

Report on the Experiment

No. 9

Subject SCR および UJT の諸特性実験

Date 2020. 09. 01

Weather 晴れ Temp 29.2 °C Wet 54 %

Class	E4
Group	2
Chief	
Partner	井上 隆治
	重見 達也
	宮崎 拓也
	森 和哉

No	14
Name	小畠 一泰

Kure National College of Technology

1 目的

SCR(Silicon controlled rectifier) 及び, UJT(Unijunction transistor) 素子の静特性を理解し, さらにそれらの応用例について動作原理を理解する.

2 使用器具

2.1 SCR 静特性測定

- E_1 : 直流電源 PD110-5A
- E_2 : 直流電源菊水 PAD1K-0.2L
- I_P : 直流電流計 1 [mA]
- I_G : 直流電流計 3/10/30/100 [μ A]
- E_G : 直流電圧計 150/300 [V]
- EPK: 真空管電圧計 VP-916A 1000 [V]
- 測定用キット (R2, R3 実装)
- R_1 : 抵抗:1 [M Ω] ペーク板に実装
- SW_1 : 電源 E_1 に付属のものを使用
- SW_2 : 直流用開閉器

2.2 UJT 静特性測定

- E_1 : 直流電源 PD110-5A
- E_2 : 直流電源 PR36-3A
- I_E : 直流電流計 10/30/100 [mA]
- I_{BB} : 直流電流計 1/3/10/30 [mA]
- E_E : 直流電圧計 15/30 [V]
- E_{BB} : 直流電圧計 150/300 [V]
- 測定用キット ($R = 1$ [k Ω] 付属)
- SW_1 : 電源 E_1 に付属のものを使用
- SW_2 : 直流用開閉器

2.3 位相制御回路の波形観測

- I_L : 交流電流計 (熱電計) 100/200/500/1000 [mA] (NO. 04848M)
- E_V : 交流電圧計 (熱電計) 15/30/75/150 [V] (は.10-350)
- 測定用キット ($R = 1$ [k Ω] 付属)
- デジタルオシロスコープ (RIGOL)

3 測定方法および実験結果

3.0.1 SCR 静特性測定

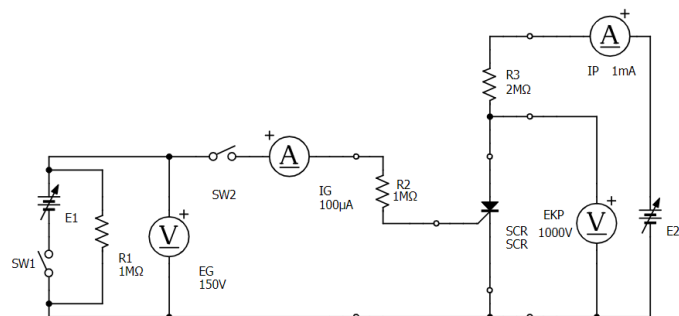


図 1: SCR 測定回路

1. 図 1 にしたがって結線し, $I_G = 0$ [μA] (SW_1, SW_2 :開路) のとき, E_2 を 0 [V] より徐々に上昇させ導通領域に入るまでの I_P , E_{PK} を測定した.
2. E_2 を約 1000 [V] より徐々に減じ, 阻止領域へ入るまでの I_P , E_{PK} を測定した.
3. $I_G = 20, 40$ [μA] (SW_1, SW_2 :閉路) として, 上記と同様に測定した.

