



ปีการศึกษา 2532

Flash Tube Circuit Design

โดย

นาย สุทัศน์ เปรมรศนาพร



ปริญญาโทและปริญญาตรี 2532

เรื่อง Flash Tube Circuit Design

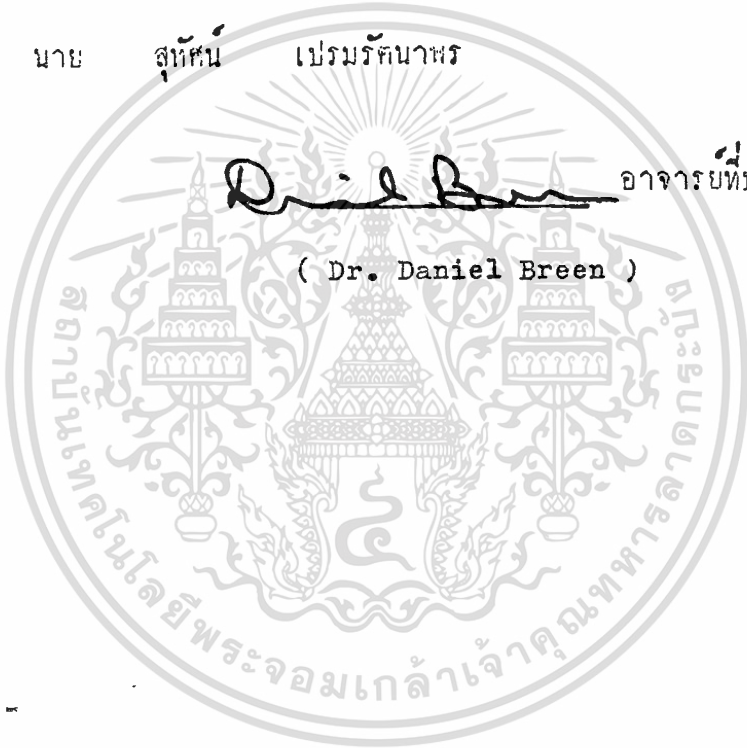
ผู้จัดทำ

นาย สุทัศน์ เปรมรัตนพร

อาจารย์ที่ปรึกษา



(Dr. Daniel Breen)



Flash Tube Circuit Design

สุทัศน์ เปรมรัตน์ 29-1267

ดร.แดนเนยล บริน อ.ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

การทำงานของระบบเลเซอร์นั้นจะเกิดขึ้นได้เมื่ออะตอมหรือโมเลกุลของเลเซอร์มีเคียมถูกกระตุ้นโดยการให้พลังงานเพิ่มโดยวิธีการปั๊ม (Pumping) อะตอมหรือโมเลกุลเหล่านั้นจะเปลี่ยนระดับพลังงานที่สูงขึ้น เนื่องจากเลเซอร์มีเคียมมีคุณสมบัติในการเปลี่ยนแปลง (Transition) ค่าระดับพลังงานของอะตอมเป็นกรณีพิเศษ ดังนั้นสภาวะประชากรผกผันจึงเกิดขึ้นระหว่างระดับพลังงานที่ใกล้เคียงกัน การเกิดประชากรผกผันนั้นนับเป็นค่าหลักของแอมพลิจูด ดังนั้นเลเซอร์มีเคียมจึงไม่อยู่ในสมดุลความร้อน เมื่อเกิดประชากรผกผันขึ้นแล้ว เลเซอร์มีเคียมจึงมีแกนของการขยายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น เมื่อนำคลื่นที่สะท้อนกลับไปกลับมาผ่านกระจก M_1 และ M_2 ซึ่งวางห่างกัน L จะก่อให้เกิดเป็น Optical Resonator ขึ้นและทำหน้าที่ป้อนกลับ เมื่อค่าเกณฑ์เท่ากับค่าสูญเสียของระบบแล้ว จะเกิดเลเซอร์ออสซิลเลชันให้แสงเลเซอร์ออกมา

สารบัญ

บทนำ		
บทที่ 1	ลักษณะทั่วไปของ Flash Tube Circuit	1
บทที่ 2	Flash Tube Circuit ที่ใช้งานจริง	12
บทที่ 3	Optical Pumping กับ ระบบเลเซอร์	18
บทที่ 4	การทดลอง และ ผลการทดลอง	22
บทที่ 5	สรุปและวิจารณ์ ผลการทดลอง	24
หนังสืออ้างอิง		
กิจกรรมประกาศ		



บทนำ

การป้อนพลังงานให้กับตัวกลางเลเซอร์ เพื่อให้มีการกักเก็บพลังงานในรูปของ Population Inversion ในระบบ วิธีการหนึ่งก็คือ ใช้หลอดแฟลชที่มีกำลังสูง หลอดชนิดนี้จะจุดตัวได้โดยใช้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงพร้อมทั้งวงจรจุดชนวน (Trigger Circuit) และเพื่อให้แสงสว่างจากหลอดชนิดนี้ถ่ายทอดให้กับตัวกลางเลเซอร์อย่างมีประสิทธิภาพ จึงควรมีผิวสะท้อนแสง แสงที่ใช้ในการปั๊มพลังงานจากหลอดชนิดนี้มีช่วงเวลาหลายมิลิวินาที แต่แสงเลเซอร์ที่ออกมาจะมีได้เกิดขึ้นตลอดช่วงเวลาดังกล่าวทั้งหมด แต่จะเกิดเป็นชุดของสไปค์ (Spike) ที่มีเวลาสั้นมาก ๆ

ในกรณีที่เราไม่ต้องการให้เกิด Laser Spikes เราจะใช้ขบวนการที่เรียกว่า Q-Switching แสงเลเซอร์ที่ผ่านขบวนการนี้จะเป็น Single Pulse และมีขนาดพลังงานสูงมากในขณะที่มี Pulse Width แคบ ตัวอย่างเช่นพัลส์ที่มีพลังงานรวมเท่ากับ 1 จูล และมีความกว้างของพัลส์ 100 nsec. จะมี Peak Power สูงถึง 10 จูลต่อวินาที ซึ่งเท่ากับ 10 MW !! แสงเลเซอร์ที่มีลักษณะเช่นนี้เรียกว่า Q-Switch Laser

บทที่ 1

ลักษณะของวงจรขั้วหลอดแฟลช

1.1) ส่วนประกอบของวงจร

วงจรขั้วหลอดแฟลช ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1.1.1) วงจรกำเนิดไฟตรงแรงสูง (High Voltage D.C.circuit) ซึ่งงานนี้เราจะใช้วงจรทวีแรงดัน (Voltage Multiplier) จาก 220 VAC มาเป็นไฟแรงสูง DC. ตามต้องการ เช่น 600 v., 1200 v. ขึ้นกับศักดาอาโนดของหลอดแฟลชที่ใช้

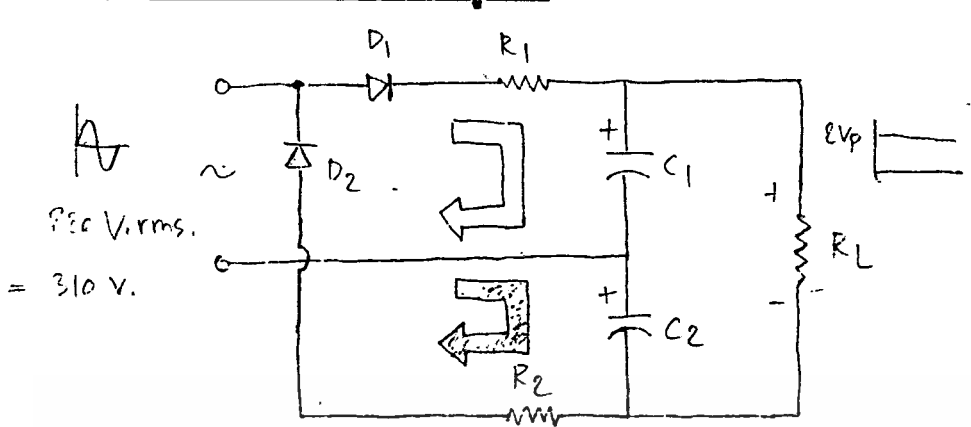
1.1.2) วงจรทริกเกอร์ (Trigger Circuit) ทำหน้าที่ผลิตพัลส์ไฟตรงแรงสูงให้กับขาทริกเกอร์ (trigger) ของหลอดแฟลช เพื่อจุดชนวนให้หลอดแฟลชทำงานได้

1.2) วงจรกำเนิดไฟตรงแรงสูง

งานนี้เราจะใช้วงจรทวีแรงดันจากไฟ 220 V_{ms.} มาเป็นแรงดันที่หลอดแฟลชต้องการ (ดูจาก Spec. ของหลอด) ซึ่งอยู่ในช่วง 350-2000 VDC.

