

高信頼性トリガギャップスイッチにより大気中で 発生する12路並列放電アークの写真観察

都立高専

相沢 友勝

報告内容

1. 背景・問題点・目的
2. スイッチの動作原理・特徴
3. 放電装置・アーク観察方法
4. アーク観察結果
5. まとめ

背景 (1)

- 放電ギャップスイッチは、例えば電圧数kVに充電したコンデンサ電源から、低抵抗の負荷コイルへ数10kA以上の放電電流を瞬間的に流すスイッチなどとして使用される。
- コイルで発生する高密度磁束を、電気部品用金属材料へ急激に加え、発生する電磁力で、電磁圧接(溶接)や電磁成形(加工)が行われる。
- 電磁圧接では、低温状態のまま圧接接続できる。穴あけ(打ち抜き)加工では、パンチが不要になる利点がある。

放電装置・放電ギャップスイッチの例

充電部分

放電ギャップスイッチ

圧接・成形用コイル



コンデンサ電源

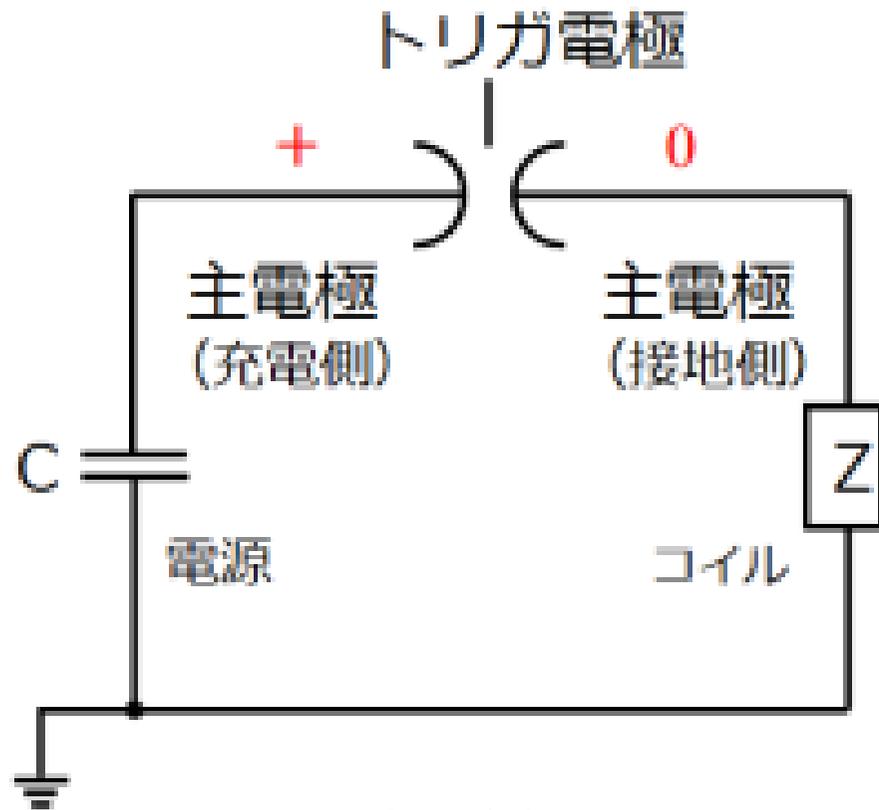


背景・問題点 (2)

- 放電ギャップスイッチの多くは、扱い易いが、信頼性が低い。例えば、通電するエネルギーが増加すると、電極の消耗が激しく、保守などの回数が多くなる。
- 対策として、スイッチの各電極を並列に使用し、並列にアーク放電(通電)できれば、各電極あたりの通電エネルギーが少なくなり、信頼性が向上する。

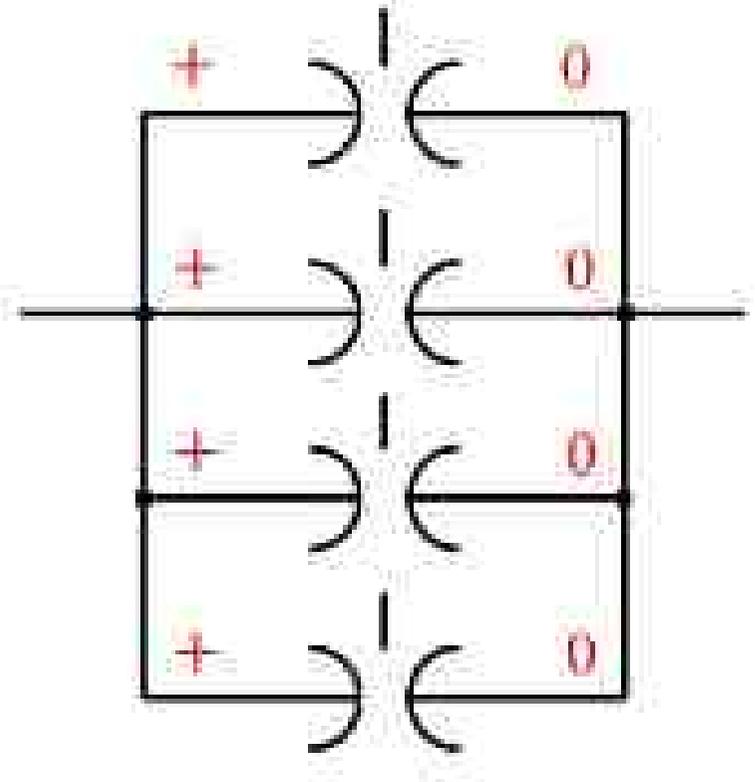
放電ギャップスイッチ並列使用例

ギャップスイッチ単独使用



電極の消耗が激しく、保守、調整などの回数が多くなる。

ギャップスイッチ4並列使用



電極の消耗が減少し、信頼性が向上する。

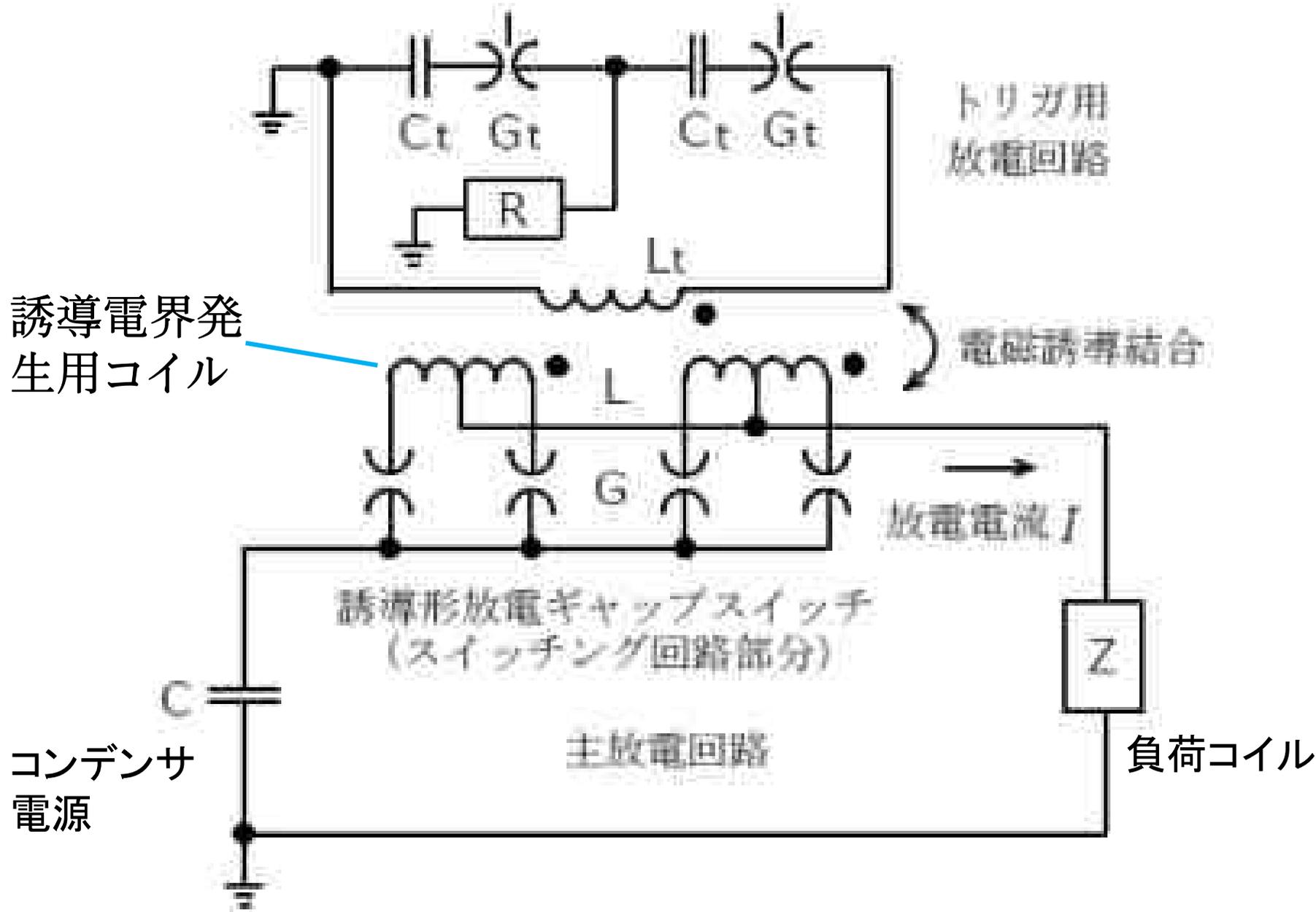
背景・問題点・目的 (3)

