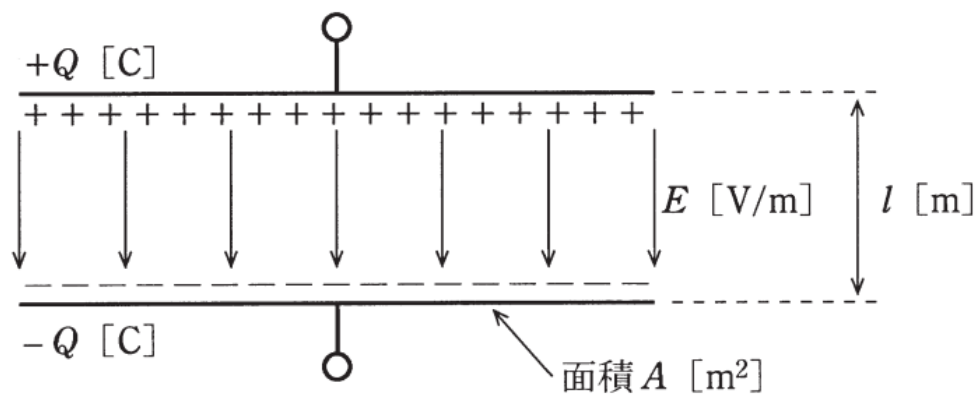


問1 図のように、真空中で2枚の電極を平行に向い合せたコンデンサを考える。それぞれの電極の面積 A [m^2]を、電極の距離を l [m]とし、端効果を見做す。このコンデンサに直流電圧源を接続し、電荷 Q [C]を充電したから電圧源を外した。この状態で、それぞれの電極を引き離し、電極の距離を長くする。このとき、コンデンサの静電容量は (ア) 。電極間に生じる電界は (イ) 。蓄えられる静電エネルギーは (ウ) 。

上記の記述中の空白箇所(ア)~(ウ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。



	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	減少する	変化しない	増加する
(2)	増加する	変化しない	増加する
(3)	減少する	減少する	増加する
(4)	増加する	減少する	減少する
(5)	減少する	減少する	減少する

問5 次の文章は導体と半導体の熱に対する性質に関する記述である。

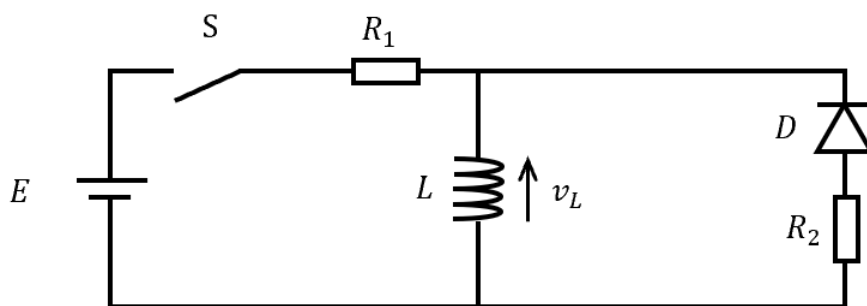
導体は温度が上昇すると電気抵抗が (ア)。一方、半導体は温度が上昇すると電気抵抗が (イ)。これは半導体が熱エネルギーを受け取ることで (ウ) ためである。この性質から、トランジスタなどの半導体デバイスを (エ) に接続する場合、1つの素子に (オ) が集中するに熱暴走に気をつけなくてはならない。