วงจรที่จะแนะนำให้อ่านมีดังนี้

1.2.1) วงจรทวีแรงดัน 2 เท่าแบบฟูลเวฟ



การทำงาน 1) ในครึ่งไซเคิลบวก กระแสไฟ จะไหลเข้าไปประจุ C2 โดยผ่าน D2 และ R2 จนครบวงจร จนมีแรงดันคร่อม C2 เท่ากับ V_p

2) เมื่อถึงไซเคิลบวก กระแสจะประจุ C1 โดยผ่าน D1 และ R1 จนครบวงจร จนมีแรงดันคร่อม C1 เท่ากับ V_p

3) เมื่อครบไซเคิล แรงดันคร่อม R1 จะประมาณเท่ากับ แรงดันคร่อม C1 บวกกับแรงดันคร่อม C2 เท่ากับ $2V_p$

ไดโอด D1, D2 ต้องทนแรงดันย้อนกลับได้เท่ากับ $2V_p$ ซึ่งในที่นี้ V_p เท่ากับ 310 V.

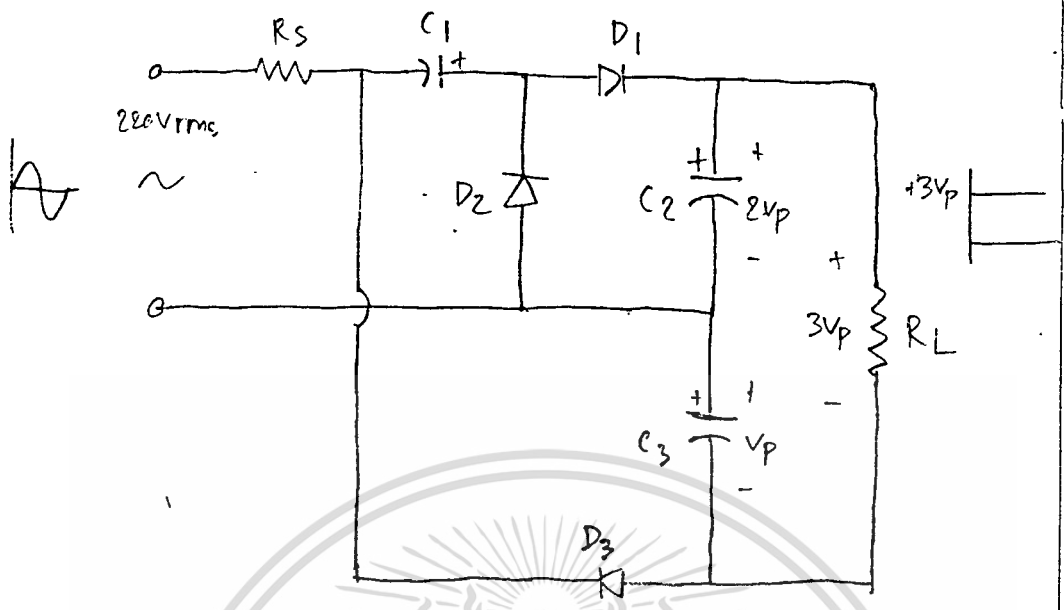
... ไดโอดที่ใช้ขนาด 1 A 1000 V. เบอร์ 1N4007

ตัวเก็บประจุ C1, C2 ต้องทนแรงดันได้อย่างน้อย V_p

R1, R2 ทำหน้าที่จำกัดกระแสพัลส์ที่ประจุ C1, C2 ไม่ให้สูงจนไดโอดเสียหาย ($< 1A$) เนื่องจากตอนเริ่มต้น C1, C2 ยังไม่มีประจุสะสม

$$\dots \text{Voltage}_{C, C2} = 0V.$$

1.2.2 วงจรทวีแรงดันสามเท่าแบบฟลูเวท



การทำงาน

- 1) ในครึ่งไซเคิลลบของไฟสลับ D_2, D_3 จะนำกระแส เป็นผลทำให้ C_1 และ C_3 เสมือนว่าต่อขนานกัน โดยที่ D_1 ไม่นำกระแส ดังนั้น C_1 และ C_3 จะถูกประจุ จนแรงดันไฟคร่อมมีค่าเท่าเท่ากับ V_p
- 2) ในครึ่งไซเคิลบวก D_1 จะนำกระแสแทน D_2, D_3 จะไม่นำกระแส จึงทำให้กระแสไหลจาก R_s, C_1, D_1, D_2 ดังนั้น C_2 จะได้รับการประจุจาก C_1 ที่ต่ออนุกรมกับแรงดันอินพุต จนมีแรงดันไฟสูงสุด $2V_p$ รวมเป็น $3V_p$ คร่อม R_L

โคโรด ต้องทน PIV ได้อย่างน้อย $2V_p$

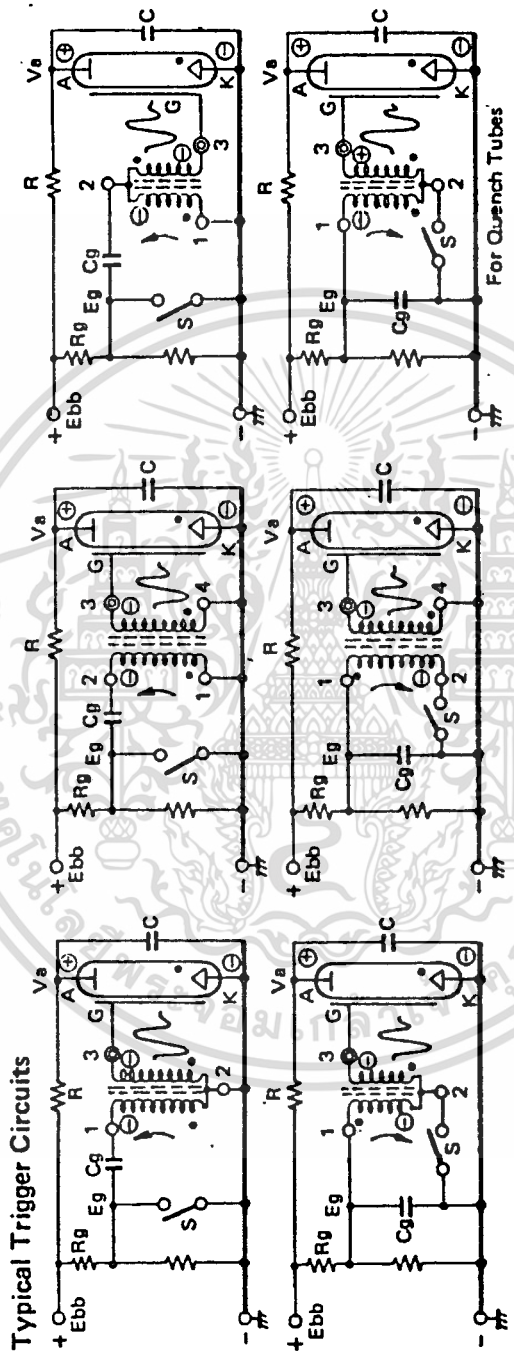
ตัวเก็บประจุ C_1, C_3 ต้องทนแรงดันได้มากกว่า V_p

