

電着によるタイム・スイッチ

山口勝也*・小川博司**

Electrochemical Deposit Time Switch

Katsuya YAMAGUCHI and Hiroshi OGAWA

Abstract

The authors have developed the electrochemical time switch for A. C. current consisting of a copper electrode, two tantalum electrodes having an oxidized film Ta_2O_5 , and $CuSO_4$ solution.

Copper electrode is called regulating electrode and two tantalum electrodes are called main electrode.

The current which passes the regulating electrode is called regulating current and the current which flows between two main electrodes is called main current.

Duration time of main current depends on the working time of regulating electrode.

Deposition of copper on the surface of Ta_2O_5 film due to the regulating current permits the current flow between two main electrodes.

Examples of working of this electrochemical time switch are presented.

1. 緒 言

金属の電着を応用して種々な液体素子が開発され実用に供されているが¹⁾²⁾、筆者等は加熱酸化処理により化成された酸化被膜 Ta_2O_5 を有するタンタル板の電極および可溶性金属の電極と電解液を用いて電気化学的な交流電流用タイム・スイッチを試作し得たので以下それについて報告する。

2. 実験と結果

筆者等が試作した電気化学的タイム・スイッチの構造を Fig. 1 に示す。

2箇のタンタル電極は三光特殊金属(株)より購入した純度99.9%、厚み0.1mmのものでこれを Fig. 1 に示すように切り取り、670°Cの電気炉(発熱体非露出)中に挿入して約12秒間加熱(空気雰囲気)して酸化被膜を化成させたものを使用した。中央の制御電極には Fig. 1 に示すような寸法の銅板を用い、電解液には12%の硫酸銅溶液 400ccに比重1.25の稀硫酸20ccを加えたものを用いた。2箇用いてある整流器は2箇とも同じものでオリゲン電気(株)製シリコン整流器 S—3—4 (400V, 20A)である。2箇のスイッチ

SW₁とSW₂とは連動になっている。

また使宜上2箇のタンタル電極をそれぞれ第1および第2主電極と呼ぶことにする。

いま制御電極とシリコン整流器をふくむ回路に電流が流れない状態、つまりSW₁が開いている時には負荷R_Lに交流電流は漏洩電流(10mA程度)以外流れないが、SW₁を閉じてシリコン整流器と制御電極をふくむ回路に電流を流してやると主電極間に導通を生じ負荷R_Lに大きな交流電流を流すことができた。しかも一度主電極間に導通を生じた後にSW₁を開いても、つまり制御電極とシリコン整流器をふくむ回路に電流が流れないようにしても、SW₁を閉じていた時間の長短に応じた一定時間主電極間の導通状態は維持され負荷に対し交流電流を供給することが出来た。

Fig. 2にSW₁を閉じた時に回路に流れる電流の様子を示す。

いま第1主電極側が正電位になるように交流電圧の半サイクルが印加した場合を考えると、回路を流れる電流は Fig. 2に実線の矢印で示すようになるものと考えられる。これはSW₁を閉じた時、抵抗R₀およびR_Lの両端に連絡されたオシロスコープ1およびオシロスコープ2により波形を観察して確認された。