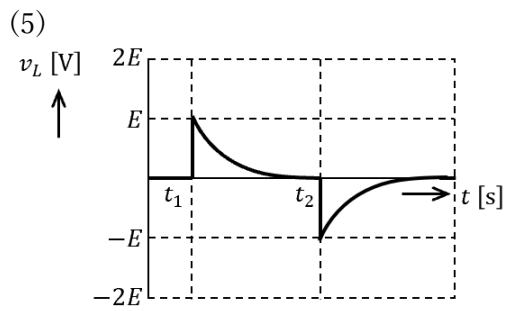
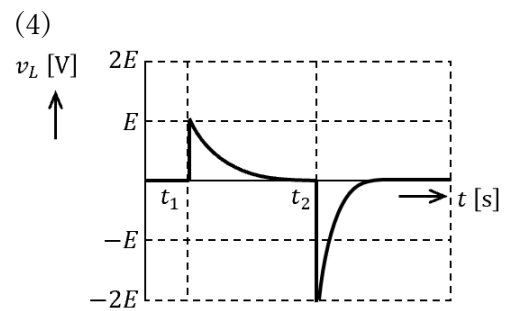
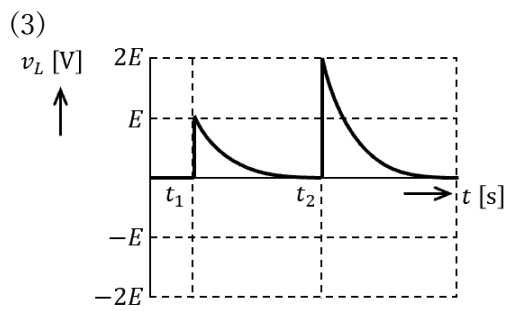
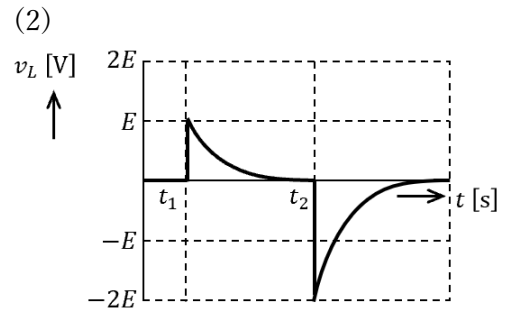
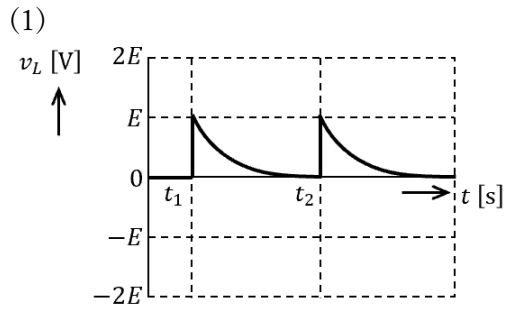
上記の記述中の空白箇所(ア)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	大きく	小さく	原子核の熱振動が 大きくなる	並列	電流
(2)	大きく	小さく	電子正孔対が 生成される	並列	電流
(3)	大きく	小さく	原子核の熱振動が 大きくなる	直列	電圧
(4)	小さく	大きく	電子正孔対が 生成される	直列	電圧
(5)	小さく	大きく	原子核の熱振動が 大きくなる	直列	電圧

問 10 図のように、直流電源と E [V]、 R_1 [Ω]と R_2 [Ω]の抵抗、インダクタンス L [H]のコイル、ダイオード D とスイッチ S からなる回路がある。スイッチ S の初期状態は、開いているものとする。時刻 $t = t_1$ [s]でスイッチ S を閉じ、その後、十分に時間が経過した時刻 $t = t_2$ [s]でスイッチ S を再び開く。このとき、コイルの端子電圧 v_L [V]の波形を示す図として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、2つの抵抗は $R_2 = 2R_1$ の関係を満たすものとする。電源の内部インピーダンスは零とする。回路に流れる初期電流は零とする。また、ダイオード D での電圧降下と電力損失は無視できるものとする。





問1 Ans. (1)

平行平板の静電容量は以下の式で表せる。

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{l}$$

電極間距離を l から $l + \Delta l$ に変化させることを考える。このとき、静電容量は、

$$C' = \epsilon_0 \frac{A}{l + \Delta l}$$

となり、分母の値が大きくなるため、静電容量は減少する。

電極間距離は変化しても、平板に蓄えられる電荷量 Q は変化しない。

電極間距離変更後の電極間の電圧 V' は

$$V' = \frac{Q}{C'} = \frac{Q}{\epsilon_0 \frac{A}{l + \Delta l}} = \frac{Q(l + \Delta l)}{\epsilon_0 A}$$

となる。このとき、電極間の電界 E' は

$$E' = \frac{V'}{l + \Delta l} = \frac{1}{l + \Delta l} \times \frac{Q(l + \Delta l)}{\epsilon_0 A} = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$$

となり、電界 E' は電極間距離に依存しないことから、変化しない。

また、静電エネルギーは、

$$W' = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{\epsilon_0 \frac{A}{l + \Delta l}} = \frac{1}{2} \frac{Q^2(l + \Delta l)}{\epsilon_0 A}$$