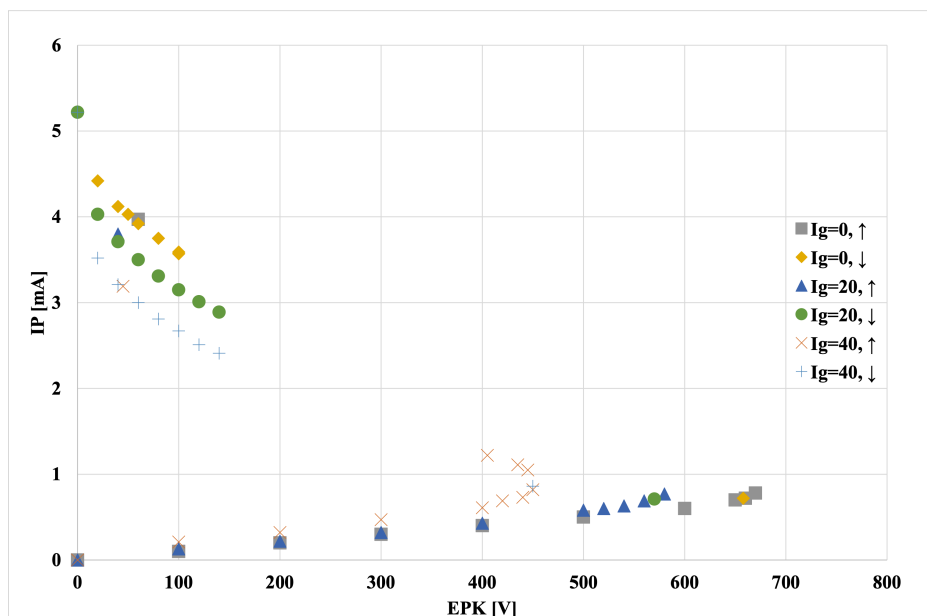


図 2: SCR の静特性曲線

表 1: $I_G = 0$ [μA] のとき

E_2 [V]	I_P [mA]	E_{PK} [V]	E_2 [V]	I_P [mA]	E_{PK} [V]
0	0	0	1003.5	5.22	0
118.5	0.10	100	835.1	4.03	50
239.3	0.20	200	795.6	3.59	100
354.4	0.30	300	878.5	4.42	20
471.3	0.40	400	842.6	4.12	40
591.1	0.50	500	822.5	3.92	60
711.6	0.60	600	807.7	3.75	80
777.9	0.70	650	794.9	3.57	100
795.2	0.72	660	788.9	0.72	658
813.0	0.78	670			
830.0	3.97	60			

表 2: $I_G = 20$ [μA] のとき

E_2 [V]	I_P [mA]	E_{PK} [V]	E_2 [V]	I_P [mA]	E_{PK} [V]
0	0	0	1003.5	5.22	0
126.8	0.13	100	805.8	4.03	20
246.7	0.22	200	767.2	3.71	40
362.9	0.32	300	774.8	3.50	60
480.4	0.43	400	729.7	3.31	80
604.3	0.58	500	718.6	3.15	100
629.8	0.60	520	710.6	3.01	120
656.1	0.63	540	704.6	2.89	140
687.1	0.69	560	702.1	0.71	570
723.0	0.77	580			
779.4	3.80	40			

表 3: $I_G = 40$ [μA] のとき

E_2 [V]	I_P [mA]	E_{PK} [V]	E_2 [V]	I_P [mA]	E_{PK} [V]
0	0	0	1003.5	5.22	0
142.4	0.21	100	709.8	3.52	20
263.2	0.32	200	673.9	3.21	40
387.6	0.47	300	650.7	3.00	60
517.1	0.61	400	636.0	2.81	80
545.9	0.69	420	625.7	2.67	100
580.4	0.73	440	618.6	2.51	120
607.5	0.82	450	613.4	2.41	140
643.3	1.05	445	611.3	0.86	450
647.6	1.11	435			
672.0	3.19	45			