使宜上抵抗R₀を流れる電流を制御電流と呼び、負

* 応用物理教室

** 電気工学科学生、現在名古屋大学大学院電子工学専攻科学生

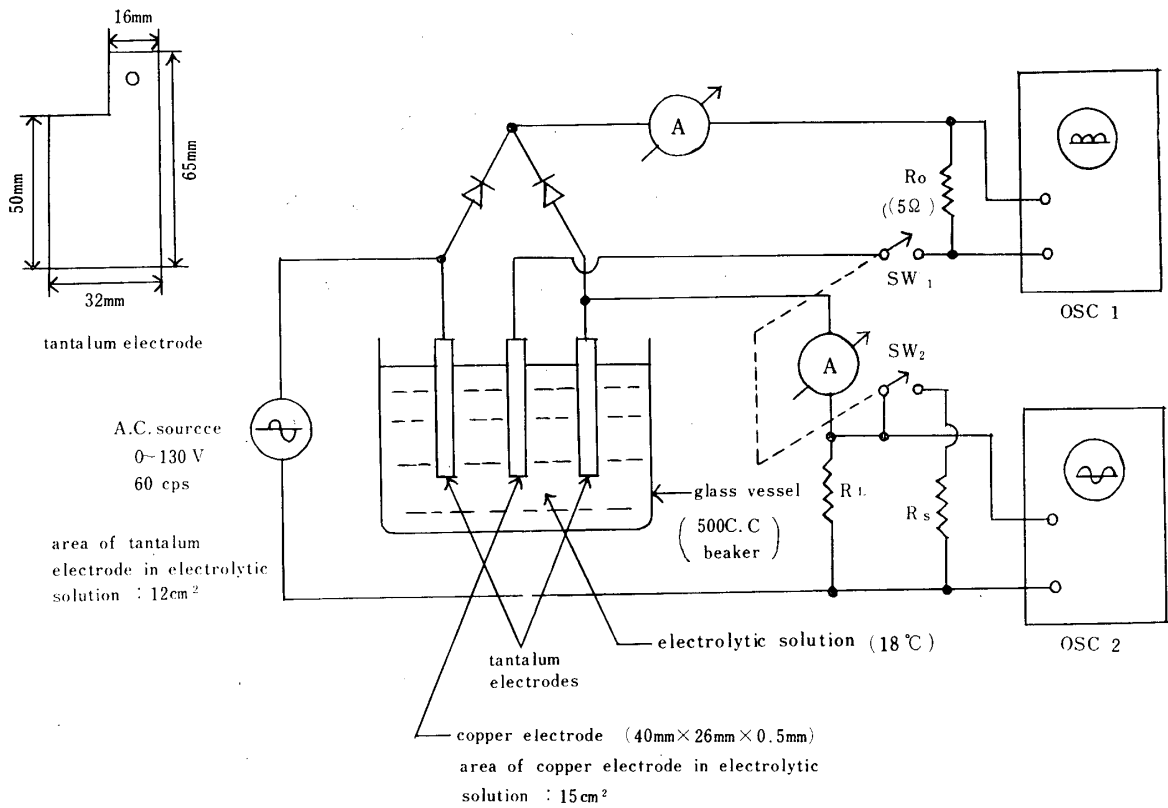


Fig. 1 Electrochemical time switch.

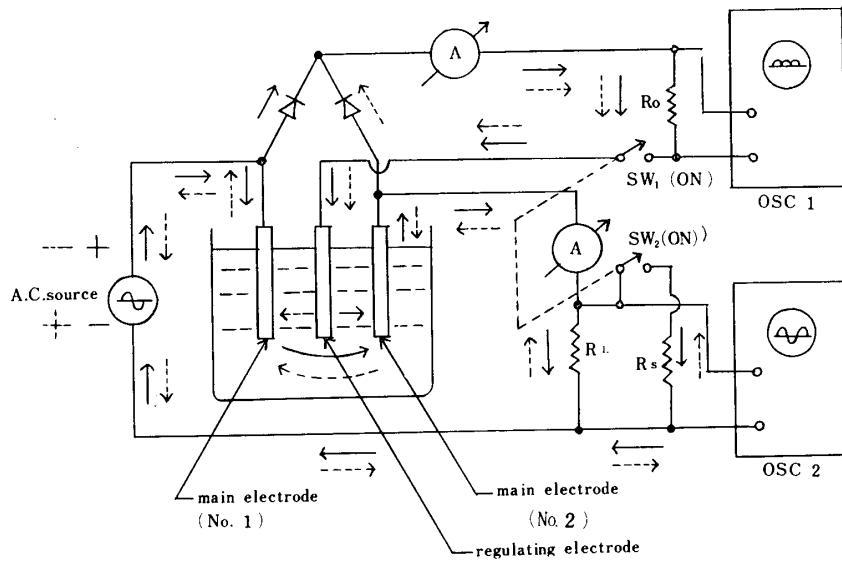
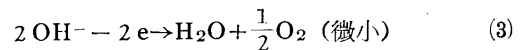
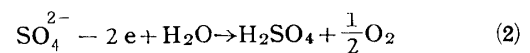
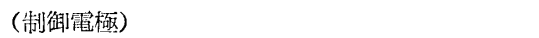


Fig. 2 Flow of current.

