

電気四重極の電極電圧を PWM により制御した誘電泳動細胞操作

上村泰広*、須田隆夫*
(*鹿児島工業高専 電気電子)

1 はじめに

再生医療やバイオテクノロジーの分野では、細胞の選別や操作を必要とする。選別、操作にはセルマニピュレーターや光ピンセットが使われているが、これらの装置は機械要素が多く大型で高価格である。そこで、低価格で小型な細胞操作法の実現を目指して、我々は負の誘電泳動力を利用した細胞操作デバイスの開発に取り組んでいる。これまで、微小な平面電気四重極の各電極に印加する交流電圧を変化させることにより電界の極小点を移動させ、そこに捕捉された細胞を操作することに成功している。^[1]

今回、電極電圧の制御を容易にする方法として、印加電圧を変化させるのではなく、振幅一定の入力電圧を PWM 制御によって印加時間により制御する手法を考案した。

2 原理

図 1 のような回路において $sw1$ と $sw1'$ は連動している。 $sw1$ 、 $sw1'$ が on となると電気四重極の①-②端子間に正弦波電圧が印加され、他の端子はフローティング状態となる。 $sw2$ 、 $sw3$ もそれぞれ $sw2'$ 、 $sw3'$ に連動していて、on 時間は②-③端子間、③-①端子間に正弦波電圧が印加される。

$sw1$ が on のとき、①-②端子間には図 1 に示すような電気力線と、矢印の向きの誘電泳動力が発生する。また、 $sw2$ が on のときは②-③端子間に、 $sw3$ が on のときは①-③端子間に同様の誘電泳動力が発生する。これらの動作を周期的に切り替えることで、細胞に異なる方向の誘電泳動力が連続して働き、細胞は移動する。PWM 制御で各スイッチの on 時間を調整することで、異なる向きの誘電泳動力の働く時間が変わり、細胞の位置を制御できる。

3 実験方法

PWM 制御によって細胞の操作が可能であることを確かめるため、図 1 の制御回路を用いて実験を行った。操作する対象にはヒト赤血球をリン酸緩衝液に懸濁したものをを用いた。

図 2 に示す四電極のうちの三電極(電極①、②、③)に PWM 制御した交流電圧を印加し、残りの電極はフローティング状態とした。電極間電圧は約 $V_p = 2.5[V]$ の正弦波電圧(2[MHz])とした。図 3 に示すようにスイッチの on 時間を調整した。ここで周期 T は約 $300[\mu s]$ である。

PWM 電圧のデューティ比をそれぞれ変化させ、点状の細胞の移動を顕微鏡により観察した。

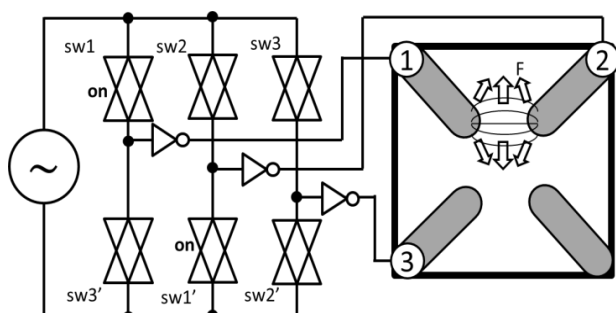


図 1 PWM による電極電圧制御回路

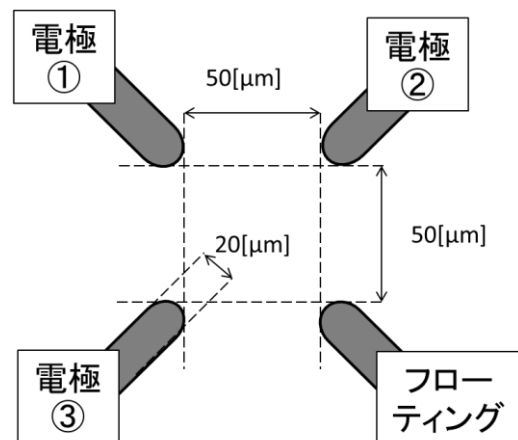


図 2 四重極電極の形状

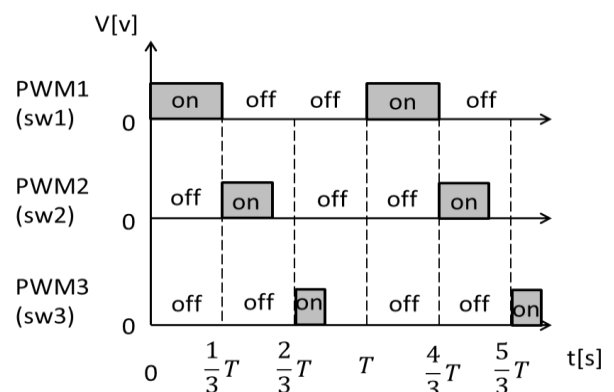


図 3 スwitching のタイムチャート

4 結果

各スイッチの on 時間のデューティ比を全て同じ値に設定した時、細胞は図 4 のように操作範囲中央から端子①方向に少しずれた座標で捕捉された。今回、PWM 制御によって細胞の捕捉が可能であることが確認出来た。今後は、各スイッチのデューティ比を個別に変化させた場合の捕捉位置について検討する予定である。

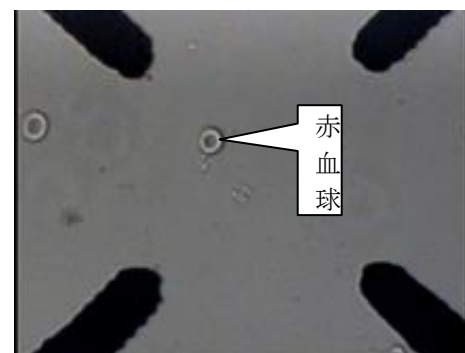


図 4 細胞の捕捉例

参考文献

- [1] 岩田、須田、井上:平成 23 年度 電気関係学会九州支部連合大会 講演予稿集 07-1P-12