3.0.2 UJT 静特性測定

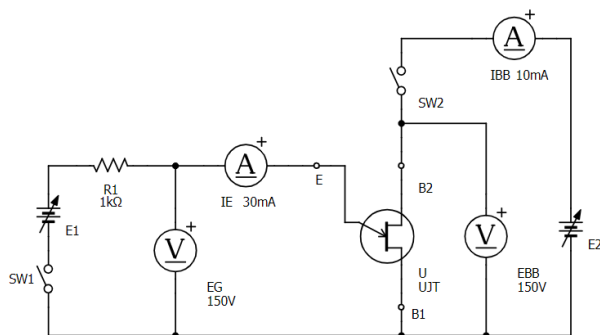


図 3: UJT 測定開路

1. 図 3 のように結線し, $E_{BB} = 15$ [V] にした. V_E を 0 より上昇させていき, ピーク点電圧を測定した. I_E を 20 [mA] より減少させ, V_E, I_{BB} を記録した.
2. $V_{BB} = 10, 5, 0$ [V] として上記と同様に測定した. ただし, $V_{BB} = 0$ [V] 時はピーク点電圧の測定はしなかった.

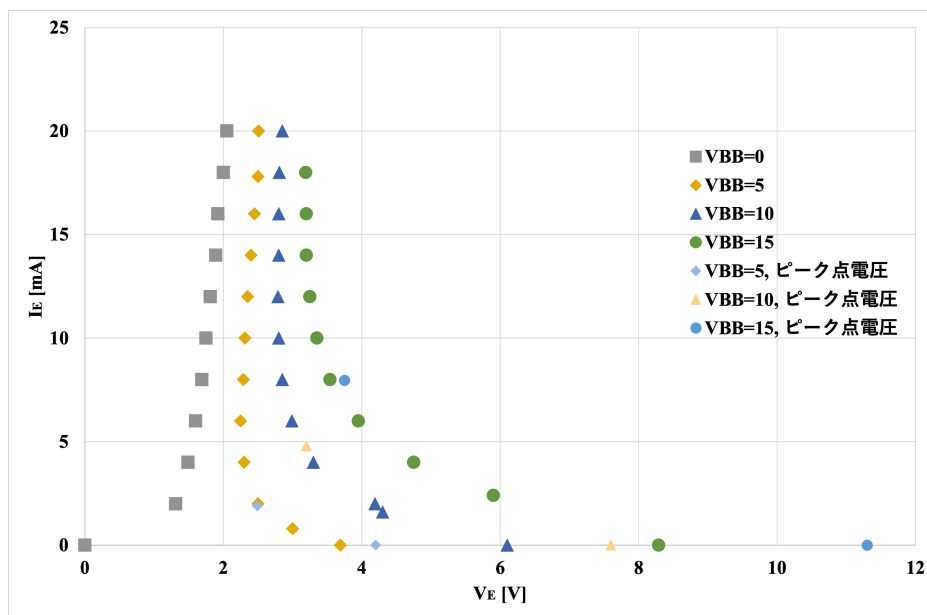


図 4: UJT の特性曲線

表 4: $V_{BB} = 15$ [V] のとき

V_E [V]	I_E [mA]	I_{BB} [mA]
3.19	18.00	9.60
3.20	16.00	9.05
3.20	14.00	8.49
3.25	12.00	7.89
3.35	10.00	7.28
3.54	8.00	6.59
3.95	6.00	5.88
4.75	4.00	5.01
5.90	2.40	4.20
8.29	0.00	2.08

表 5: $V_{BB} = 15$ [V] のときのピーク点電圧

V_E [V]	I_E [mA]	I_{BB} [mA]
11.30	0	2.11
3.75	7.96	6.81

表 6: $V_{BB} = 10$ [V] のとき

V_E [V]	I_E [mA]	I_{BB} [mA]
2.85	20.00	9.49
2.81	18.00	8.92
2.80	16.00	8.39
2.80	14.00	7.81
2.79	12.00	7.21
2.80	10.00	6.58
2.85	8.00	5.89
2.99	6.00	5.16
3.30	4.00	4.31
4.19	2.00	3.32
4.30	1.60	3.10
6.10	0.00	1.45