荷抵抗 R_L を流れる電流を主電流（この電流は SW_1 を閉じている時は制御電流と主電極間を直通する電流の和、 SW_1 を開いた後は主電極間を直通する電流のみとなる）と呼ぶこととする。Fig. 3 (a)に最初 SW_1 を開いている時に流れる漏洩電流の波形を示す。またFig. 3 (b)に SW_1 を閉じた時の制御電流の波形を示し、Fig. 3 (c)に再度 SW_1 を開いてのち、主電極間が導通状態になっている時の主電流の波形を示す。

つぎに各電極に生起する主な反応について考えてみると、第1主電極側が正電位になるように交流電圧の半サイクルが印加した場合



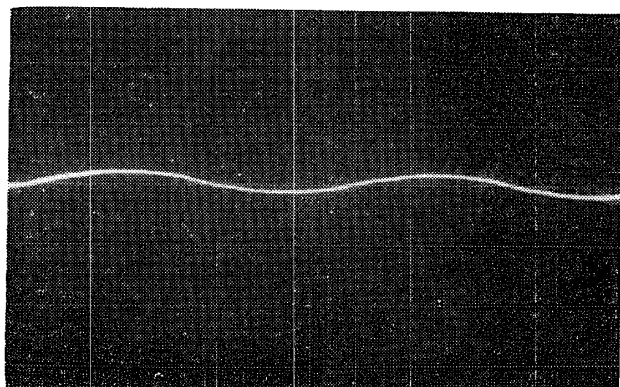


Fig. 3 (a) Wave form of leakage current.

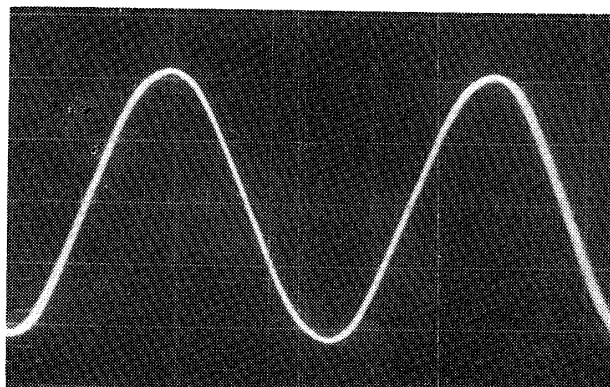


Fig. 3 (c) Wave form of main current.

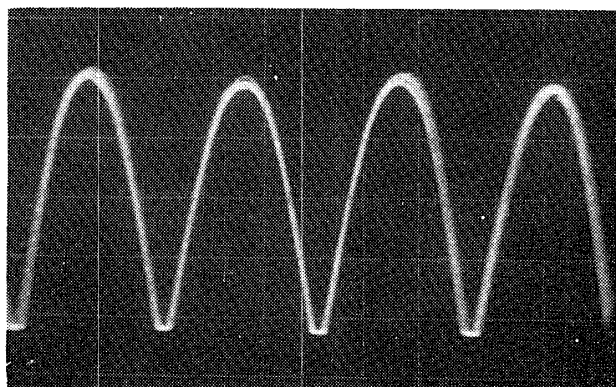
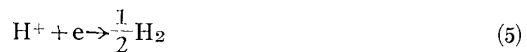


Fig. 3 (b) Wave form of regulating current.

(第2主電極)



と考えられる。また SW_1 を閉じておくと急速に第1および第2主電極の表面上に銅が電着されるのが視認された。そして再び SW_1 を開いた後、電着した銅は漸次主電極表面から剝離して容器底部に沈積するが、この時主電極表面に一度電着した銅が減少しつつあっても主電流は一定の値を維持し、ある一定の剝離が行なわれた時急激に減少して遮断状態となった。つまりタイム・スイッチとしての特性を示したわけである。

