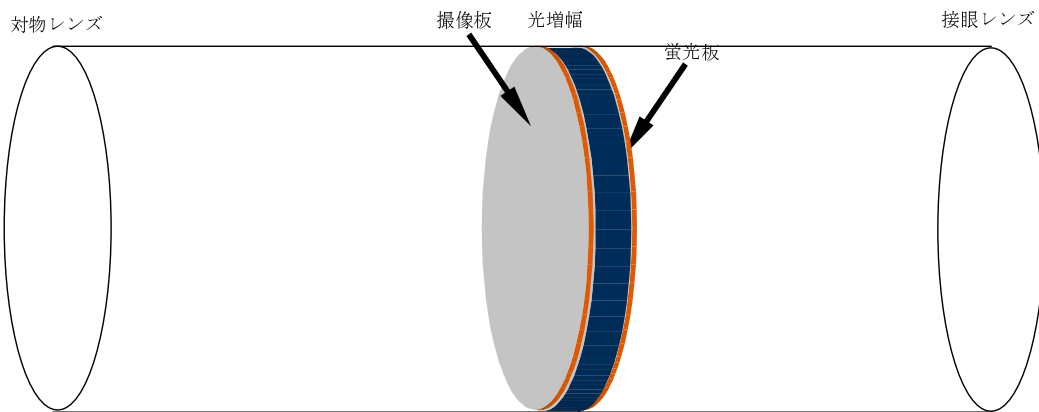


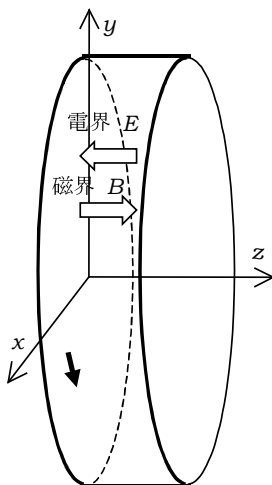
暗視スコープの原理

1970年代にベトナム戦争¹が起こった。南ベトナム政府軍、アメリカ軍の「南勢力(以下、南と呼ぶ)」と南ベトナムの反政府軍・北ベトナム軍の「北勢力(以下、北と呼ぶ)」の戦争であった。この戦争では近代兵器を導入した「南」が土着の旧式の武器を使う「北」に敗北した。暗いところで物を見ることは難しい。夜間のジャングルでの戦闘では暗闇を見とおす能力が必要になる。「北」のゲリラは日常生活の中で暗さに慣れているため夜目が利き暗闇でも相手が見えた。しかし、日常生活で電灯に慣れた「南」の軍隊は夜目が利かず戦いに不利であった。それに対抗するため科学技術に優れた「南」は敵軍探知のため「暗視スコープ」を開発した。この「暗視スコープ」で使った物理的な原理は、磁界・電界の中の電子の運動に関するものであった。「暗視スコープ」の構造は次の図に示すようなものであった。



対物レンズで作られた撮像板の上の実像が結ばれる。その位置でアインシュタインの光電効果を利用してその実像位置にやってきた光子が撮像板に光電子を作り出す。この光電子が光増幅部に飛び出し、そこでエネルギーを増強される。エネルギーを十分にもらった電子が蛍光板に衝突して光を出す。蛍光板の上には撮像板にできる実像に対応した明暗が作られる。それを接眼部分で見ることになる。この装置の撮像板、光増幅、蛍光板の3つの部分は電子が動けるように真空容器の中に入れてある。

光増幅部の仕組み → 磁界と電界が同じ方向にかかる空間での電子の運動



光増幅部の厚さを D [m]、半径 R [m] とし、円周部分にはコイルが n 回巻かれている。このコイルに I [A] の電流を流す。また、撮像板、蛍光板の外側には透明電極がつけられ、増幅部の両端に電圧が V [V] が加えられているとする。

増幅部の電界は $E = \frac{V}{D}$ [V/m]、磁界の磁束密度²は $B = \mu_0 H = \frac{\mu_0 n I}{D}$ [T] または [Wb/m²] である。この電界、磁界の中で電子が運動する。

