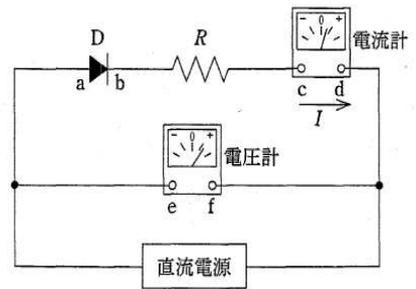


図 1

問1 電流計が電流 I を示し、電圧計が電圧 E を示すとき、半導体ダイオードDにかかっている電圧 V はいくらか。

問2 図1の回路において抵抗が $R=50 \Omega$ 、電圧計の読みが $E=3.0 \text{ V}$ のとき、半導体ダイオードDを流れる電流の大きさはいくらか。

問3 半導体ダイオードに関係した記述として適当でないものを選びなさい。

- ① 半導体を流れる電流の担い手は、p型では正孔、n型では電子である。
- ② 半導体を流れる電流の担い手が移動する方向は、電子では電流と同じ向きで、正孔では電流と逆向きである。
- ③ 半導体ダイオードには電流を一方向によく通す整流作用がある。
- ④ 半導体ダイオードはp型、n型の二つの半導体を接合して作ることが出来る。

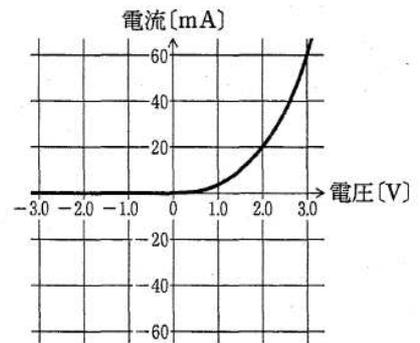


図 2

B 図3のような、起電力 E の電池、電気容量が C と $2C$ のコンデンサー、大きさ R の抵抗からなる回路がある。はじめスイッチ S_1 はともに開いており、コンデンサーに電荷は蓄えられていなかった。

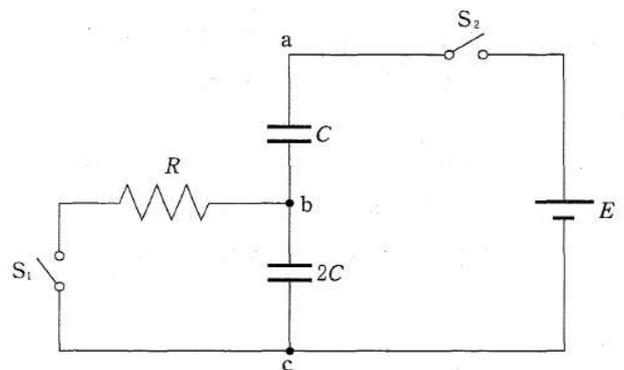


図 3

問4 スイッチ S_1 が開いているとき、点 a と点 c の間のコンデンサーの合成容量はいくらか。

問5 次にスイッチ S_1 を開いたまま、スイッチ S_2 を閉じた。このとき、点 b の点 c に対する電位はいくらか。

問6 次にスイッチ S_2 を開き、その後スイッチ S_1 を閉じた。このとき、二つのコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーの和は、問5の場合に比べてどうなるか。最も適当なものを選べ。

- ① 抵抗 R に電流が流れ、静電エネルギーの和は減少する。
- ② 二つのコンデンサーに蓄えられている電気量はどちらも変わらず、静電エネルギーの和は変わらない。
- ③ 回路が電源から切り離されたので、静電エネルギーの和は増加する。
- ④ 回路が電源から切り離されたので、静電エネルギーの和は変わらない。
- ⑤ エネルギー保存の法則により、静電エネルギーの和は変わらない。

入試問題研究 第6回 2004年センター試験 第5問 (電気) 解答・解説

A 電源の起電力から抵抗の電圧降下分だけ電圧が低下すること(教科書、問題集でおなじみ)