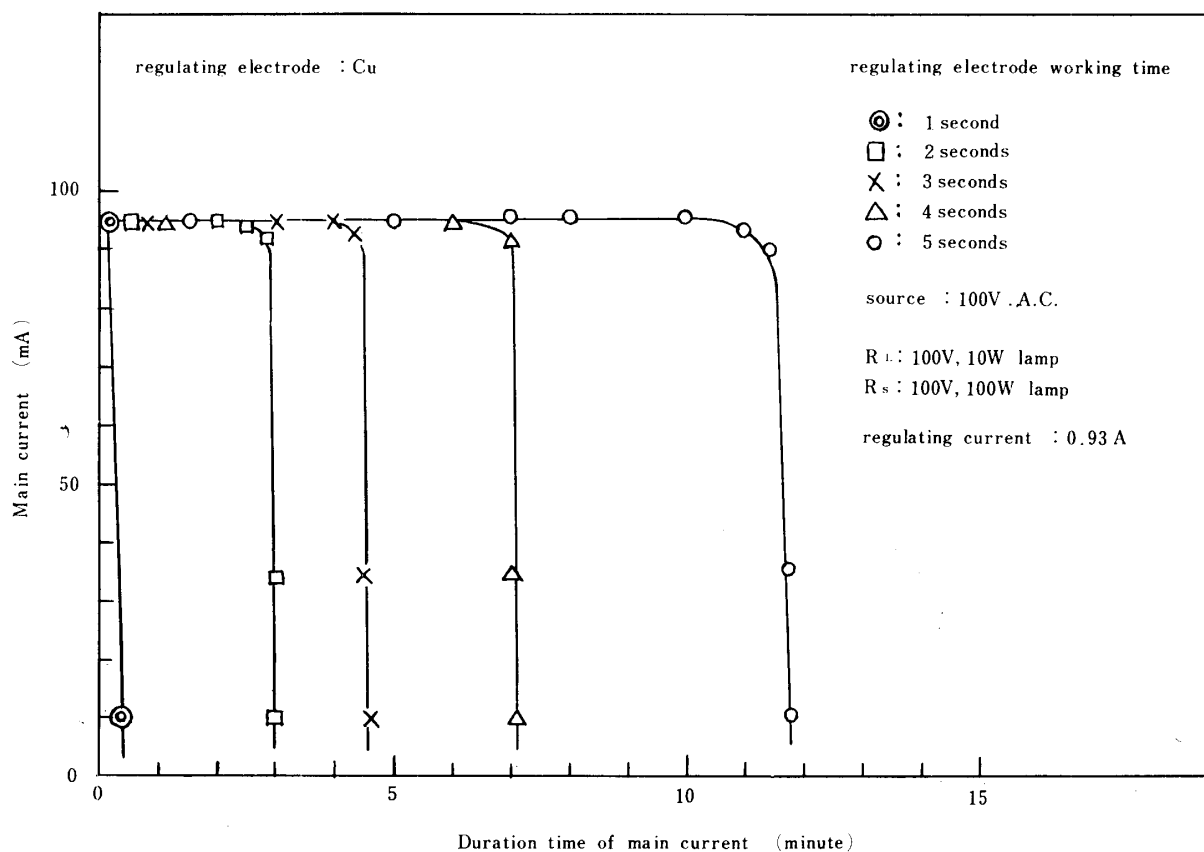


Fig. 4 (a) Main current and its duration time.