ตัวเก็บประจุ C_2 ต้องทนแรงดันได้มากกว่า $2V_p$

1.3) วงจรทริกเกอร์ (Trigger Circuit)

วงจรทริกเกอร์ คือ วงจรที่ให้สัญญาณพัลส์ที่มีขนาด 8-20 KV. เพื่อป้อนให้กับขาทริกเกอร์ของหลอดแฟลช เพื่อจุดชนวนให้หลอดแฟลชทำงานได้ วงจรทริกเกอร์ยังมีหลายแบบขึ้นกับว่าต้องการพัลส์บวกหรือลบลักษณะ วงจรแสดงดังนินภาพที่

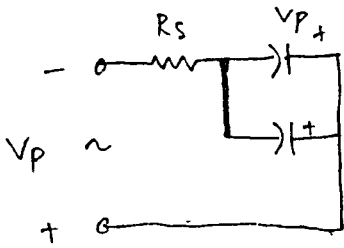
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



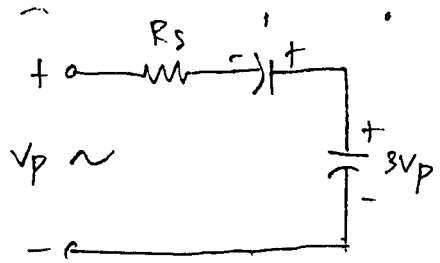
Typical Trigger Circuits

Note: Pulse Test Condition: Output impedance $Z_L = 100 \text{ M}\Omega$ 15 PF (= typical trigger impedance of flashtubes)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ขณะ แรงดันไฟฟ้า AC สูงสุด
ทาง cycle (-)



ขณะ แรงดันไฟฟ้า AC สูงสุด
ทาง cycle (+)

ขณะ แรงดันไฟฟ้า AC สูงสุด
ทาง cycle (-)

ขณะ แรงดันไฟฟ้า AC สูงสุด
ทาง cycle (+)

1.4) การพิจารณาเลือกใช้หลอดแฟลช

1.4.1) หลอดแฟลชซีนอน (Xenon Flash Tube)

หลอดแฟลชมีลักษณะ เป็นหลอดมี 3 ขั้ว คือ อานินด คาโทด และทริกเกอร์ ทำด้วยกระจกหนาหรือควอทซ์ มีขนาดตั้งแต่ 0.5 วัตต์ จนถึง 2000 วัตต์ขึ้นไป ภายในหลอดบรรจุด้วยก๊าซซีนอน ซึ่งเป็นก๊าซเฉื่อย มีความดันประมาณ 200-500 ทอร์ ขึ้นกับการใช้งานปกติเมื่อมีศักดาคร่อม อานินด-คาโทด สูงพอ จะยังไม่มีกระแสไหล เพราะความต้านทาน อานินด-คาโทดสูงถึง 100 M และมีความจุของ C. ตกค้างประมาณ 10-30 PF เมื่อให้พัลส์แรงสูง ประมาณ 10 KV. ขึ้นไป กระแสที่ชาร์ทริกเกอร์ จะทำให้เกิด สนามไฟฟ้าแรงสูงตามสมการ

$$E = V/D \quad (\text{โวลต์/เมตร})$$

โดยที่ v คือ แรงดันขด Sec. ของทริกเกอร์คอยล์

d คือ ระยะห่างระหว่างขั้ว ทริกเกอร์กับ คาโทด

ความเข้มสนามไฟฟ้าแรงสูงนี้จะทำให้ อะตอมของก๊าซซีนอนแตกตัวเป็นอิออน
 ารูปของพลาสมา ทำให้หลอดแฟลชนำกระแสได้ เกิดสนามไฟฟ้าเนื่องจากศักดา อาโนด-คาโทด
 และอิเล็กตรอนที่หลุดออกมานี้จะ เคลื่อนที่ไปชนอะตอมอื่นทำให้เกิดการ เปลี่ยนระดับพลังงานของ
 อิเล็กตรอน ให้แสงออกมาในช่วง เวลาหนึ่ง

ทฤษฎีของพลาสมาในสนามไฟฟ้าความเข้มสูง หาอ่านได้จากหนังสือเกี่ยวกับ
 วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง

แสงที่ออกจากหลอดแฟลช เป็นแสงสีขาวมีสเปคตรัมกว้างมาก แสงมีลักษณะ
 กระจายออกไปรอบด้าน ถ้าหากต้องการให้มีทิศทางใดทิศทางหนึ่งจะต้องมีแผ่นสะท้อนแสง ;
 (Reflector)

1.4.2) คุณสมบัติของหลอด

1) ความต้านทานของหลอด

เราสามารถหาความต้านทานของหลอดแฟลชขณะ นำกระแสได้จาก

$$R_T = \frac{\rho L}{A}$$

โดยที่ R_T คือ Tube Impedance (อ)

ρ คือ Resistivity of Plasma (ohm-cm.)

L คือ Arc Length (cm.) ปกติมักบอกมาเป็นนิ้ว

D คือ Bore of Tube (cm.)

$$R_T = \frac{0.048 L}{D^2} \quad (\rho = .015)$$

$$R_T \equiv \frac{0.065 L}{D^2} \quad (\rho = .020)$$

โดยที่ L มีหน่วยเป็นนิ้ว

T คือ ความยาวนานของแสงแฟลช หน่วยเป็น s.

T หาได้จากสูตร

$$L = \frac{R_T T}{4}$$

$$C = \frac{.064 T}{R_T}$$

$$V = \left(\frac{2E}{C} \right)^{1/2}$$

$$E = 1/2 CV^2$$

2) อุณหภูมิที่ผิวหลอดไม่ควรเกิน 200 C

3) กำลังเฉลี่ยสูงสุดของหลอด (วัตต์)

$$= \text{พลังงาน(จูล)} \times \text{อัตราแฟลชต่อวินาที}$$

$$= \frac{\text{พลังงาน(จูล)}}{60} \times \text{อัตราแฟลชต่อนาที}$$

60

1.4.3) การสร้างหลอดแฟลช

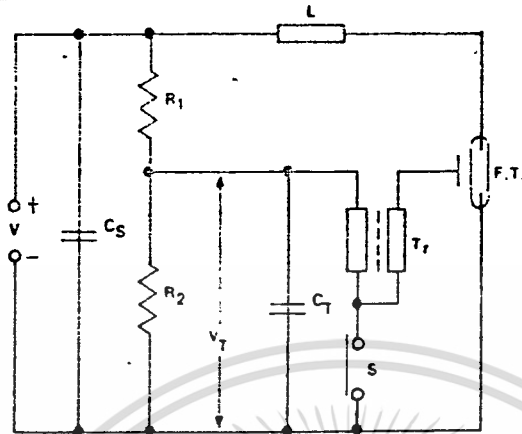
หลักใหญ่ในการสร้างหลอดแฟลช ค่อนข้างง่าย เราเริ่มจากสร้างหลอดควอทซ์หรือแก้ว ให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ ที่เหมาะกับการใช้งาน แล้วบรรจุก๊าซซีนอน หรือก๊าซเฉื่อยอื่น ๆ เช่น คริปตรอน อาร์กอนที่ความดัน 200-500 ทอร์ ตามการใช้งาน จากนั้นก็ปิดผนึกอิลเลคโตรดที่ปลายหลอดภายนอก ต่อจากนั้นก็ใส่ทริกเกอร์ ทำโดยเอาลวดมาพันรอบ ๆ หลอดแล้วต่อขาออกมา