- しかし、多数並列に接続された放電スイッチの主電極間を全て放電短絡させるには、各放電スイッチ間の相互干渉を防いだり、スイッチ主電極を真空中に設けるなどの工夫、改良が必要である。
- ここでは、誘導形放電ギャップスイッチと呼ばれるギャップスイッチを用い、12路の並列放電アークを大気中で発生させ、写真観察する。このスイッチの高信頼性を確かめることが目的である。

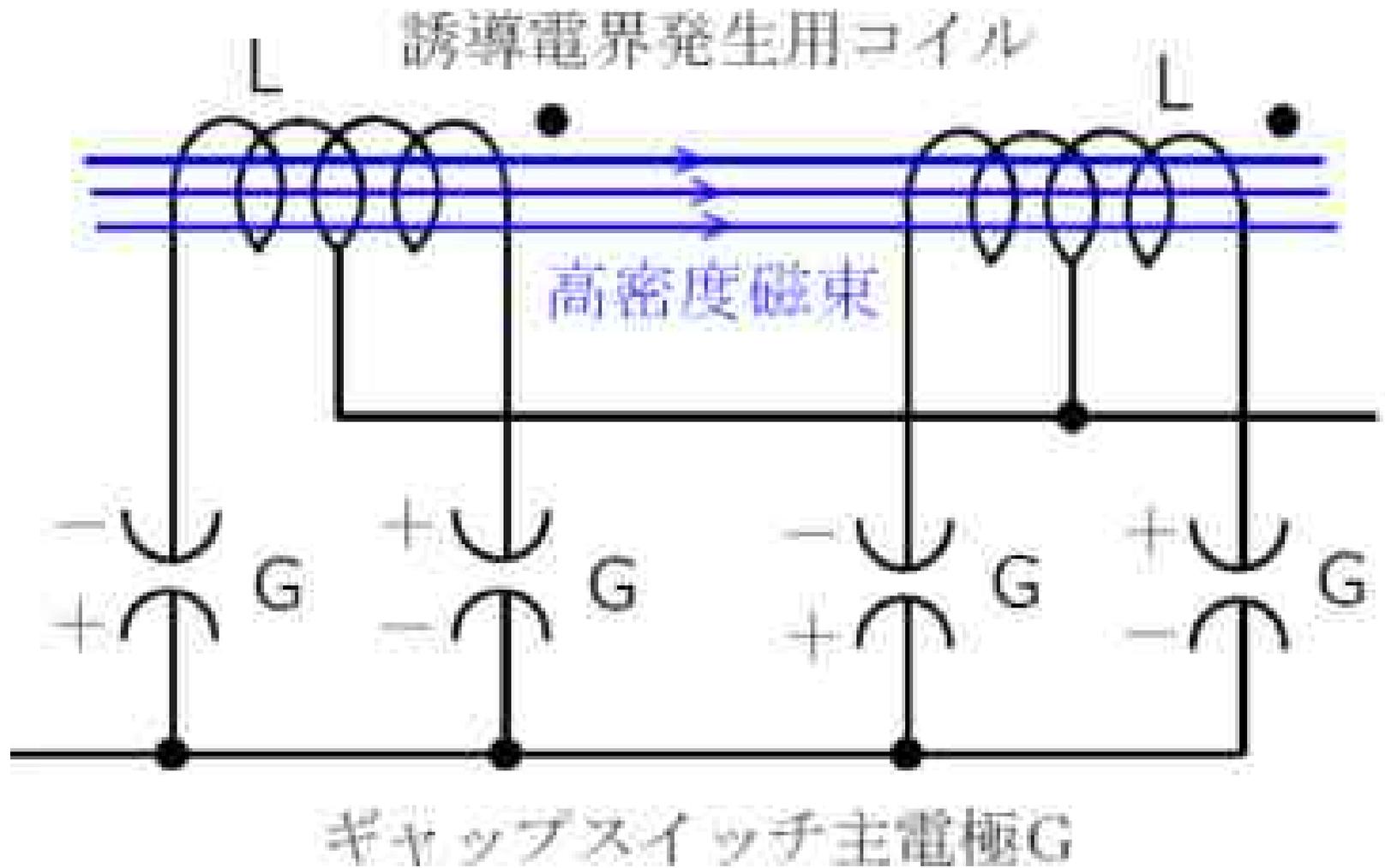
報告内容

1. 背景・問題点・目的
2. スイッチの動作原理・特徴
3. 放電装置・アーク観察方法
4. アーク観察結果
5. まとめ

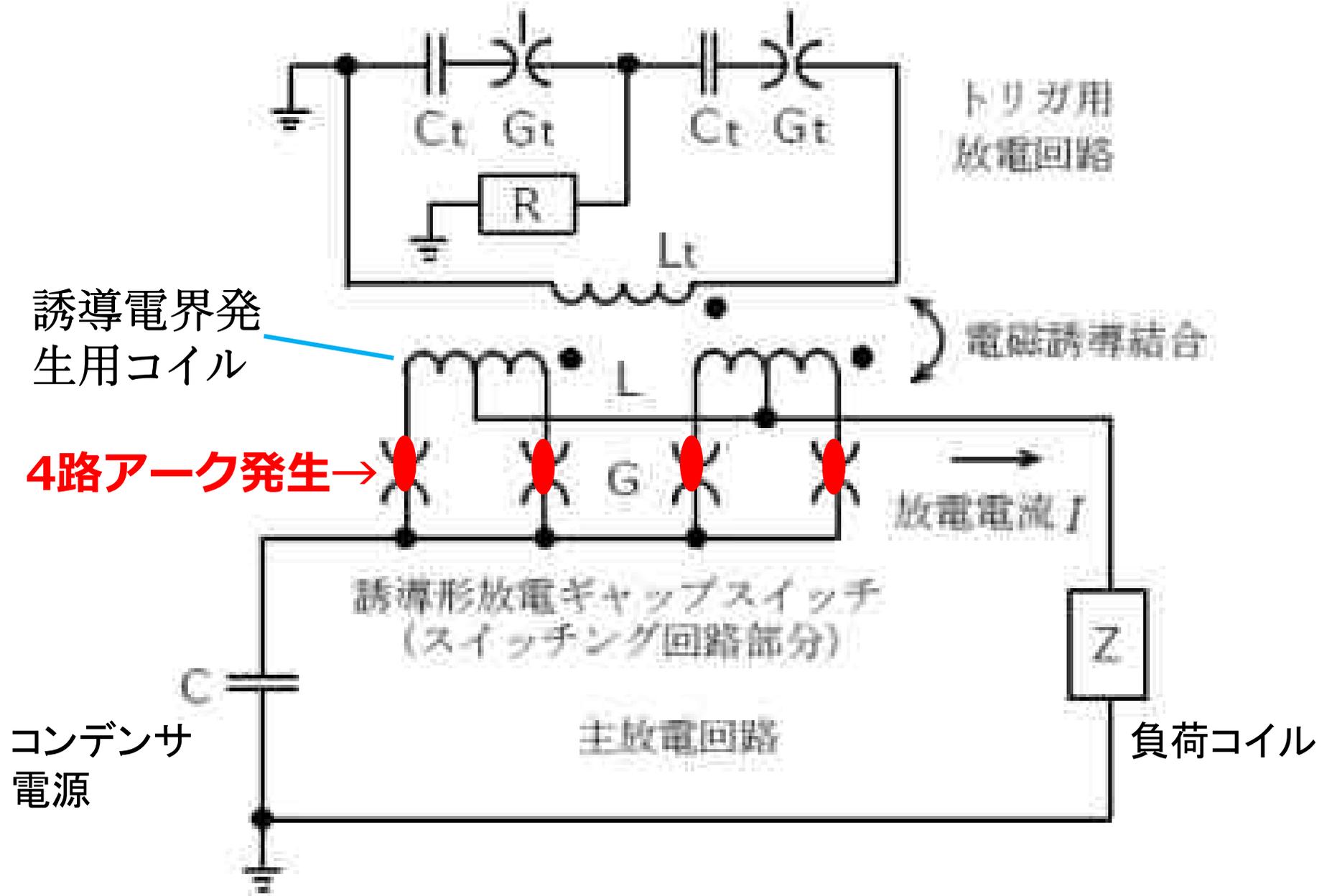