表 7: $V_{BB} = 10$ [V] のときのピーク点電圧

V_E [V]	I_E [mA]	I_{BB} [mA]
7.6	0	1.45
3.2	4.79	4.71

表 8: $V_{BB} = 5$ [V] のとき

V_E [V]	I_E [mA]	I_{BB} [mA]
2.51	20	8.35
2.50	17.80	7.81
2.45	16.00	7.35
2.40	14.00	6.82
2.35	12.00	6.28
2.31	10.00	5.69
2.29	8.00	5.02
2.25	6.00	4.31
2.30	4.00	3.5
2.50	2.00	2.51
3.00	0.80	1.76
3.69	0.00	0.79

表 9: $V_{BB} = 5$ [V] のときのピーク点電圧

V_E [V]	I_E [mA]	I_{BB} [mA]
4.20	0	0.80
2.49	1.9	2.49

表 10: $V_{BB} = 0$ [V] のとき

V_E [V]	I_E [mA]	I_{BB} [mA]
2.05	20.00	0
2.00	18.00	0
1.92	16.00	0
1.89	14.00	0
1.81	12.00	0
1.75	10.00	0
1.69	8.00	0
1.60	6.00	0
1.49	4.00	0
1.31	2.00	0
0.00	0.00	0

3.0.3 位相制御回路の波形観測

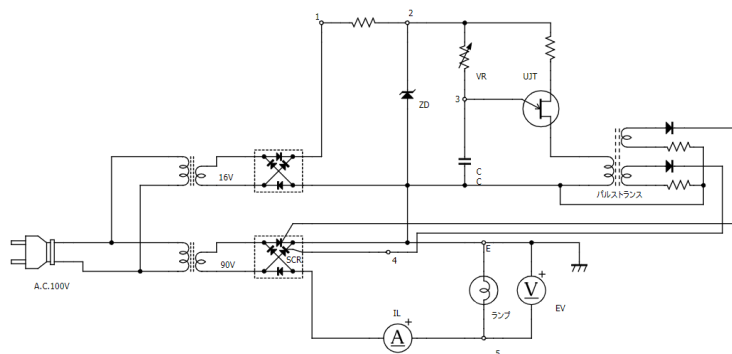


図 5: SCR・UJT 位相制御回路

1. 図 5 のように結線し、オシロスコプのアースを図の E 点に接続し、1～5 の波形を観測し記録した。

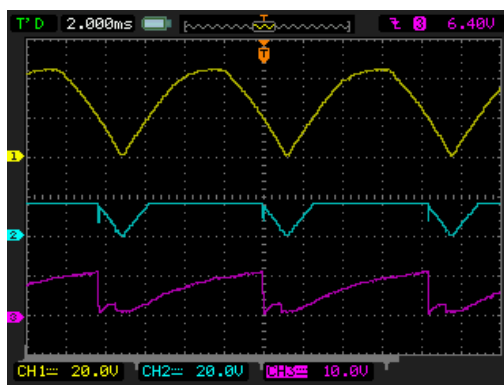


図 6: 上から 1～3 の波形

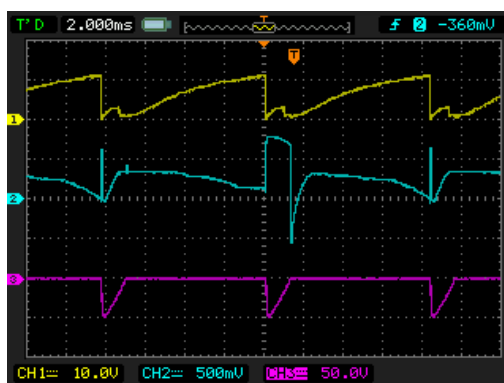


図 7: 上から 3～5 の波形

2. VR を最小の位置から徐々に増大し点呼角 θ に対する I_L, E_V の値を測定した.

表 11: 点弧角 θ に対する I_L, E_V の測定結果

Δt [ms]	θ°	E_V [V]	I_L [mA]
1.04	22.46400	91.490	330
1.52	32.83200	90.160	326
2.00	43.20000	86.870	320
2.56	55.29600	84.430	312
3.04	65.66400	79.500	306
3.76	81.21600	70.400	284
4.40	95.04000	60.230	264
5.20	112.32000	46.960	230
5.92	127.87200	30.260	188
6.40	138.24000	22.920	164
6.96	150.33600	13.120	130
7.44	160.70400	5.841	99
7.84	169.34400	2.100	62
8.33	180.00000	0.000	0