สมรรถนะของหลอดแฟลชที่สร้างขึ้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดัง เช่น

- ชนิดของหลอดแก้ว หรือ ควอทซ์
- เส้นผ่านศูนย์กลางของหลอด
- การออกแบบอิลเลคโตรด
- ความดันของก๊าซซีนอนและส่วนผสม
- วิธีการทริกเกอร์หลอดแฟลช

1.4.4) วงจรหลอดแฟลช

Figure 1. Basic Flash Circuit



V	dc Operating Voltage
C _S	Energy Storage Capacitor
R ₁ , R ₂	Resistors used for Dividing Voltage
C _T	Trigger Capacitor
L	Choke (required only when MP storage capacitor is used)
T _r	Trigger Coil
S	Switch
FT	Flashtube

การทำงาน

1. ตัวเก็บประจุ C_s ที่ต่อขนานกับหลอดแฟลชถูกประจุ
2. ตัวเก็บประจุ C_t ถูกประจุโดยศักดาที่เหมาะสม ซึ่งได้จาก Voltage Divider ที่ประกอบด้วย R_1 และ R_2
3. ขดลวดของทรานส์ฟอร์เมอร์และสวิตช์ S ต่อในลักษณะขนานกับ C_t และปลายขดเซคคันดารี ติดไว้กับขา ทรานส์ฟอร์เมอร์ของหลอด
4. เมื่อ สวิตช์ปิดลง C_t คายประจุผ่านทรานส์ฟอร์เมอร์ ทำให้เกิด HV.

Pulse รอบนอกหลอดแฟลช

5. พัลส์นี้ทำให้เกิดไอออนในก๊าซขึ้นนอน ทำให้ความต้านทานระหว่างขั้วอิเล็กโตรดต่ำลง
6. เมื่อความต้านทานนี้ต่ำลง ตัวเก็บประจุ C_s จะคายประจุผ่านหลอดแฟลช
7. อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่อันเกิดจาก C_s นี้คายประจุ จะกระตุ้นอิเล็กตรอนตัวอื่น ๆ ในโมเลกุลของก๊าซขึ้นนอน ให้เปลี่ยนระดับพลังงานสูงขึ้น หรืออาจวิ่งชนอิเล็กตรอนตัวอื่นให้หลุดออกจากอะตอม



8. เมื่ออิเล็กตรอนเหล่านี้กลับคืนสู่สภาพเดิม (Ground State) พลังงาน

จะถูกปล่อยออกมาในรูปโฟตอน หรือ แสง

1.4.5) สเปกตรัมของแสง

หลอดฟลูออโรซีนอนให้แสงออกมาจากช่วง $0.2 \mu\text{m}$. (uv) จนถึงประมาณ $2 \mu\text{m}$. (IR.) และมีความเข้มสูงสุดที่ $0.48 \mu\text{m}$. และ $0.8 \mu\text{m}$. ช่วงแสงที่คาดมองเห็นคือ $0.4 \mu\text{m}$. ถึง $0.7 \mu\text{m}$. สีของอุณหภูมิ โดยปกติตรงกันกับวัตถุดำ (Black Body) ที่ระหว่าง 6000 K และ 7000 K เมื่อความหนาแน่นกระแสที่ผ่านหลอดฟลูออโรซีนอนเพิ่มขึ้น จะมีการเลื่อนสเปกตรัมไปทางสีน้ำเงิน (Blue shift) ความหนาแน่นของกระแสขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอด, พลังงานอินพุตที่จ่ายให้หลอด และเวลาในการคายประจุของตัวเก็บประจุ C.

1.4.6) ความหมายของข้อมูลต่าง ๆ จากสเปกหลอดฟลูออโรซีนอน

- ศักดาอาโนดที่ออกแบบ
(Design Anode Voltage)

หลอดฟลูออโรซีนอนจะถูกออกแบบไว้ใช้ที่ศักดาเฉพาะตัว สมรรถนะส่วนใหญ่

จะถูกกำหนดไว้ที่โวลต์เดจนี้

โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 250 V.-9000 V.DC ขึ้นอยู่กับงานที่ใช้

- ศักดาอาโนดต่ำสุด
(Minimum Anode Voltage)

คือ ศักดาอาโนดต่ำสุดที่หลอดจะทำงานอย่างเชื่อถือได้

- ศักดาอาโนดสูงสุด
(Maximum Anode Voltage)

คือ ศักดาอาโนดสูงสุดที่ยอมรับได้เพื่อการทำงานที่ปลอดภัย

- พลังงานหลอดแฟลชสูงสุด

(Maximum Flash energy)

แสดงค่าพลังงานสูงสุดของ อินพุท ที่ยอมได้สำหรับแสงแฟลชหนึ่งครั้ง

W_s ; พลังงานอินพุทแต่ละแฟลช เท่ากับ $1/2 CV^2$ จูล

C. คือ ความจุของตัวเก็บประจุในวงจรขับ, ฟารัด

V คือ ศักดาคร่อมตัวเก็บประจุในวงจรขับ, โวลต์

- กำลังอินพุทสูงสุดเฉลี่ย

(Average Power Input Maximum)

แสดงค่ากำลังเฉลี่ยอินพุทสูงสุดที่ถูกจำกัดไว้โดย ความสามารถในการระบาย

ความร้อนของหลอด สิ่งนี้แสดงว่าที่อัตราแฟลชสูงขึ้น พลังงานต่อแฟลชต้องลดลง

กำลังอินพุทสูงสุด $P_i = W_s \times f_r$ วัตต์

W_s คือ Energy Input per flash จูล

f_r คือ Flash Rate ครั้งต่อวินาที

- ศักดาทริกเกอร์พัลส์ต่ำสุด

(Minimum Trigger Pulse Voltage)

แสดงค่าศักดาต่ำสุดของ เอาท์พุทพัลส์ที่ใช้ในการจุดหลอดขณะศักดาอาโนด

ต่ำสุด ทริกเกอร์ควรจะเป็นลบ เนื่องจาก พัลส์ลบโดยทั่วไปมีประสิทธิภาพดีกว่ากับ คาโทด กราฟานด์

แต่สำหรับหลอดควอนซ์ (Quench) พัลส์บวกมีประสิทธิภาพดีกว่า

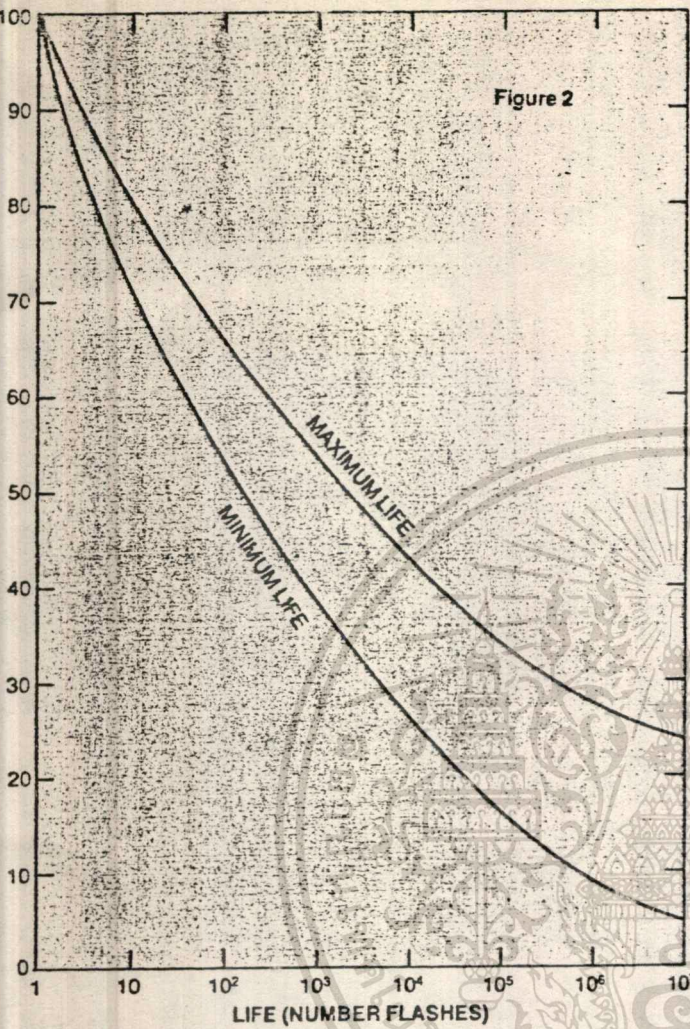
- อายุใช้งาน

(Noninal Flash Life)