問1 抵抗による電圧降下は IR だから、ダイオードにかかる電圧は $V = E - IR$ になる。

※ 注意すべきところは、電流の向き、電圧の基準点の違いで符号が変わってくること! この場合、電流が右、電圧の基準点は f だ。

問2 抵抗が 50Ω 、電源電圧が $3.0V$ だから、 $V = 3 - 50I$ になり、これを図2に書き加えて(右図2)、グラフの交点を求めればよい。交点は $I = 20 \text{ mA}$ 、 $V = 2.0 \text{ V}$ になるから、ダイオードに流れる電流は 20 mA である。

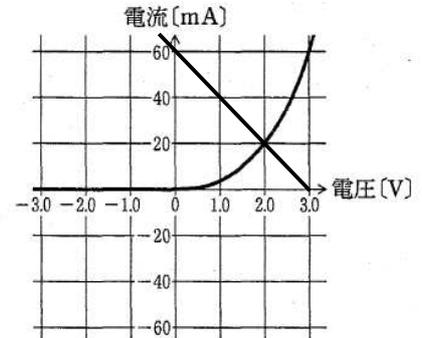


図 2

問3 半導体について重要事項をまとめてみる。(答えは明白)

(1) 半導体には、2つのタイプ「p型」、「n型」がある。

「p型半導体」とは、半導体素材(例えば珪素)の純粋なものに価電子数3の不純物をいれ、キャリア(電流の担い手)が正孔(ホール)となる半導体である。

「n型半導体」とは、半導体素材(例えば珪素)の純粋なものに価電子数5の不純物をいれ、キャリア(電流の担い手)が電子となる半導体である。

(2) ダイオードは「n型半導体」と「p型半導体」を接合して

作り、電流をp型側から、n型側にのみ流すことができる「整流作用」がある。

(3) ダイオードにかかる電圧と流れる電流は「オームの法則(電圧、電流が比例)」に従わない。ある一定以上の電圧がかかると電流は急激に増す。

B どこにでもある電気回路の問題。説明の必要がないほどだ。

問4 直列接続のコンデンサーの合成容量の公式 $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ より、 $\frac{1}{C'} = \frac{1}{C} + \frac{1}{2C}$ より、

2つのコンデンサーの直列接続したときの合成容量は $C' = \frac{2}{3}C$ である。

問5 電気容量が C のコンデンサーの電圧を V_1 、電気容量が $2C$ のコンデンサーの電圧を V_2 とする。2つの電圧の和が電池の起電力に等しいから $V_1 + V_2 = E$ が成立する。

また、コンデンサーの公式 $Q = CV$ と電気量保存の法則より、点 b 側の極板の電荷を合計するとゼロだから、 $-C \cdot V_1 + 2C \cdot V_2 = 0$ が成立する。これより、 $V_1 = \frac{2}{3}E$ 、 $V_2 = \frac{1}{3}E$ であ

る。したがって、上のコンデンサーの電圧が $\frac{2}{3}E$ 、下のコンデンサーの電圧が $\frac{1}{3}E$ になる。

なお、どちらのコンデンサーの場合も上側の極板のほうが電位が高い。

よって、点 b の点 c に対する電位は、 $+\frac{1}{3}E$ になる。

問6 スイッチ S_2 を開き(電池を切り離し)、スイッチ S_1 を閉じる(点 b と点 c が抵抗を通して接続される)。このことにより、下のコンデンサーに蓄えられていた電荷は抵抗を通して流れてなくなってしまう(コンデンサーのエネルギーがゼロになる)。一方、上のコンデンサーの電荷は動けない(変わらない)のだから、上のコンデンサーのエネルギーは変わらない。

1. 全体の静電エネルギーは減少している。(下のコンデンサーのエネルギーが無くなる)

2. 静電エネルギーの減少分は、抵抗に電流が流れることで熱エネルギー(ジュール熱)に変わっている。

以上の2点から答えは明白であろう。