磁界 B [T] が右向き、電界 E [V/m] が左向きにかかっている空間に装置の中心軸に対して垂直方向成分が v [m/s] の速度で入射してきた電子(質量 m [kg]、電気量 $-e$ [C]) の運動を考える。

中心軸方向 (z 軸) では、電界からの力の大きさが $f_E = eE$ [N] で右向きである

¹ ベトナム戦争 19??年~19??年、資本主義世界と共産主義世界の代理戦争。

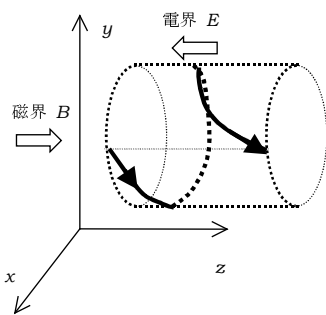
² 電流が作る磁界 ソレノイドが作る磁界の強さは $H = nI$ [A/m] (n は単位長さあたりの巻数) である。

ので、 $f_E = -eE = ma_z$ を満たす加速度 $a_z = -\frac{eE}{m} = -\frac{eV}{mD}$ の等加速度運動になる。

中心軸に垂直な面内 (xy 平面上) では、磁界からの力の大きさは $f_M = evB$ [N] で進行方向 (中心軸) に垂直方向である。したがって、ローレンツ力が向心力となるため、 $f_M = evB = \frac{mv^2}{r}$ を満たす半径 r [m] の円運動

になる。この円運動の半径は $r = \frac{mv}{eB}$ 、周期は $T = \frac{2\pi m}{eB}$ である。これは、「**電子の速度に関係なく周期が**

$T = \frac{2\pi m}{eB}$ **の一定になる円運動である**」ことを示している。



両運動をあわせて考えると、光電子は「等速円運動をしながら、 z 軸向きには等加速度運動をする」ので、螺旋のピッチがだんだん大きくなる螺旋運動になる。

光のエネルギーは小さいので光電効果で飛び出してくる光電子の初速度はほとんどゼロと見なせる。したがって、中心軸方向の等加速度運動の初速度はゼロとしてよい。また、円運動の1周期 $T = \frac{2\pi m}{eB}$ の時間経過したとき、中心軸

方向に D [m] 進んでいるように調節すると、撮像板を出た光電子は x, y 平面内で1回転して蛍光板の撮像板に対応する同じ位置に相当する蛍光板上に衝突しその部分を光らせることになる。

そのときの増幅部のコイルの電流 I 、透明電極の電圧 V とすると、 $\frac{1}{2} \times \frac{eV}{mD} \times \left(\frac{2\pi mD}{\mu_0 enI} \right)^2 = D$ が成立すれ場

良い。したがって、透明電極の電圧を $V = \frac{\mu_0^2 en^2 I^2}{2\pi^2 m}$ になるようにすると、撮像板に出来た実像と同じ像が蛍

光板に作られる。当然、その像の明るさは加速電圧から光電子がもらったエネルギーの分 $U = eV$ に相当する光子を出すので明るい像ができるのである。したがって、蛍光板にできる像を明るくするには、増幅部のコイル

に流す電流 I を増やし、透明電極の電圧を $V = \frac{\mu_0^2 en^2 I^2}{2\pi^2 m}$ にすると良い。

参考 最近の技術では、このような電界、磁界などを使わないで、半導体の光電素子 (フォトエレクトロニクスデバイス) である CCD³ などを利用した暗視スコープが主流である。最近はこの CCD が赤外線にも感じることから、人間には見えない赤外線を補助光源としたビデオカメラのナイトショット機能がある。

³ CCD

1[cm²]程度の半導体の表面を数10万個から数100万個の極微小な領域 (画素) に分割し、この小さな画素にあたった光による太陽電池と同様の原理で発電する電気をためる。発電された量から画素ごとの明るさを読み出す光電デバイス。この光電素子はビデオカメラ、デジタルカメラ、コピー機など多方面で利用されている。