อายุการใช้งานของหลอดแฟลช แสดงถึงจำนวนครั้งในการแฟลชก่อนที่

หลอดจะเสีย หรือก่อนถึง 80% ของแสงเอาท์พุทเริ่มต้น ที่อินพุท

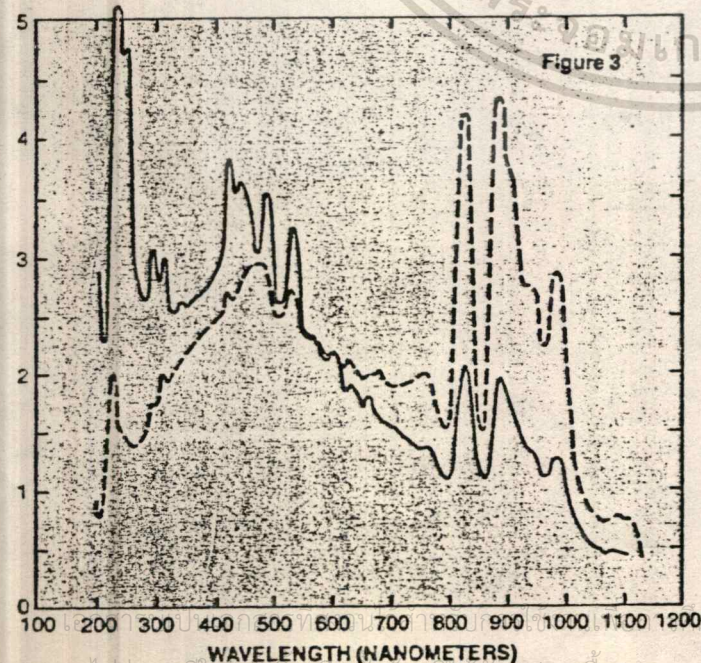
Approximation for Quartz Linear Flashtubes



Notes

1. Life test conditions were performed at ambient temperature of 25°C.
2. End of life is determined when light output decreases to 50% of initial value.

Xenon Flashtube Spectral Output Data



Notes

1. Spectral data curves show the effect of operating the FX-38C-3 (4 mm ID, 3-inch arc length, xenon filled — 400 torr) flashtube at 50 joules input at low and high voltage to enhance either the IR or the UV output.
2. Solid line curve shows data at 50 joules input or 1400 VDC, 51 μ F, 0 inductance. Dotted line curve shows data at 50 joules input or 700 VDC, 205 μ F, 0 inductance. Shifts in spectral data are primarily due to changes in current density, J, amps/cm². Higher current density, J, shifts spectral output toward the shorter wavelengths or blue region, UV. Conversely lower current density, J, shifts spectral output toward the longer wavelengths or red region, IR.
3. Data was taken using EG&G 580/585 Spectroradiometer System. Spectral resolution 10 nm in the 200–700 nm region; and 20 nm in the 700–1200 nm region.

บทที่ 2

วงจรขับหลอดแฟลชที่ใช้งานจริง

2.1) การออกแบบวงจรขับหลอดแฟลช

2.1.1) ข้อมูลที่กำหนดให้

1. เลือกใช้หลอดแฟลช FT -218

ซึ่งมีศักดาอาโนดที่ออกแบบ = 620 V.

พลังงานสูงสุดในหนึ่งแฟลช = 250 จูล

อัตราการแฟลช = 4 ครั้ง/นาที

ศักดาทริกเกอร์ต่ำสุด = 6 KV

สำหรับใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานแสง (Optical Pumping) ให้กับ

เลเซอร์นั้นควรเลือกใช้หลอดแฟลชแบบ Helical

2. เพื่อความเหมาะสมเราจะใช้หลอดแฟลช 5 หลอด ซึ่งมีความยาวประมาณ 10 cm. (แท่ง Nd ยาว 9 cm.)

2.1.2) การออกแบบ

1. คำนวณกำลังเฉลี่ยสูงสุด ของหลอด 1 หลอด

$$= \text{Max Energy per Flash} \times \text{Flash Rate}$$

$$= 250 \times 4 / 60$$

$$= 16.67 \text{ watts}$$

2. เราต้องการใช้ 5 หลอด ... กำลังงานเฉลี่ยสูงสุด 84 w.

3. กำลังงานอินพุตในสายเมน = 100 w. (Assume Loss = 16 %)

4. คำนวณฟิวส์ที่ใช้ในสายเมน = 100/220

$$= 0.45 \text{ A.}$$

∴ เลือกใช้ฟิวส์ขนาด 0.5 A

ถ้า $P_{in} > 100 \text{ w.}$ ฟิวส์จะขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เราเลือกใช้งานจลน์แรงดัน 2 เท้า แบบ ฟลวเวท

$$\begin{aligned} \text{หา } C_s \text{ จาก } 1/2 CV^2 &= 5 * \text{Max Energy per Flash} \\ &= 5 * 250 \\ &= 1250 \end{aligned}$$

แต่เพื่ออายุการใช้งานของหลอดให้ยาวนาน เราต้องการพลังงานเพียง 460 จูล ซึ่งเป็น 36.8% ของ Energy Max ที่ทำได้ด้านนี้

$$V = 620 \text{ VDC}$$

$$\therefore C_s \text{ หาได้} = 2400 \text{ uF}$$

ใช้ C ขนาด 4800 uF ขนาด 310 V. 2 ตัวต่ออนุกรมกัน

6. การคำนวณ R_a , R_b

เนื่องจากทริกเกอร์คอยล์ ต้องการอินพุตประมาณ 250 V.DC เพื่อให้ได้พัลส์ประมาณ 15 KV. ขึ้นไป (ต้องการมากกว่า 8 KV.)

$$\text{ใช้ } R_b = 4.7 \text{ M. และ } R_a = 1.2 \text{ M}$$

$$\begin{aligned} \text{ใช้ } R \text{ ค่ามาก ๆ เพื่อให้คั้งกระแสให้น้อยสุด} &= \frac{310}{(4.7 + 1.2) \text{ M}} \\ &= 52 \text{ uA.} \end{aligned}$$

7. การคำนวณหา C_T

คำนวณจากช่วงเวลาที่ต้องการในการประจุ C_T จนเต็ม = 1 วินาที

$$1 = 5t$$

$$\therefore t = 0.5 \text{ วินาที}$$

$$\text{โดยที่ } t = (R_a // R_b) \times C_T$$

$$R_a // R_b = 955 \text{ K}$$

$$C_T = 0.2 / 955 \text{ K}$$

$$= 0.2 \text{ uF}$$

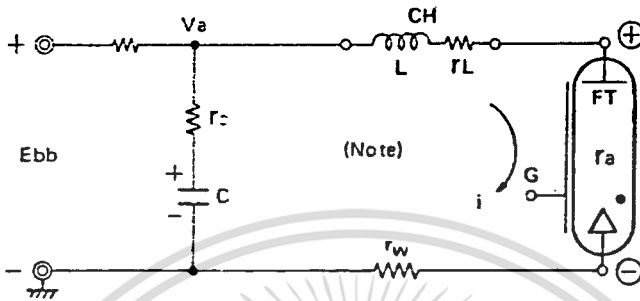
๘ ต้องทนแรงดันได้ 250 V ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2) การทดสอบและปรับแต่ง