誘導形放電ギャップ（並列4路アーク発生）動作原理説明図



スイッチ主電極G(4並列)に誘導電界で発生する電圧



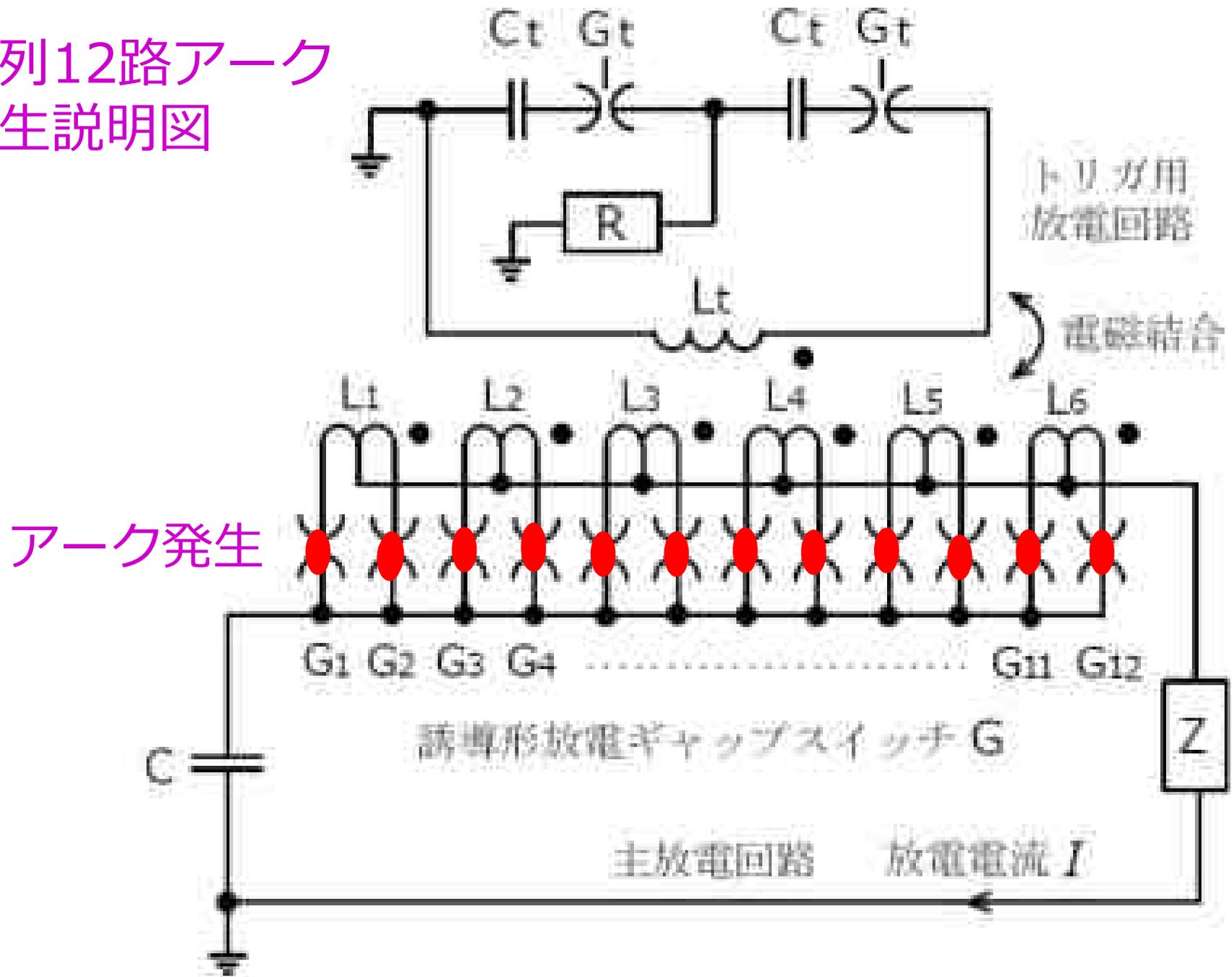
誘導形放電ギャップに並列4路アークが発生する



誘導形放電ギャップスイッチの特徴

- (1) 主電極にトリガ用電極がない
- (2) 誘導電界発生用コイルLがある
- (3) コイルLで発生する電圧で主電極間を放電させる
- (4) コイルLは主電極間の相互干渉を防ぐ
- (5) コンデンサ電源からコイルLに流れる放電電流はコイルLのインダクタンスを打ち消すように流れる
- (6) 大気中で放電アークを多数並列に発生できる

