

渉先生からの挑戦状 ~逆電流で点灯するLEDの謎~

山形中央高等学校生物部

はじめに

科学専門部生徒講習会「サイエンスジャンボリー」で、山形大学工学部電気・電子通信コースの成田克先生より、半導体の不思議について教わった。これを話したところ本校物理の高橋渉先生より、変な回路を紹介された。本来半導体である発光ダイオードは順方向に回した場合、発光し、逆方向では発光しない。これは電源をハンドジェネレーターにしても同じである。ところが発光ダイオードと並列に導線を1本加えると、わずかだが逆方向でも点灯した。これに関して、私たちは2つの仮説を立てて考えた

@ 仮説1

導線にも抵抗があり、電圧分割を生かすつなぎ方で、順方向に流れる電流成分が発生する

@ 探求方法

- 1 電圧分割であるため、直流でも点灯する
- 2 回路の一部に抵抗を加え、さらに点灯できる

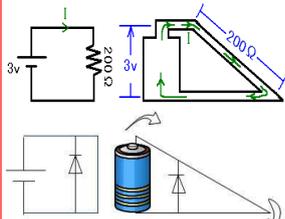
@ 結果

- 1 逆方向の直流では点灯しなかった。
- 2 抵抗を加えても、点灯しなかった。

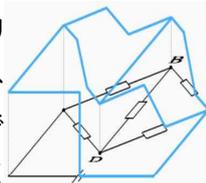
@ 考察

点灯しない理由は水流モデルから考察できる
左図は水流モデルで、電池が水を揚げるポンプ。抵抗が「斜面」のイメージである。この方法で作図するとこの状態では、「斜面」傾斜をどう変えても、すなわち回路に抵抗を加えても下から上へ水は流れないと考えられた。すなわち抵抗による電圧分割では発光ダイオードは逆電流で光らないと分かった。

尚、右図はホイートストンブリッジの水路モデルだ。ホイートストンブリッジが出来る環境であれば、図のBとDを流れる電流の電位差でB→DにもD→Bにも流れると期待できる。しかし上に示すように本回路ではブリッジができなかった。最後に、電池の内部抵抗を回路内抵抗と仮定し、キルヒホッフの法則を適用して計算したが、解は得られなかった。



左図は水流モデルで、電池が水を揚げるポンプ。抵抗が「斜面」のイメージである。この方法で作図するとこの状態では、「斜面」傾斜をどう変えても、すなわち回路に抵抗を加えても下から上へ水は流れないと考えられた。すなわち抵抗による電圧分割では発光ダイオードは逆電流で光らないと分かった。



仮説2

ハンドジェネレータは最大7.5Vの脈流なので、電流が途切れた瞬間発光ダイオードと並列に加えた導線間で、誘導電流が流れる。

探求方法

- 1 誘導電流は高圧なので、ネオン管が点く。
- 2 誘導電流であれば発光ダイオードと並列にコイルを置くと発光が強くなる

@ 結果

発光ダイオードは点灯した。

- 1 ネオン管に代え、デジタルメーターで測定した結果、最大0.1Vの逆電位を計測した。
- 2 コイルを置くと、最大4.5Vの逆電位だった。

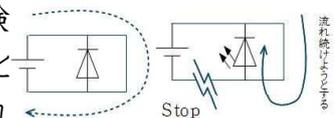
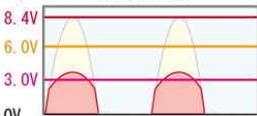
@ 考察

右図は自転車ダイナモの波形である。脈流は右図のように突然流れが断たれる。このとき、水道の水を突然止めたときのように、水は流れようとし、高圧を発生する。電流も同様に振る舞い誘導電流と呼ばれ、コイルで誘導電流は増加する。本実験の回路で考えると点線のように流れていた電流が、流れを断たれた瞬間実線の経路でLEDに誘導電流を流すことになる。このため、逆電位でも点灯したと考えられる。

最後に

コイルを置かない場合、0.1Vで点灯したことはおかしい。しかし、誘導電流は瞬間的で、今ある機器では測定できなかったと考えている。

ダイナモの出力波形(模式図)



流れ断たれる