ในทางปฏิบัติเราต้องใช้ Choke Coil เพื่อลดกระแสสูงสุดที่ผ่านหลอดแฟลช มิฉะนั้น หลอดอาจแตกได้ ซึ่งเราสามารถคำนวณได้

2.2.1) การคำนวณหาค่าอินดักแตนซ์ของใช้คคอยล์
Typical Applied Circuit



- r_a = Arc Resistance of Flashtube
- r_L = Surface Resistance of CH = 1.15 r_L dc
- r_w = Surface Resistance of Cable Wire = 1.15 r_w dc
- r_c = Surface Resistance of Main Capacitor
- r = Total Resistance = $r_a + r_L + r_w + r_c$ Ω

R_a = ความต้านทานอาร์ (Arc Resistance) ของ หลอดแฟลช

R_L = ความต้านทานเชิงผิวของใช้ค (Surface Resistance)

= 1.15 R_L dc

R_w = ความต้านทานเชิงผิวของสายไฟ

= 1.15 R_w dc

R_c = ความต้านทานเชิงผิวของตัวเก็บประจุเมน

R = ความต้านทานรวมทั้งหมด

= $R_a + R_L + R_w + R_c$

จากการใช้ KV.L รอบ loop เราจะหา i ได้

i = กระแสชั่วขณะใด ๆ

$$= \frac{2 V_a}{K} e^{-at} \sin pt$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ α = แคมป์แอดเตอร์ (Damping Factor)
 $= \frac{r}{2L}$
 β = แอดเตอร์ของลักษณะความถี่ (Characteristic Frequency Factor)
 $= \frac{k}{2L}$
 K = แอดเตอร์แบ่งแยกแบบดับพลัน (Transient Discrimination Factor)

$$= \sqrt{\frac{4L}{C} - r^2} \leq 1.4$$

และเราสามารถหาค่ากระแสพัลส์สูงสุดได้จาก $\frac{di}{dt} = 0$

$$i_{m1} = \frac{V_a}{\sqrt{L/C}} e^{-\alpha t_{m1}}$$

โดยที่ $\alpha t_{m1} = \frac{\alpha}{\beta} \tan^{-1} \left(\frac{\beta}{\alpha} \right)$

และถ้าเราให้ t_p แทน ความกว้างของพัลส์ เป็นวินาที

t_p คือ ช่วงเวลาของพัลส์ที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มจาก 1/3 ของค่าสูงสุด จนตกกลับมาที่ 1/3 ของค่าสูงสุด อีกครั้ง

$$t_p = 2.5 \sqrt{LC}$$

ค่า t_p ที่เหมาะสมกับการใช้งาน คือ ประมาณ 2.5 msec.

$$\therefore L = \frac{t_p^2}{2.5^2 C}$$

ซึ่งเราจะเลือกใช้ $L = 400 \mu H$ $C = 2400 \mu F$.

2.2.2) วงจรที่ใช้งานจริง

รายละเอียดอุปกรณ์

1. ตัวเก็บประจุ C_{01}, C_2 คู่มือการสร้าง
2. ทรานซิสเตอร์คอปเปลีย์ 1 ขั้วของ EG & G เบอร์ TR 132 C ซึ่งมีศักดาอินพุท
ในช่วง 150 - 350 V.DC
3. ไรซ์คอปเปลีย์ (Choke Coil)

การสร้าง ไรซ์ลวดทองแดงขนาด 10 AWG หรือ 12 SWG พันบน
แกนที่ไม่ใช่โลหะยาว 2 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 1/2 นิ้ว
เป็นจำนวน 5 ชั้น ๆ ละ 10 รอบ หลังจากนั้นต่อชั้นส่วนพลาสติก
ขนาด 4 นิ้ว x 2.75 นิ้ว 2 ชั้น เจาะเป็นช่องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง
1 1/2 นิ้ว ทั้ง 2 ชั้น มาประกอบปลายทั้งสองของแกนตามรูป

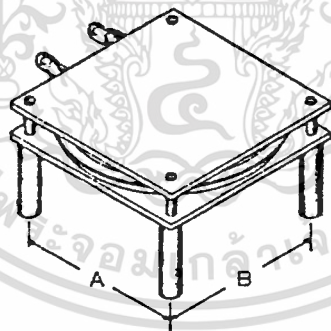


FIG. 2

บทที่ 3

Optical Pumping กับระบบเลเซอร์

ตามที่ได้เรียนรู้ว่าบทบาทหลักของการเลเซอร์ ซึ่งระบบเลเซอร์นั้น จะต้องประกอบด้วย องค์ประกอบที่สำคัญคือ

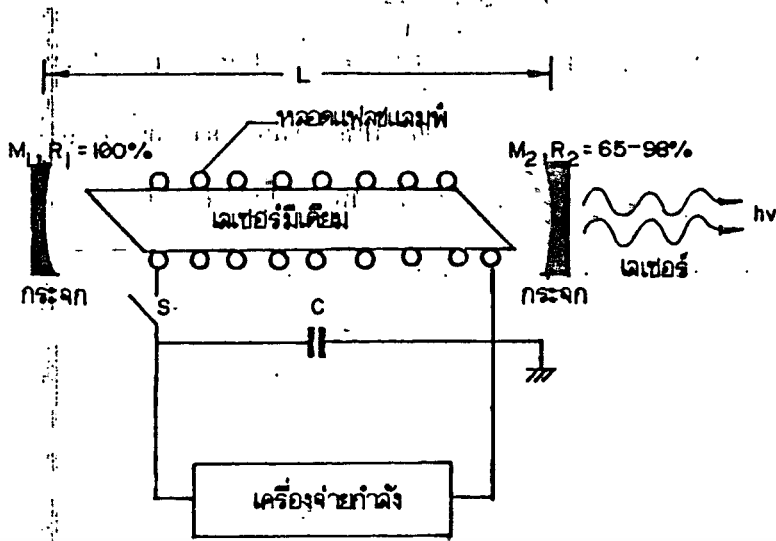
1. เลเซอร์มีเดีย (Laser Medium)
2. ประชากรผกผัน (Population Inversion)

ในเลเซอร์มีเดีย

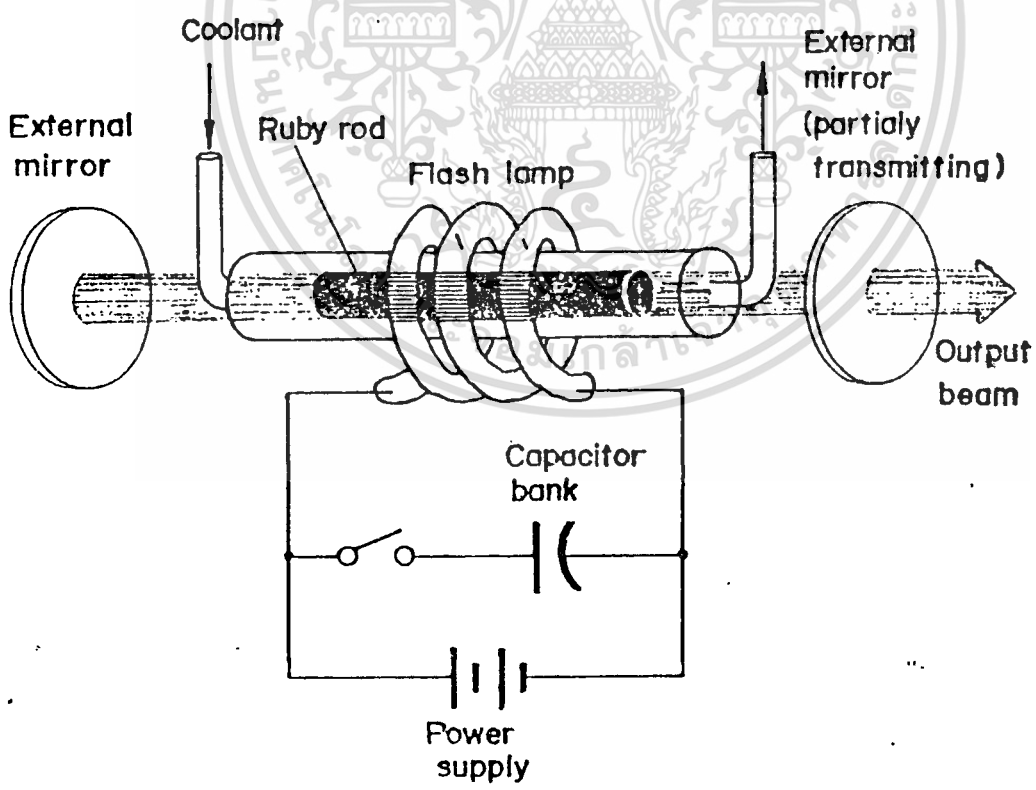
3. ออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Optical Resonator) เพื่อทำการบ้อนกลับ (Feedback) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายในเรโซเนเตอร์