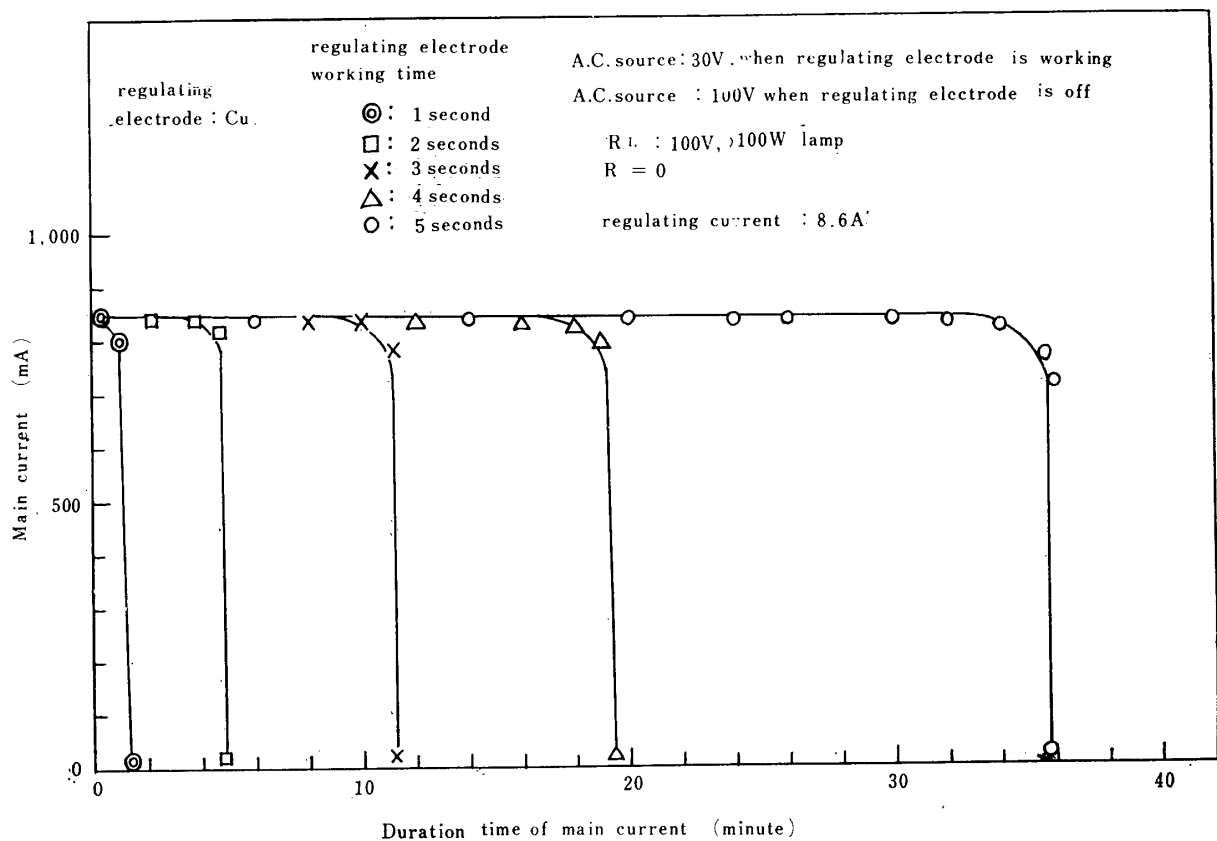


Fig. 4 (b) Main current and its duration time.

Fig. 1 に示した装置により得られたタイム・スイッチ動作の例を Fig. 4 (a) および Fig. 4 (b) に示す。Fig. 4 (a) および Fig. 4 (b) から知られるように制御電流が大きいほど、また制御電流が流れている時間が長いほど主電流の持続時間が大きくなるが、このような現象についてつぎのように考察する。

一般に電着作業において電流密度が小さいと新しい結晶核の生成速度よりも既存の結晶核の成長速度が大きいため荒い粗な電着膜が生成され、電流密度が大であると新しい結晶核の生成する速度が大となり、比較的緻密で強固な電着膜を得ることが知られている⁴⁾。つまり制御電流密度が大であるとより強固な電着膜が生成されるため、たとえ膜厚が同じであっても剝離の進行がおそいため導通状態がより長くなると考えられる。また制御電流の電流密度が一定である時、その流れる時間の長短は電着膜の厚みの大小を生じ、これは当然主電流の持続時間の長短の原因になると思われる。

タンタル電極の表面に電着した銅が主電流が流れている中に漸次剝離するのは両主電極間に交番電圧が印加されているため、アノードとカソードとが時間的に交番することによる「電気化学的ゆさぶり」によるものと考えられる。剝離は電着膜の表面から漸次行なわ

るので、剝離が進行中でも主電流密度は変化せず Ta_2O_5 膜に接している最後の銅結晶 (SW_1 を閉じた時最初に電着した結晶) が剝離することにより遮断状態になると考えられる。