並列12路アーク
発生説明図



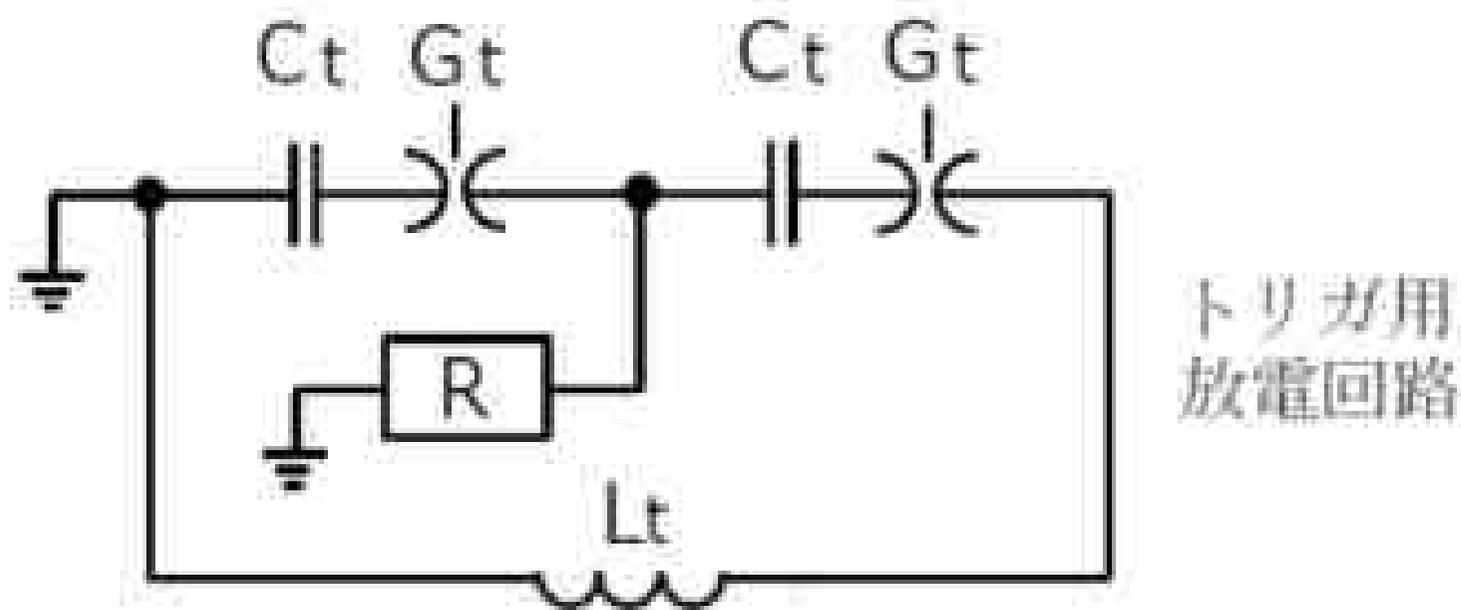
報告内容

1. 背景・問題点・目的
2. スイッチの動作原理・特徴
3. 放電装置・アーク観察方法
4. アーク観察結果
5. まとめ

コンデンサ放電装置定数

トリガ回路

コンデンサ (C_t) 容量	約 $0.06 \mu F$
コンデンサ充電電圧	10 数 kV
回路インダクタンス	約 $0.2 \mu H$



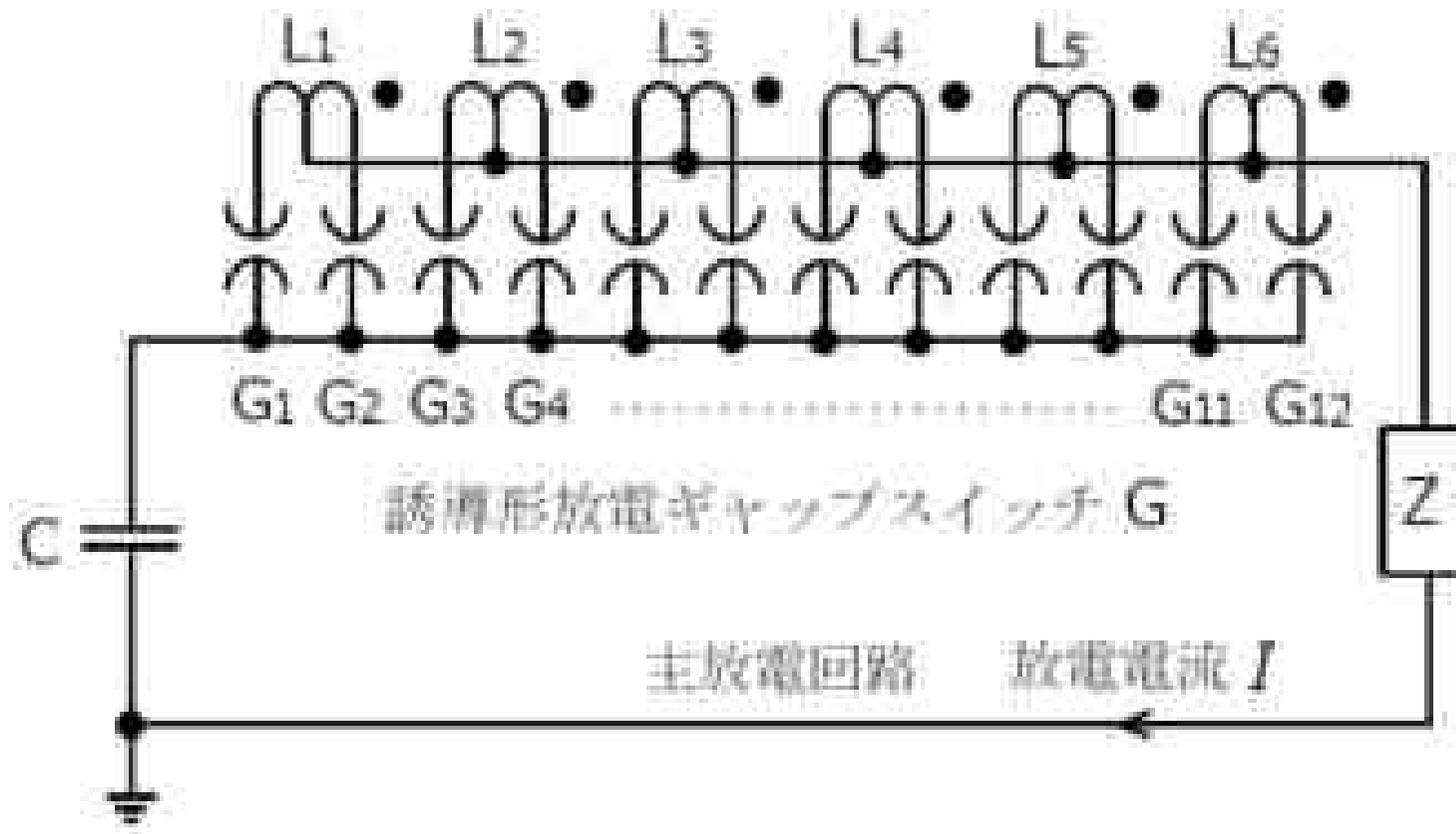