となり、電極間距離が大きくなると、静電エネルギーは増加する。

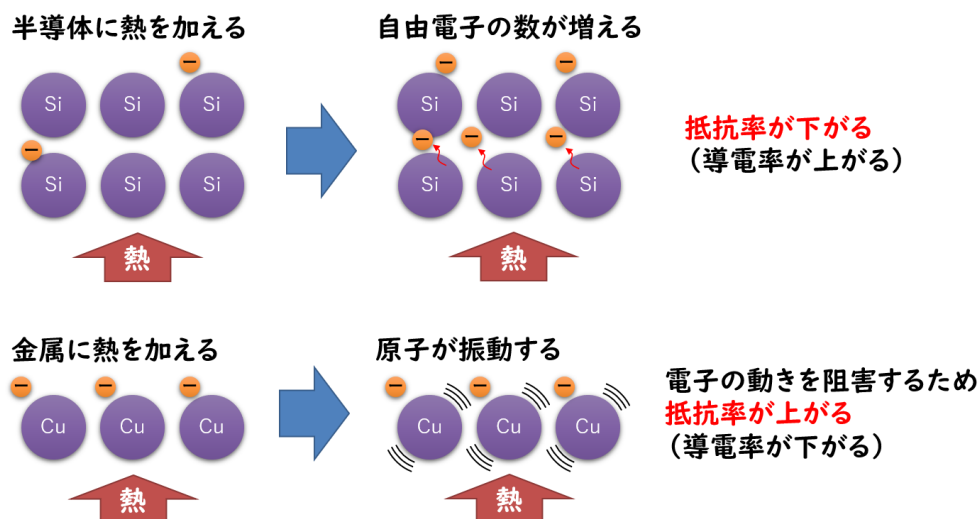
問5 Ans. (2)

導体は温度が上昇すると、電気抵抗が増加する。

これは、導体中の原子核が熱エネルギーを吸収した熱振動が大きくなることで、電子の運動を抑制するためである。

半導体は温度が上昇すると、電気抵抗が減少する。

これは、半導体の最外殻電子が熱エネルギーを吸収し、原子核から離れ自由電子となるためである。このとき、離れた電子の穴が正孔となり、電子正孔対が生成される。



半導体素子を並列に接続し、一つの素子に少し多めに電流が流れると、その素子だけ温度上昇が大きくなる。ここで、温度上昇により、その素子の抵抗が下がると、素子に流れる電流はさらに大きくなる。その結果、温度上昇しながら一つの素子に電流がどんどん集まる。この現象を熱暴走という。

問 10 Ans. (4)

コイルは電流の一定にするように逆起電力を発生する。時刻 t_1 でスイッチ S を閉じると電流が零の状態を維持しようとコイルは逆起電力 v_L を発生する。このとき、逆起電力 v_L は電源電圧 E と一致する。逆起電力 v_L は時間とともに減衰していき、その時定数 τ_1 は、

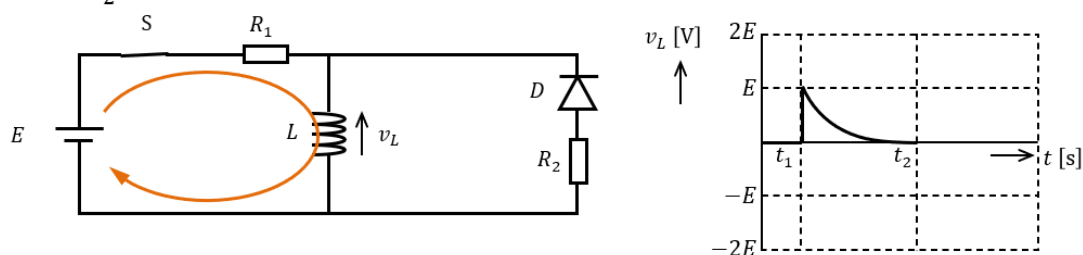
$$\tau_1 = \frac{L}{R_1}$$

と表せる。また、時刻 t_2 では定常状態となり、コイルの逆起電力 v_L は零となる。このとき回路に流れる電流 i は、

$$i = \frac{E}{R_1}$$

となる。

$t_1 < t < t_2$



時刻 t_2 でスイッチ S を開くと、コイルは電流 i を維持するように逆起電力を発生する。この値は、

$$v_L = R_2 i = R_2 \frac{E}{R_1} = 2R_1 \frac{E}{R_1} = 2E$$

となる。また、S を開くと、電流のループ状に電源が無くなるため、コイルが電源となって逆起電力を出力する。その結果電圧の向きは回路図中の下向き（負の方向）となる。また、時定数 τ_2 は、

$$\tau_2 = \frac{L}{R_2} = \frac{L}{2R_1} = \frac{\tau_1}{2}$$

となり、時刻 t_1 から t_2 までの変化に比べてスイッチ S を開いた後の逆起電力 v_L の減衰は短い時間で零に近づく。従って、時刻 t_2 以降の逆起電力 v_L の変化は以下の図のようになる。

$t > t_2$