銅結晶が Ta_2O_5 膜の表面に電着すればエレクトロン・アクセプターとなるラジカル Ta_2O_5 膜への吸着阻害されるため銅が電着した主電極は整流能力⁵⁾を失うものと推測されるが、カソードとして炭素棒、電解液として比重 1.25 の稀硫酸液を用いて整流実験を行なった結果整流能力が全くないことが確認された。

上述のことから一定時間 SW_1 を閉じることにより成る可く長い主電流の持続時間を得るためには制御電流を大きくすることが必要であるから、Fig. 1 に示すごとく SW_1 と SW_2 とを連動とし、 SW_1 を閉じると同時に負荷抵抗 R_L を SW_2 により短絡抵抗 R_S で短絡して大きな制御電流を得ている。

Fig. 5 にタイム・スイッチ動作の温度特性の測定例を示す。電解液の温度が高くなると主電流の持続時間が短くなるのが知られるが、これは電着作業における金属析出効率が低温であるほど良い⁶⁾ことから理解される。

なお制御電極に Pb を用いても動作は全く同様であ

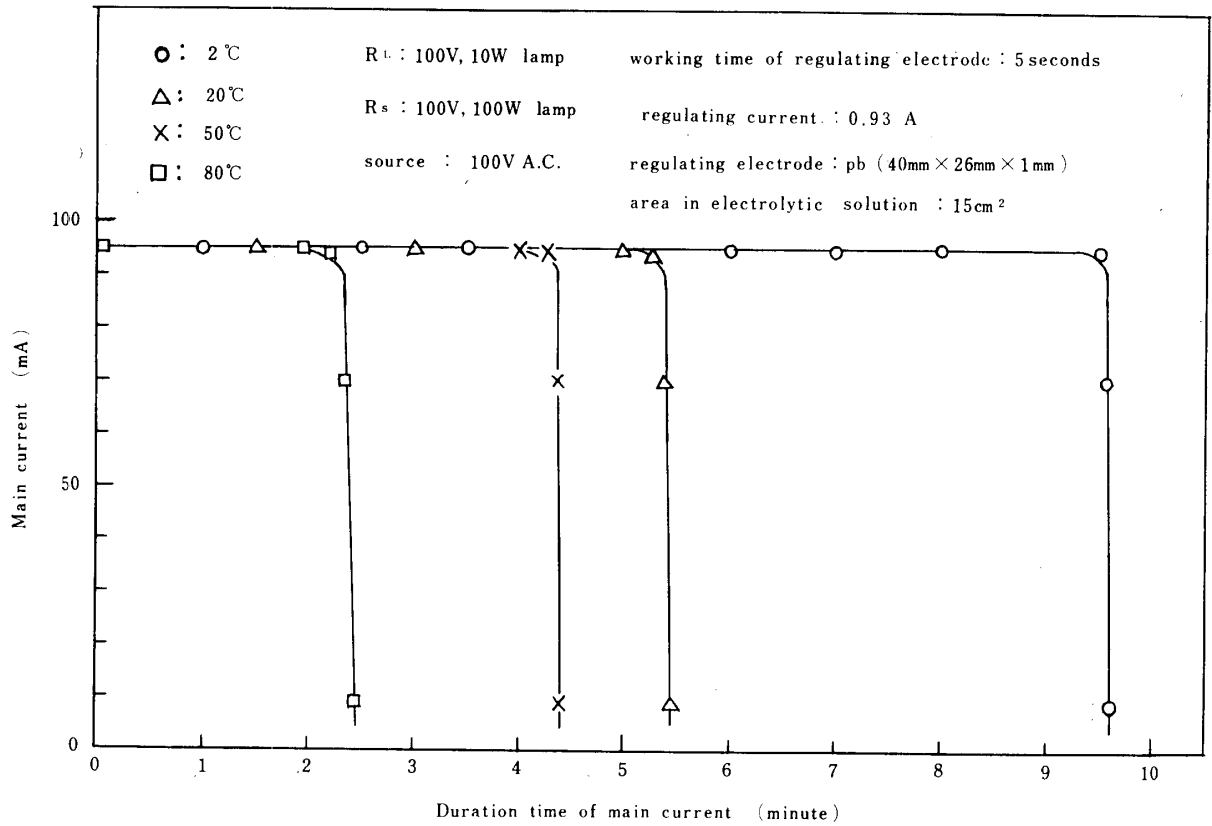


Fig. 5 Temperature dependence of main current duration time.