コンデンサ放電装置定数

主放電回路

コンデンサ(C)容量 $200 \mu F$

コンデンサ充電電圧 $5kV$

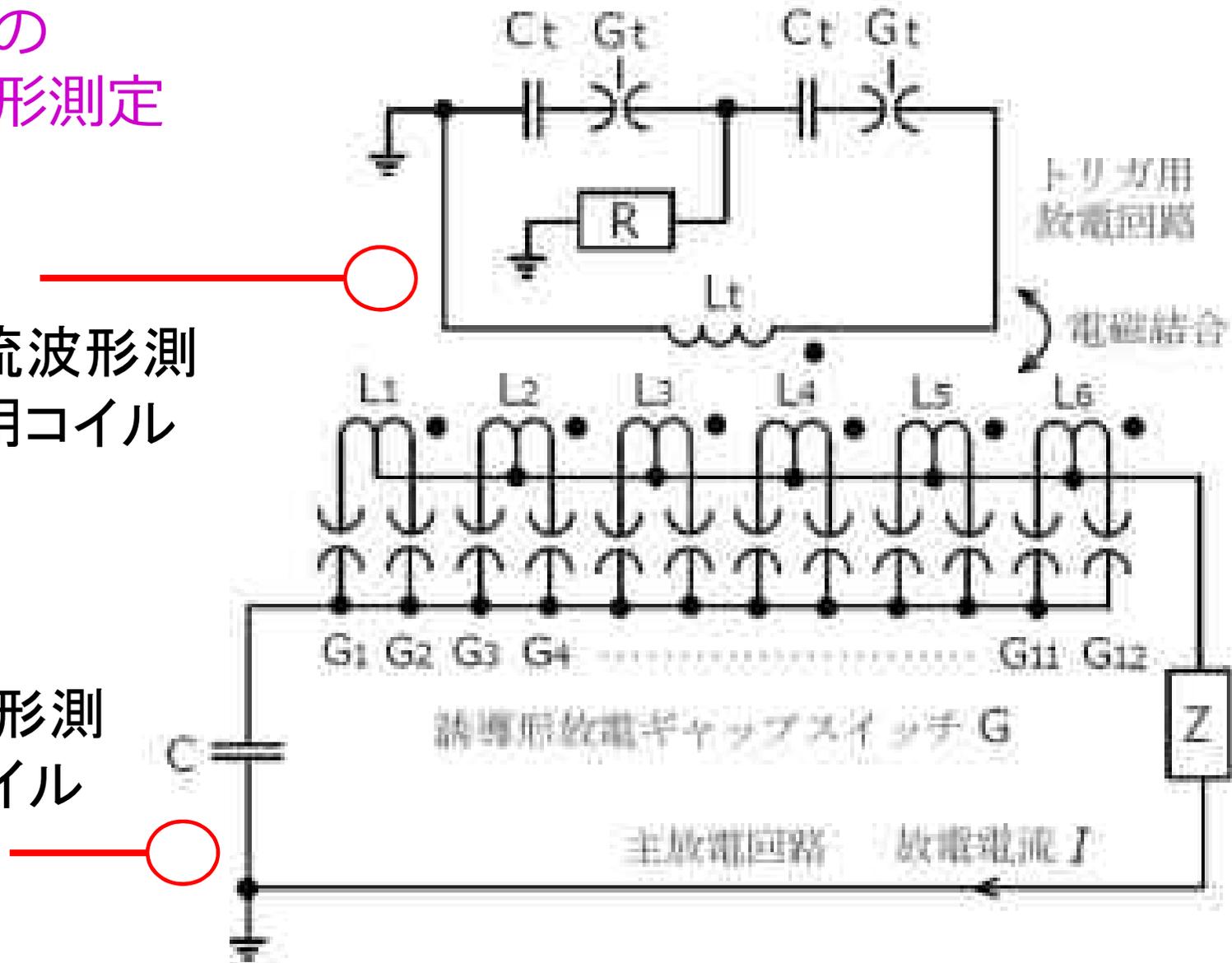
インダクタンス(L1~L6) 約 $2 \mu H$



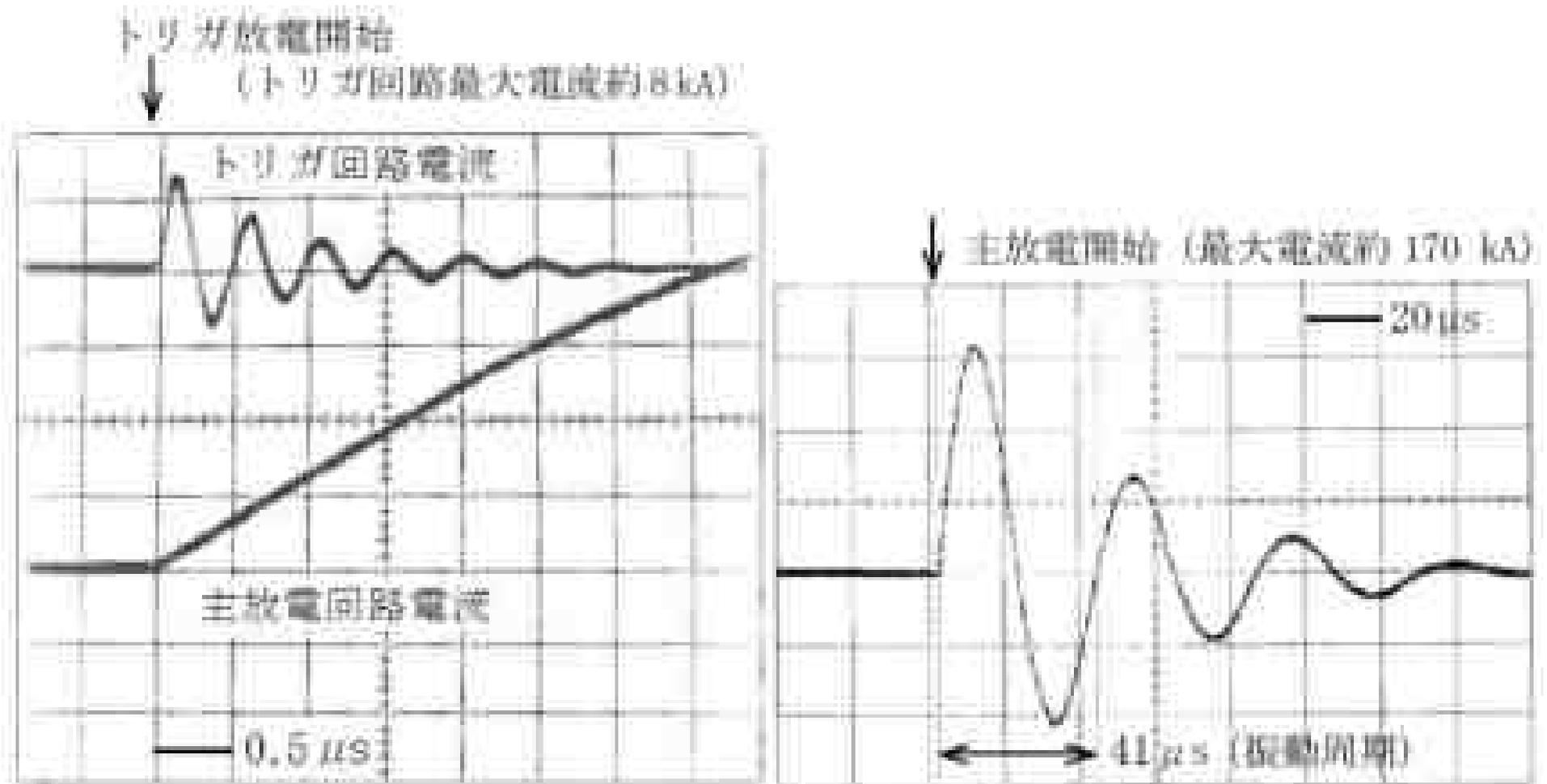
並列12路アーク
発生時の
電流波形測定

電流波形測
定用コイル

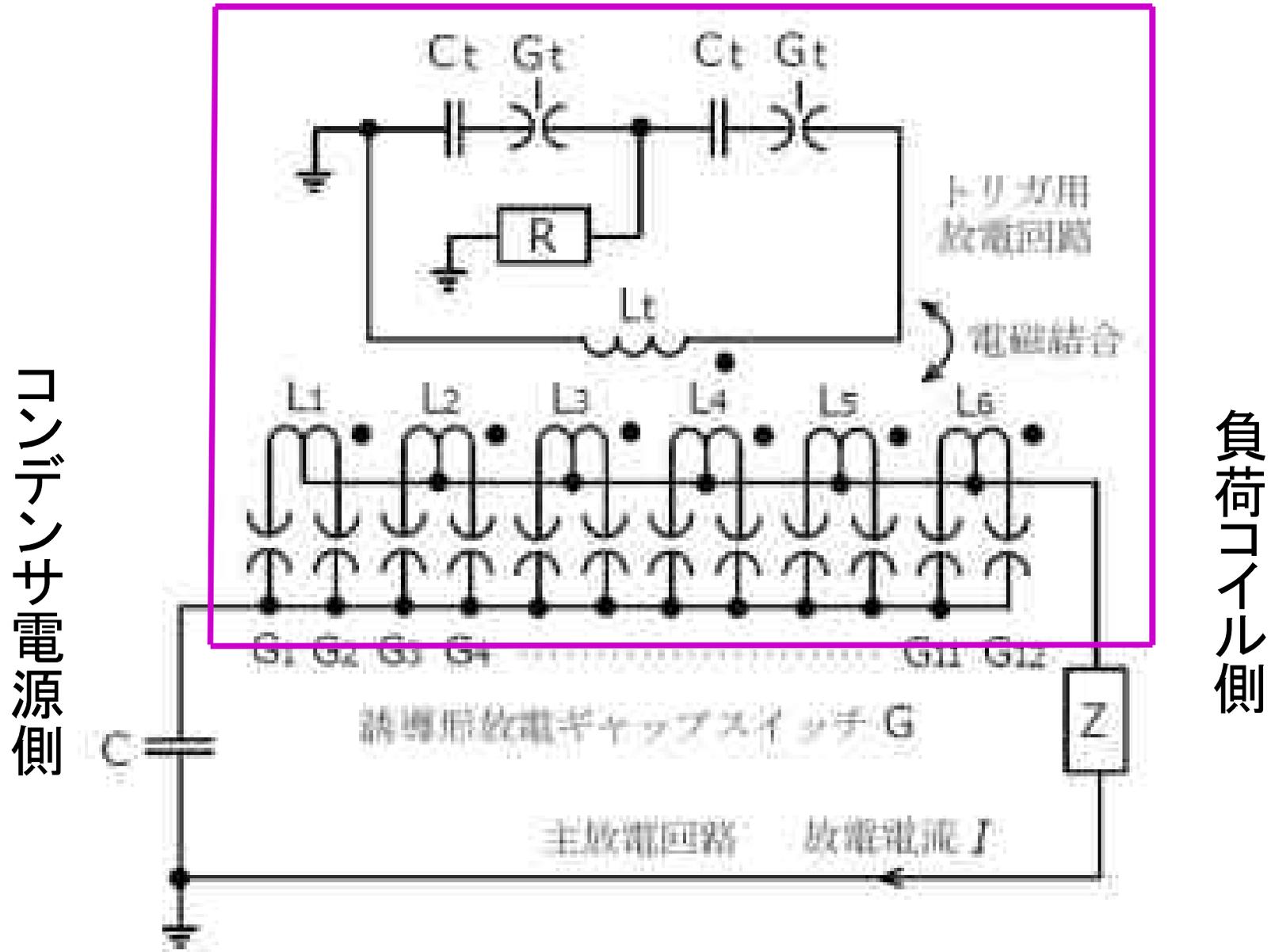