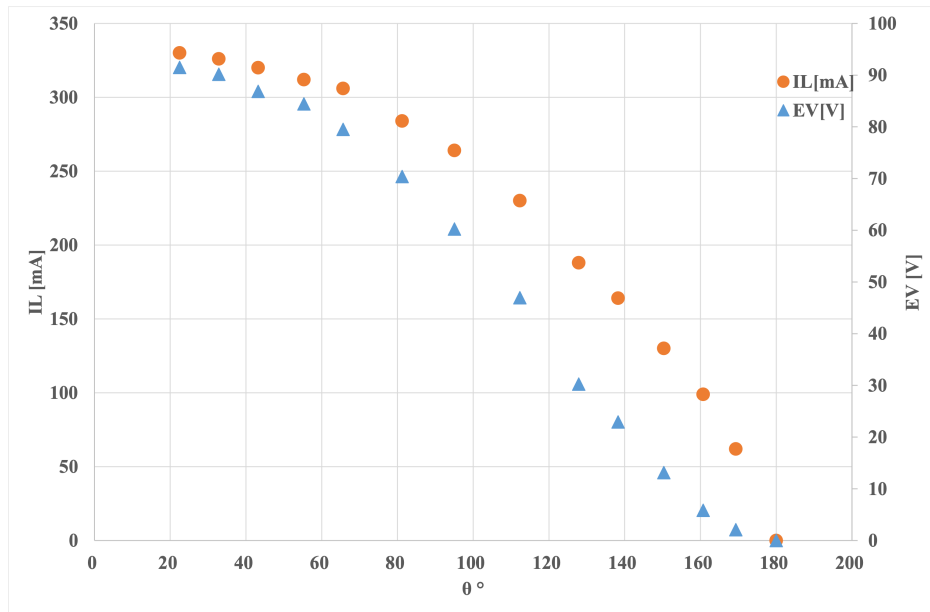


図 8: SCR・UJT 位相制御回路の特性曲線

4 考察

1. SCT・UJT 位相制御回路で観測した波形 1～5 について理論的解析を行え。
 1. AC(100 [V]) より, 60Hz の交流波形が印加されブリッジ形全波整流回路によって整流される.
 2. ツェナーダイオードを使ったクランプ回路により上部が歪む.
 3. RC 積分回路によって積算され, UJT のピーク電圧に達すると UJT が ON になり, 放電が始まる. 放電後再度積算が始まるが, (2) の電圧が 0 に落ちるとその時点で積算が終了し放電する.
 4. パルストランスとダイオードによって, UJT が ON のタイミングのみパルスを放出している.
 5. (1) 同様に整流されるが, ブリッジ内に SCR が存在するため I_G が流れた (パルスと同期している) タイミングより整流している.
2. 総合的考察.

図 8 において, 電流と電圧は比例の関係にあるため曲線はほぼ等しくなりシフトするはずであるが, 特性曲線では微妙にズレている. これはフィラメントの温度上昇に伴い抵抗値が変化するからであると考え.

5 研究

1. SCR, UJT の応用例を示せ.

SCR: 直流送電や静止形無効電力補償装置, 電動機の手速度制御などに用いられる.

UJT: SCR へのトリガーである. 直流の制御電圧増加に伴ってオンとなる時間が増加するよう, 直流電圧も UJT を制御するのに使うことができる, この使い方は大きな交流の制御に重要である.

6 参考文献

- 電力用半導体素子の種類と特性ダイオード、サイリスタ、GTO、IGBT | 公益社団法人日本電気技術者協会 (<https://jeea.or.jp/course/contents/12119/>)
- ユニジャンクショントランジスタ (<https://ja.wikipedia.org/wiki/ユニジャンクショントランジスタ>)