った。

5. 応用例

筆者等が試作した電着によるタイム・スイッチは主電流の持続時間が制御電流の通電時間により決定される。つまりタイム・スイッチとしての動作時間の設定が制御電流を流すための動作により行なわれるわけであるが、筆者等は押しボタン・スイッチにより点灯される蛍光灯用のタイム・スイッチとしてこの電気化学的タイム・スイッチを使用してみた。

Fig. 6にその回路を示す、電気化学的タイム・スイッチの諸元は Fig. 1に示したものと同様である。この場合短絡抵抗 R_s を用いていないが、これは押しボタンを閉じている状態では蛍光灯の回路には点灯時の約2倍の電流が流れ得るためである。押しボタン・スイッチを閉じている時間の長短によって押しボタン・スイッチを開いた後の主電流の持続時間、つまり蛍光灯の点灯時間の長短が決まるわけであるが、押しボタンを押している時間は蛍光ランプの電極フィラメントの温度が電子放射温度に達するのに要する時間（常温ではほぼ1秒程度）以下であってはならないわけで

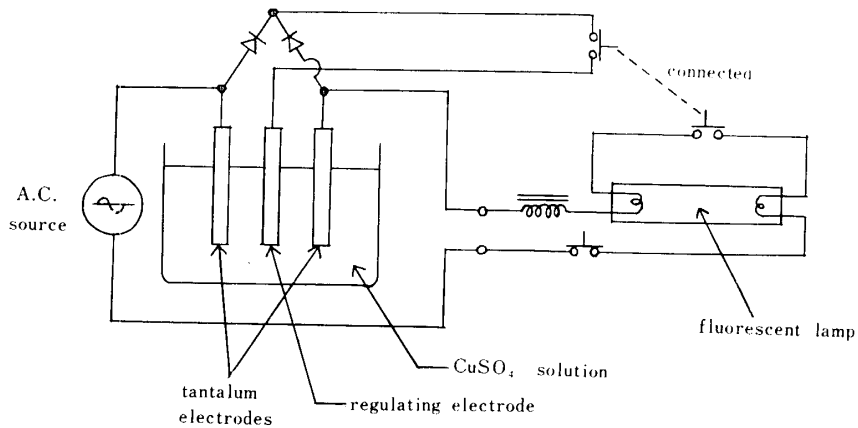


Fig. 6 Circuit for fluorescent lamp.

ある。

実際にタイム・スイッチ動作を行わせた例をTable 1に示す。

Table. 1 Examples of working

電解液 温度	供試 蛍光灯	制御 電流	制御電流 通電時間	蛍光灯点灯 持続時間
17°C	ナショナル 蛍光灯スタンド FN-2054B 20W	0.47A	2秒	1分43秒
			3秒	2分35秒
			4秒	3分58秒
			5秒	6分25秒
			6秒	8分43秒

4. 結 言

加熱処理による酸化被膜を有する2箇のタンタル電

極，1箇の銅電極，電解液および2箇のシリコン整流器を用いて電着によるタイム・スイッチを試作しそれを蛍光灯に用いた例について述べたが，機械的タイム・スイッチと比較してみると構造が極めて簡単で製作容易であることが大きな利点と思われる。

終りにのぞみ本研究を遂行するに当り，終始有益な助言を賜った宇部工業高等専門学校電気科籠田助教授に厚く感謝致します。

文 献

- 1), 2) 向坊, 朝倉: 電気化学, **34**, 166 (1966)
- 3) 山口勝也: 応用物理, **32**, 344 (1964)
- 4) 電気化学協会: 電気化学便覧, (1953) p.741
- 5) 白鳥, 城上: 電気化学, **30**, 892 (1962)
- 6) 電気化学協会: 電気化学便覧, (1953) p.741
- 7) 内田幸夫: 蛍光灯と照明, (1961) p.58

(昭和41年8月29日受理)