電流波形測
定用コイル



放電電流波形



誘導形放電ギャップスイッチ部分



誘導形放電ギャップスイッチの外観(通常)

コンデンサ電源側



負荷コイル側

放電アークを観察する場合には
負荷コイルへの配線板を電源側へ出
す

誘導形放電ギャップスイッチの外観(アーク観察用)

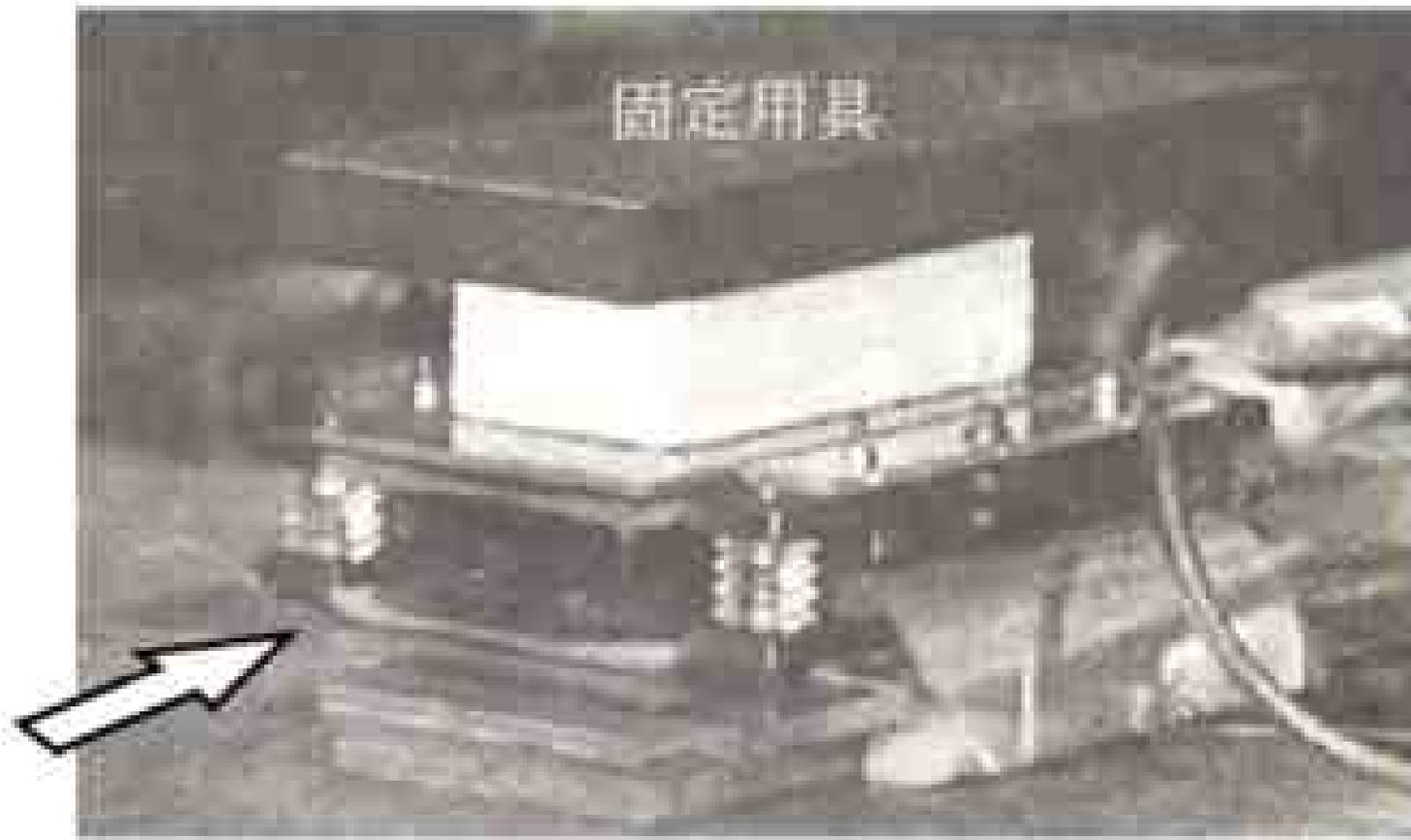
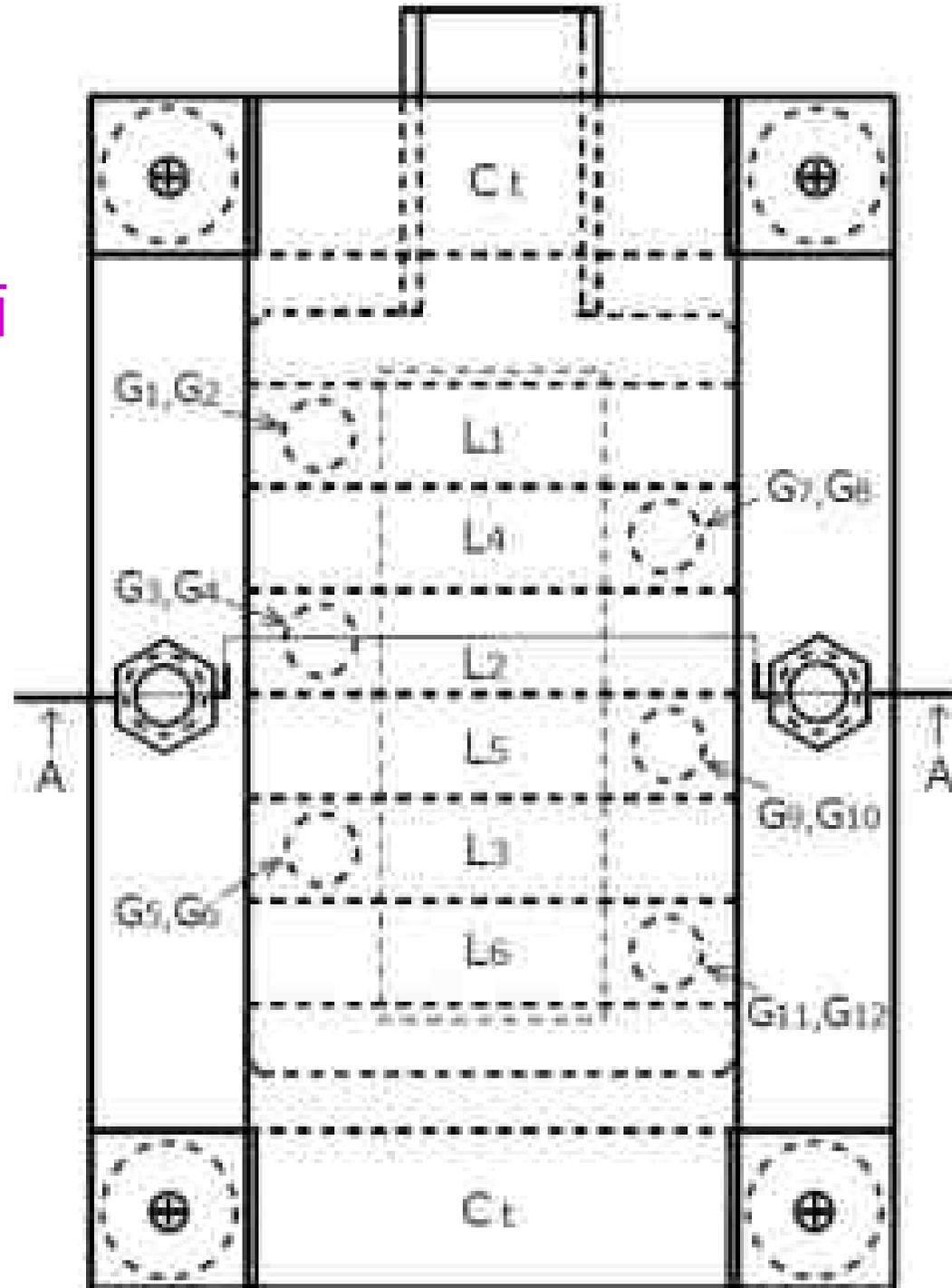