นอกจากนี้ได้มีการอธิบายถึงการทำให้เกิดสภาวะประชากรผกผันในเลเซอร์มีเดีย โดยวิธีการกระตุ้นให้พลังงานแก่อะตอมและโมเลกุลของเลเซอร์มีเดีย วิธีการนี้เรียกว่า พัมป์ (Pumping) ซึ่งในกรณีนี้จำเป็นต้องมีเครื่องจ่ายกำลัง จ่ายกำลังงานให้แก่หลอดแฟลช (Flash lamp) หรือจ่ายกำลังงานให้หลอดครอน กรณีที่ใช้หลอดครอนดีสชาร์จ เพื่อการพัมป์

ระบบเลเซอร์โดยทั่วไปจะเป็นระบบที่แสดงในรูป 3.1 ที่ประกอบด้วยเลเซอร์มีเดีย ซึ่งอาจเป็นแท่งผลึก แก๊สผสม หรือของเหลว โดยที่เลเซอร์มีเดียจะถูกจัดอยู่ในออปติคัลเรโซเนเตอร์ ที่ประกอบด้วยกระจกเคลือบสารไดอิเล็กตริก M1 และ M2 ที่มีค่าสะท้อนกลับ R1 และ R2 ตามลำดับ โดยทั่วไป R1 จะมีค่าสะท้อนกลับ 100% และ R2 มีค่าสะท้อนกลับอยู่ระหว่าง 70-90% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเลเซอร์มีเดีย ระบบอิลคทรอนิคส์นั้นเกี่ยวกับเครื่องจ่ายกำลังที่จะจ่ายกำลังให้หลอดแฟลชเพื่อการพัมป์เลเซอร์ให้เกิดมีประชากรผกผันขึ้น เมื่อทุกองค์ประกอบอยู่ในสภาพถูกต้อง เมื่อเปิดสวิตซ์ให้เครื่องทำงาน แสงเลเซอร์ก็จะเกิดขึ้น และถูกปลดปล่อยออกมาจากกระจก M2



แผนภาพแสดงระบบเลเซอร์ (laser system) ที่ประกอบด้วยระบบทางแสง (optics) และระบบทางอิเล็กทรอนิกส์ (electronics) [14]



แสดงแผนภาพของระบบรูบี้เลเซอร์ (Ruby Laser System) ที่ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนและการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ระบบรูบี้เลเซอร์ (Ruby Laser System)

ระบบนี้เป็นระบบแรกของโลก ประดิษฐ์โดย T.H. Maiman ในปี ค.ศ. 1960 เลเซอร์มีเดียม คือ ทับทิมซึ่งมีสีชมพูแดง การทำให้เกิดประชากรผกผันทำได้โดยการใส่แฟลชแลมป์ที่มีความเข้มของแสงสูง โดยที่แฟลชแลมป์มีรูปร่างเป็นเกลียวแบบเฮลิค (Helical Flashlamp) พันรอบแท่งผลึกรูบี้ ผลึกรูบี้จะดูดกลืนแสงในย่านความยาวคลื่นประมาณ 350-650 nm.

รูปที่ 3.2 แผนภาพของระบบรูบี้เลเซอร์ ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ หัวเลเซอร์ ระบบจ่ายกำลัง และออปติคัลคาวิตี ส่วนที่เป็นหัวเลเซอร์นั้นประกอบด้วยแท่งผลึกรูบี้โดยมี Helical Flashlamp พันอยู่รอบ ๆ และมีระบบทำความเย็น โดยใช้น้ำไหลผ่านรอบแท่งผลึกที่ขั้วบวกและขั้วลบ ของเครื่องจ่ายกำลัง ซึ่งประกอบด้วย ระบบศักดาสูงต่อกับตัวเก็บประจุ ที่จะทำหน้าที่ชาร์จแฟลชแลมป์ โดยปกติเครื่องจ่ายกำลังจะต้องจ่ายศักดาสูงประมาณ 0-5 กิโลโวลต์ ระบบออปติคัลคาวิตี (Optical Cavity) นั้นประกอบด้วยกระจก M1 และ M2 ที่เคลือบด้วยสารไดอิเล็กตริก ทำให้มีค่าสะท้อนกลับ $R1 = 100\%$ และ $R2 = 80-90\%$ ตามลำดับ

คุณสมบัติของระบบรูบี้เลเซอร์

ความยาวคลื่น	=	694.3 nm., 692.7 nm.
พลังงาน/พัลส์แบบควิวิต	=	1 จูล
พลังงาน/พัลส์แบบปกติ	=	10 จูล
ความกว้างของพัลส์แบบควิวิต	=	10×10^{-9} วินาที
พิคเพาเวอร์ของพัลส์ปกติ	=	2×10^4 วัตต์
พิคเพาเวอร์ของควิวิตพัลส์	=	2×10^7 วัตต์
บีมโศกเวอเจน	=	2-20 มิลลิเรเดียน

3.2 ระบบนีโอติเมียมแยกละเซอร์ (Nd:YAG Laser System)

ระบบ Nd:YAG Laser เป็นระบบโซลิดสเตทเลเซอร์ อีกระบบหนึ่งที่
รู้จักแพร่หลาย ในปี ค.ศ.1964 J.E.Geusic และคณะ ได้ชี้แจงผลึก
Nd:YAG เป็นเลเซอร์มีเดีย การทำให้เกิดประชากรผกผันทำได้โดยการ
ปั๊มด้วยแสงที่บรรจุก๊าซซีนอน ที่ให้ความเข้มของแสงสูง ทำการปั๊มที่ผลึก
แห่ง Nd:YAG มีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงในย่านความถี่หลาย ๆ ช่วงของ
สเปกตรัมที่ได้จากซีนอนแฟลชแลมป์ แสงเลเซอร์ที่ออกมาจะมีความยาวคลื่น
- 1.0641 ไมโครเมตร

การประยุกต์ใช้งาน

เนื่องจากเลเซอร์แบบนี้มีประสิทธิภาพสูง และมีเสถียรภาพดี ทำให้
เกิดแสงเลเซอร์สะอาด จึงได้มีการนำนีโอติเมียมแยกละเซอร์แบบนี้ไปใช้
เนื่องไปใช้ในการตัด เจาะ แผ่นโลหะ ในวงการแพทย์ก็นำไปใช้ในการผ่าตัด
บริเวณกระเพาะอาหาร นอกจากนี้ยังนำมาเป็นเครื่องวัดระยะทางไกล ๆ เช่น
วัดระยะทาง 10 กม. ความคลาดเคลื่อนเพียง 3 เมตรเท่านั้น

