

高速ソレノイドバルブ駆動回路の作製

高知工科大学 システム工学群 電子工学専攻
八田・古田研究室 1150092 谷添 一登

1. 背景と目的

プラズマ CVD (気相化学堆積) 法により CH_4 などのガス原料からダイヤモンド薄膜が合成されるが、品質向上には成膜速度を低下させる必要があり、実用化の課題である。筆者らは品質と成膜速度を両立させる方法として、従来の連続ガス供給に代えて、原料ガスや放電ガスのパルス導入を試みている。常温でガス分子の速度は空気中の音速程度 (約 300m/s) であり、 10ms ではガスの飛行拡散距離が 3m となるため、直径数 10cm の反応容器内に均一拡散してしまう。バルブの開時間を 0.1ms 程度まで短くすると飛行拡散距離は 3cm で、バルブ近傍でガスの粗密波を誘起できる。本研究は市販高速パルスバルブ (以下、ソレノイドバルブ) を 1ms 以下の開時間で駆動することを目的とする。

2. ソレノイドバルブと駆動回路

ソレノイドバルブは Parker 社製 Series9 (定格電圧 28V , 定格電流 0.4A , 最小駆動時間 $160\mu\text{s}$) で、ソレノイドの自己インダクタンス L と内部抵抗 r を実測するとそれぞれ $L = 156\text{mH}$ と $r = 71.8\Omega$ であった。

作製した駆動回路を図 1 に示す。従来使用されていた駆動回路から改良した部分を赤枠で示す。HV1 と HV2 を印加し、立ち上がり、立ち下がりブースターとした。HV1 と HV2 をともに 0 としてブースターを用いない場合と、ともに 150V に設定した場合で動作の比較を行った。

制御パルスのパルス信号を 10ms , 周波数 1Hz とした場合の電流波形をそれぞれ図 2, 図 3 に示す。電流波形は電流検出抵抗 R1, R2 の電圧降下としてオシロスコープで測定した。また、制御パルスのパルス信号を 1Hz としパルス幅を変化させた時の、1 秒間のガス流量の変化を測定した結果を図 4 に示す。

3. 結果と考察

図 2 のように電流波形は立ち上がり開始から約 5.04ms に負パルス、立ち下がり開始から約 5.72ms に正パルスのパルス電流が重畳している。重畳するパルス電流はバルブの機械的な開閉動作による誘導起電力の影響と考えられ、開動作に 5.04ms , 閉動作で 5.72ms の遅れ時間があることが分かる。図 3 では立ち上がり開始から約 1.56ms で負パルス電流が現れ、ブースターありの場合、高速で開動作していることがわかる。立ち下がり波形は急峻で閉動作と考えられる正パルスは同じスケールでは観測されなかった。

図 4 のようにブースターなしの場合は 3.3ms のパルス信号でガス導入を確認できなかった。HV1 と HV2 を 150V とした時は、 3.3ms 以下のパルス信号でもガス導入を行うことができ、 1ms 以下のパルス信号でもガス導入を確認できた。

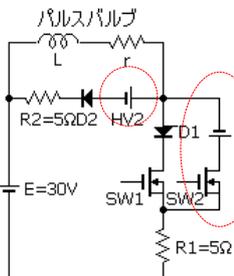


図 1 駆動回路

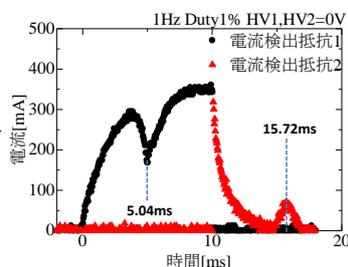


図 2 ブースターなし

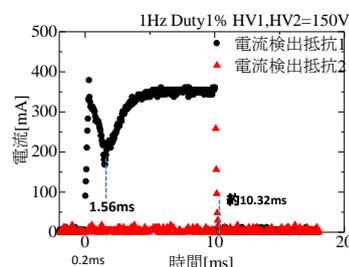


図 3 ブースターあり

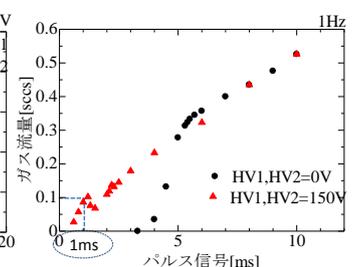


図 4 流量測定結果

4. まとめ

高速ソレノイドバルブの電流の立ち上がりと立ち下がり的高速化する駆動回路を作製し、開閉動作の遅れ時間が短縮されることを確認した。HV1 と HV2 の印加によって、 1ms 以下のパルス信号でガス導入することができた。