図6 誘導形放電ギャップスイッチの外観
(矢印方向から12路アークを観察する)

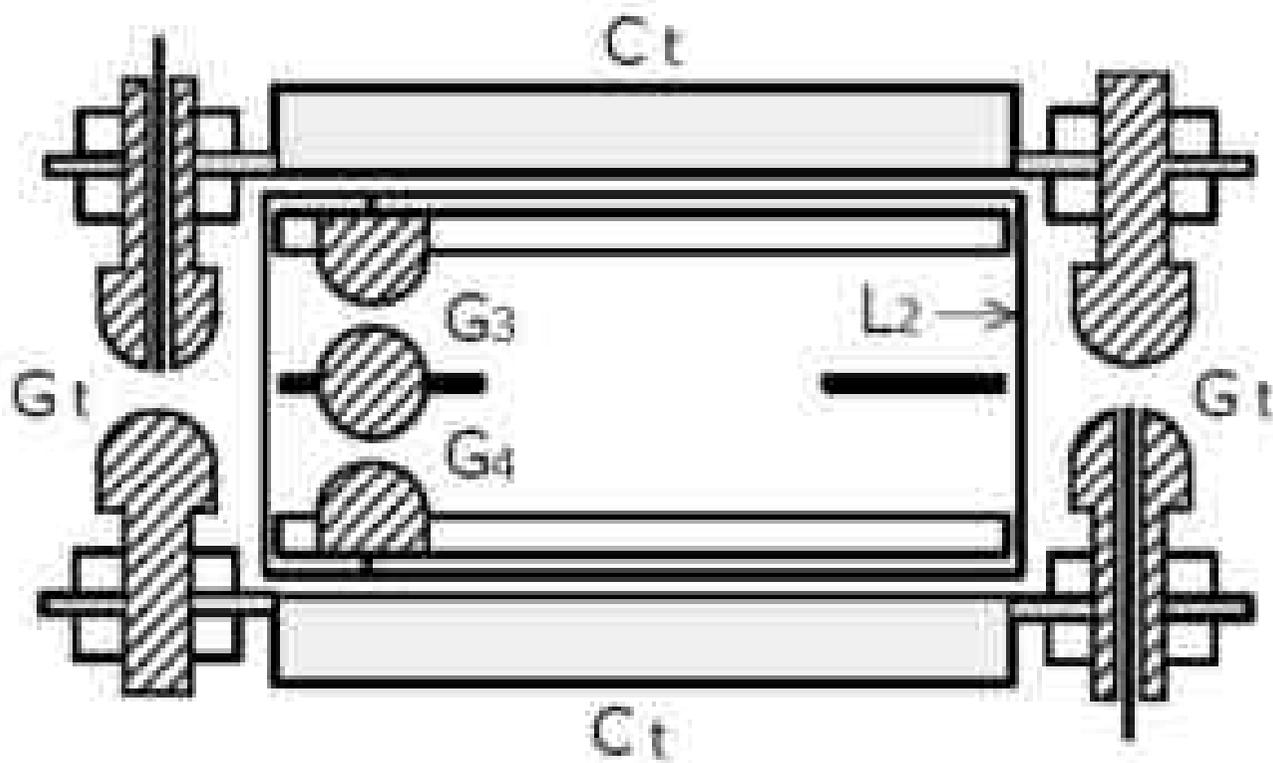
スイッチの平面概略図

縦 約300mm

横 約200mm



スイッチの平面概略図の A-A部分断面概略図



縦 約150mm
横 約200mm

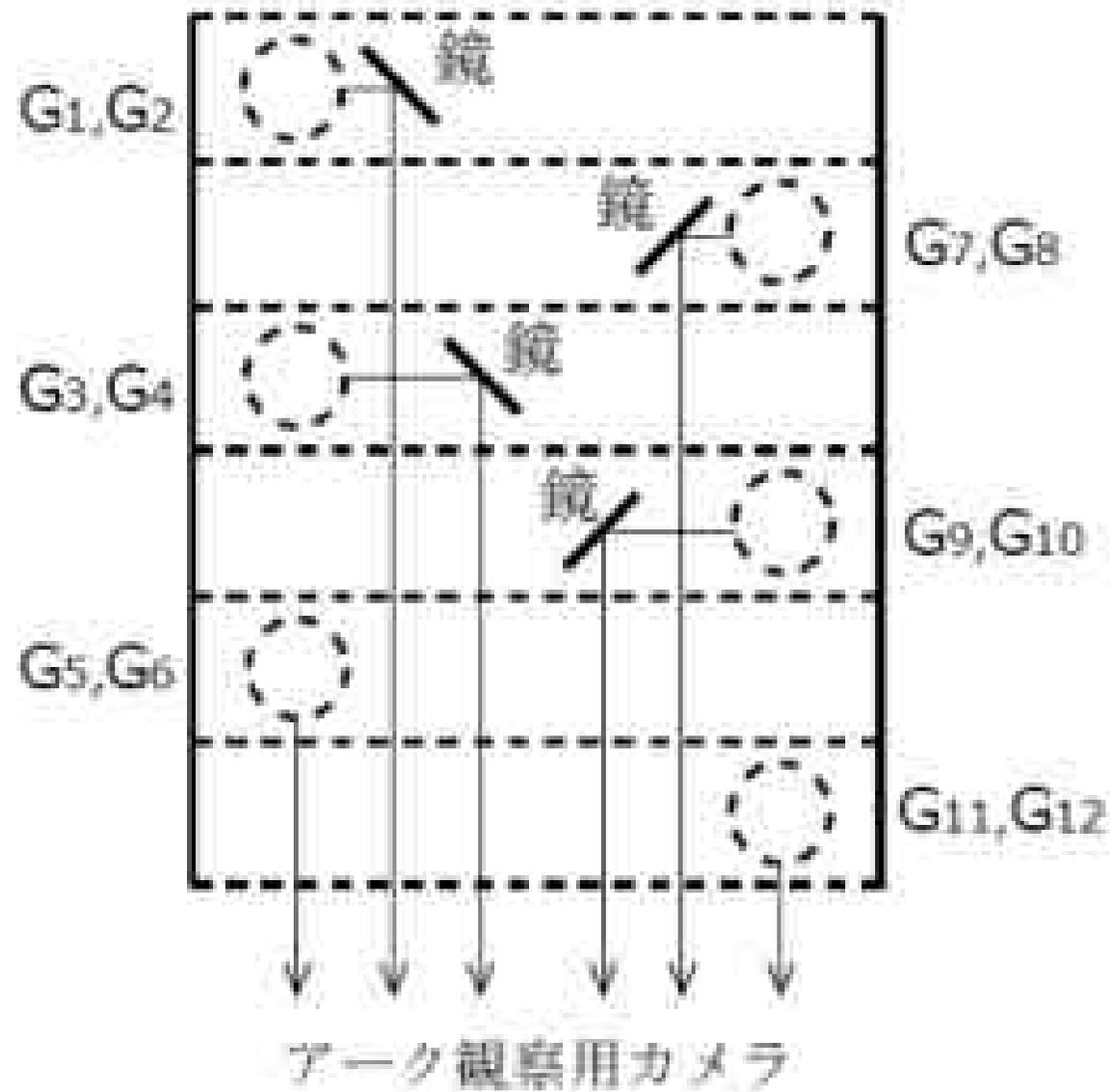


図8 並列12路アーク観察用鏡の配置およびアーク観察方向へ向かう光線路

アーク観察方法

観察は、普通のカメラ、高感度白黒フィルムなどを使い、静止画写真を撮影した。

露出時間(シャッタースピード)は約1secであった。

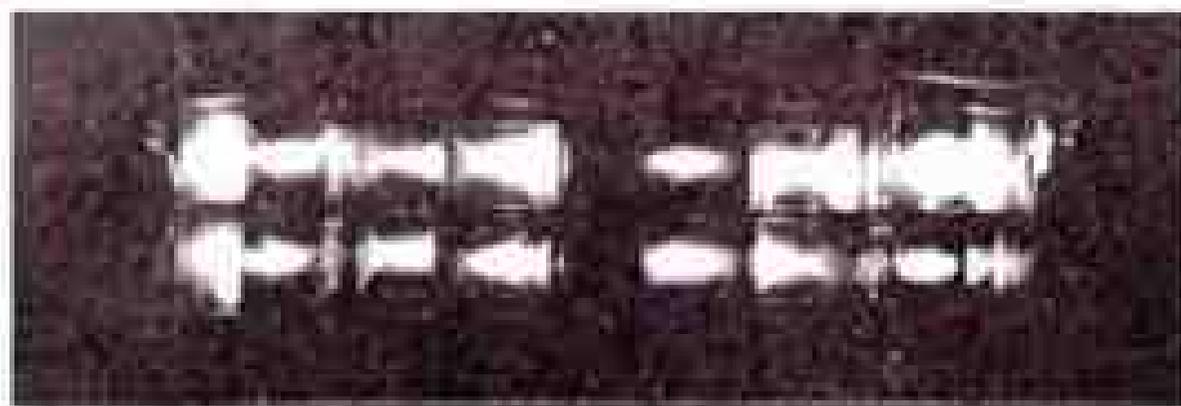
露出時間内に発生するアーク形状などは、時間と共に変化するが、その全てを1枚の写真に重畳して記録した。

報告内容

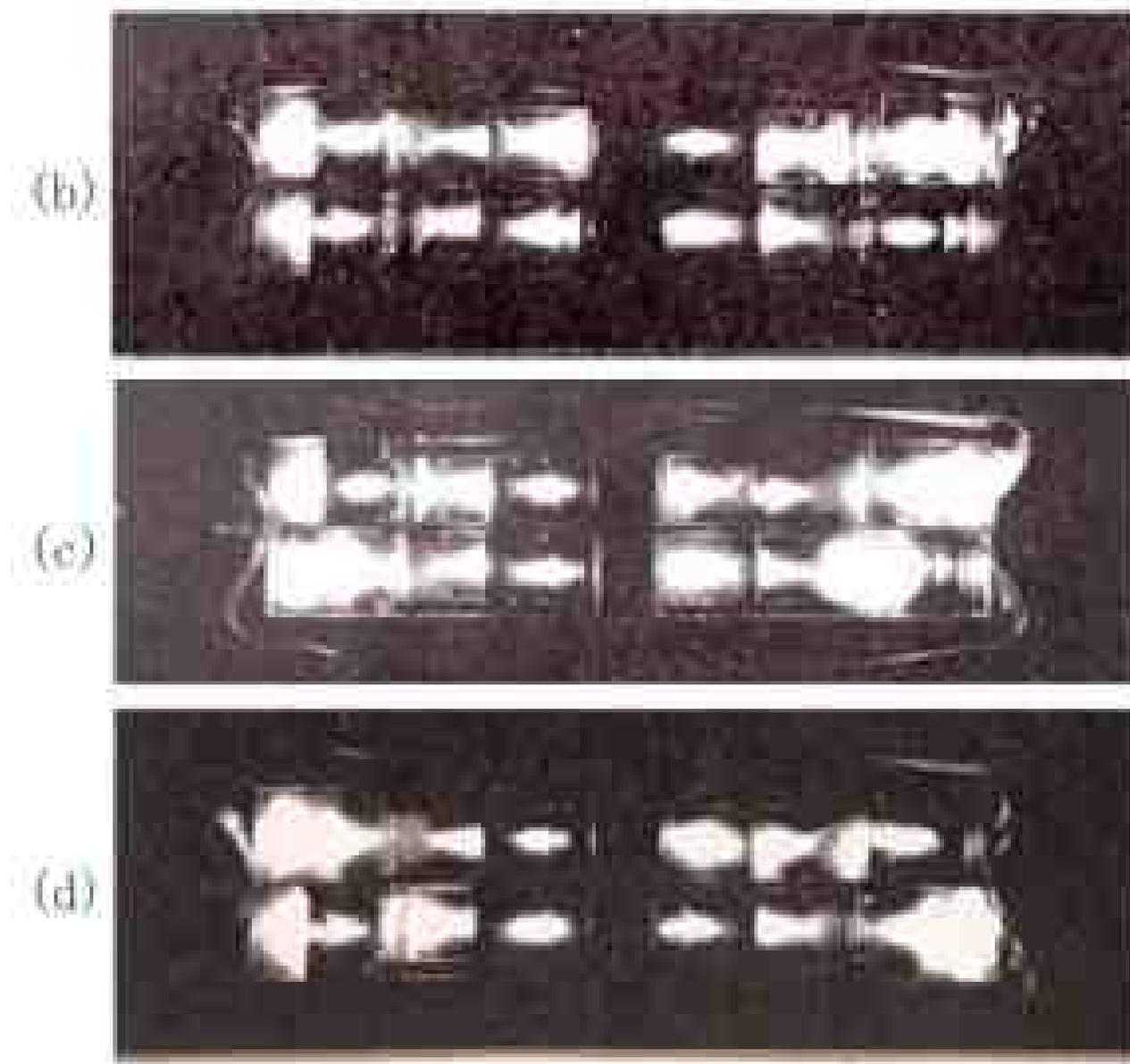
1. 背景・問題点・目的
2. スイッチの動作原理・特徴
3. 放電装置・アーク観察方法
4. アーク観察結果
5. まとめ

アーク観察結果

トリガ回路のコンデンサ Ct



アーク観察結果(再現性)



まとめ

特殊なトリガ式放電ギャップスイッチを用いて、12路の並列放電アークを大気中で再現性よく発生できた。

コンデンサ電源Cを充電せず、トリガ回路を放電しても、各主電極間に12路の放電アークが写真観察でき、このトリガ方式の信頼性が高いことが示された。

このような並列放電ギャップスイッチでは、電極の消耗が減り、保守点検なども減る。