บทที่ ๕

การทดลองและผลการทดลอง

๕.1) การวัดความเข้มของแสงแฟลชโดยใช้ดีจิตอลสเตจเรจสโคป

ต่อวงจรตามรูปที่ ๕.1 แต่ยังไม่ต่อเข้ากับสเตจเรจสโคป ให้เช็ดว่าวงจรทำงานหรือไม่โดยวิธีการต่อไปนี้

๕.1.1) วัดที่แรงโพเทนเชียล D ของ FET, เทียบกับ กราวด์ จากนั้นทำการชอร์ตขา G กับ S 5 ถ้าพบว่าแรงโพเทนเชียล D ลดลง แสดงว่า วงจรปกติให้ทดลองต่อในข้อ ๕.1.2

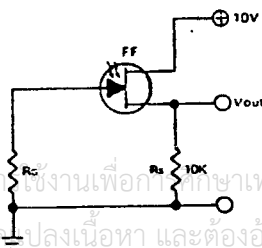
๕.1.2) ต่อจุด A และ B เข้ากับสเตจเรจสโคป จากนั้นให้สับสวิทช์ให้หลอดแฟลชทำงาน พยายามเลื่อนโพเทนเชียลให้เข้ากับหลอดแฟลชให้มากที่สุด จากนั้นให้พลอตกราฟที่อ่านได้จากสเตจเรจสโคปว่ากราฟที่ได้มีลักษณะ เป็นอย่างไร

๕.1.3) ทดลองใหม่หลาย ๆ ครั้ง บันทึกผลดูว่าแตกต่างกันหรือไม่

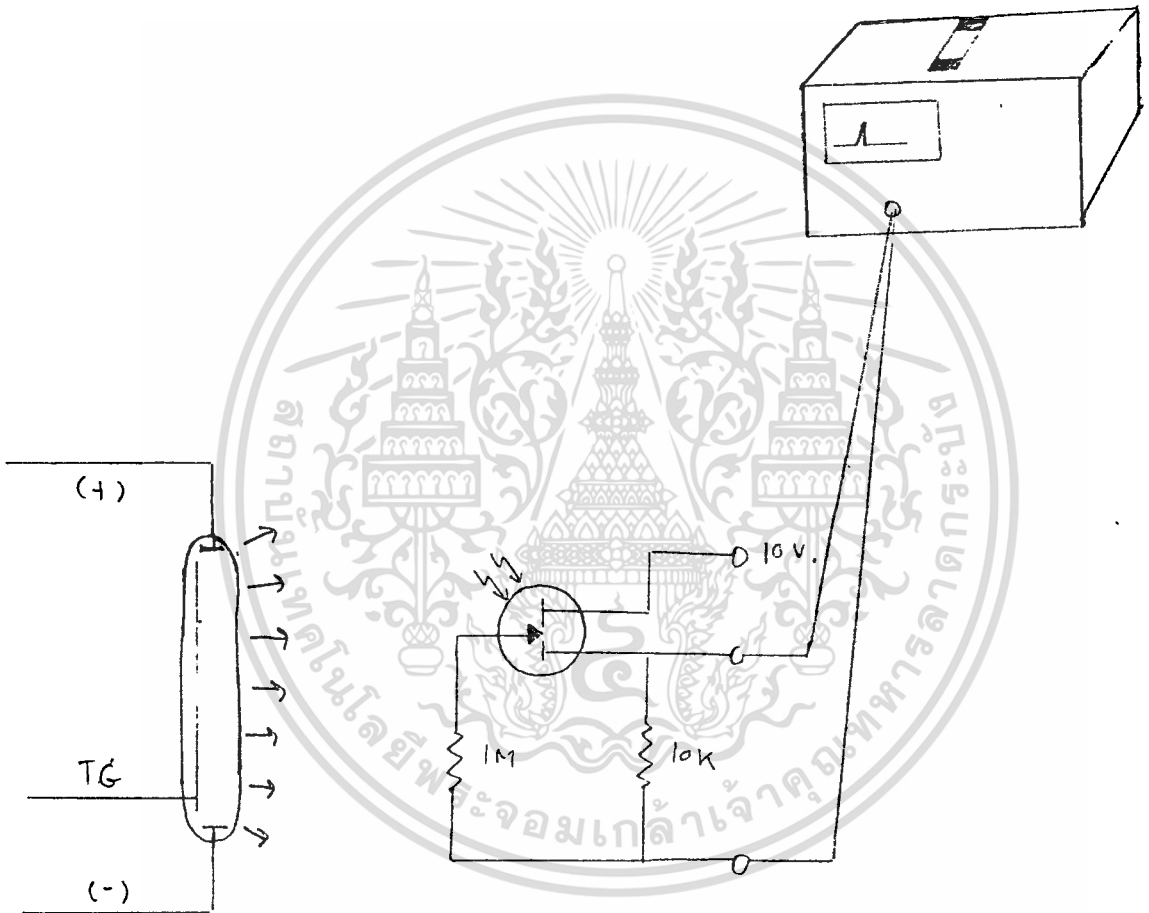
TABLE I -- Source Follower Speed & Sensitivity

Type	SPEED	SENSITIVITY
	Risetime (nS/Kohm (R _G))	At G at 0.9A μA ⁻¹ W ⁻¹ CT ^{1/2} At lens surface
FF102	15-20	4 π ⁻¹ 25 typ
FF108	15-20	3
FF412	10-15	5 min 20 typ
FF413	10-15	2
FF626	50	50 min
FF627	50	16

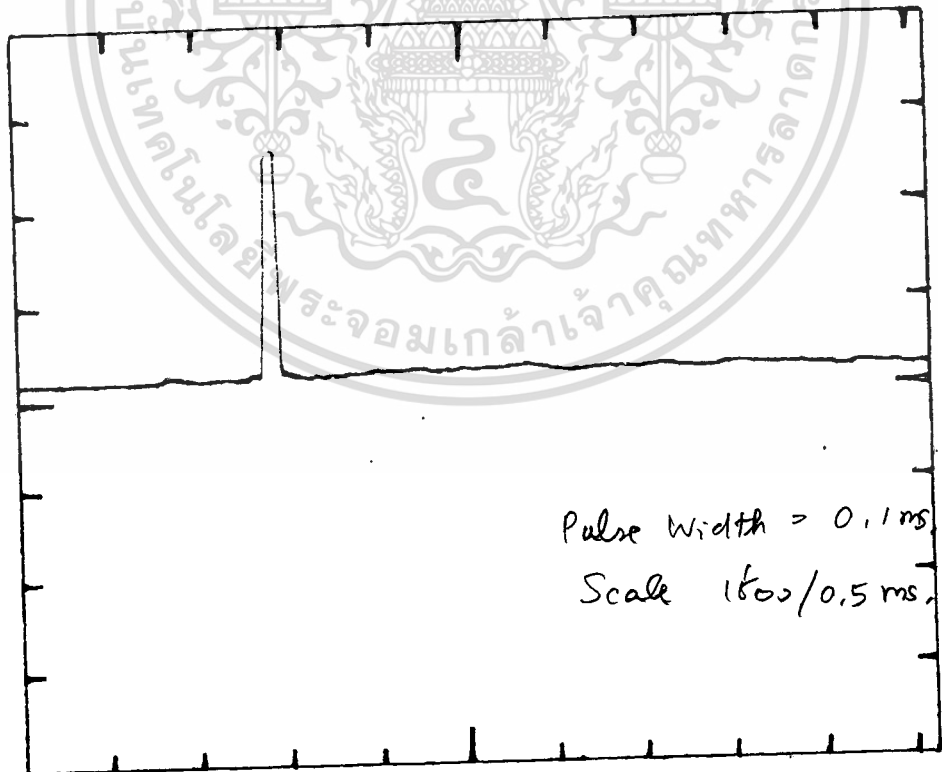
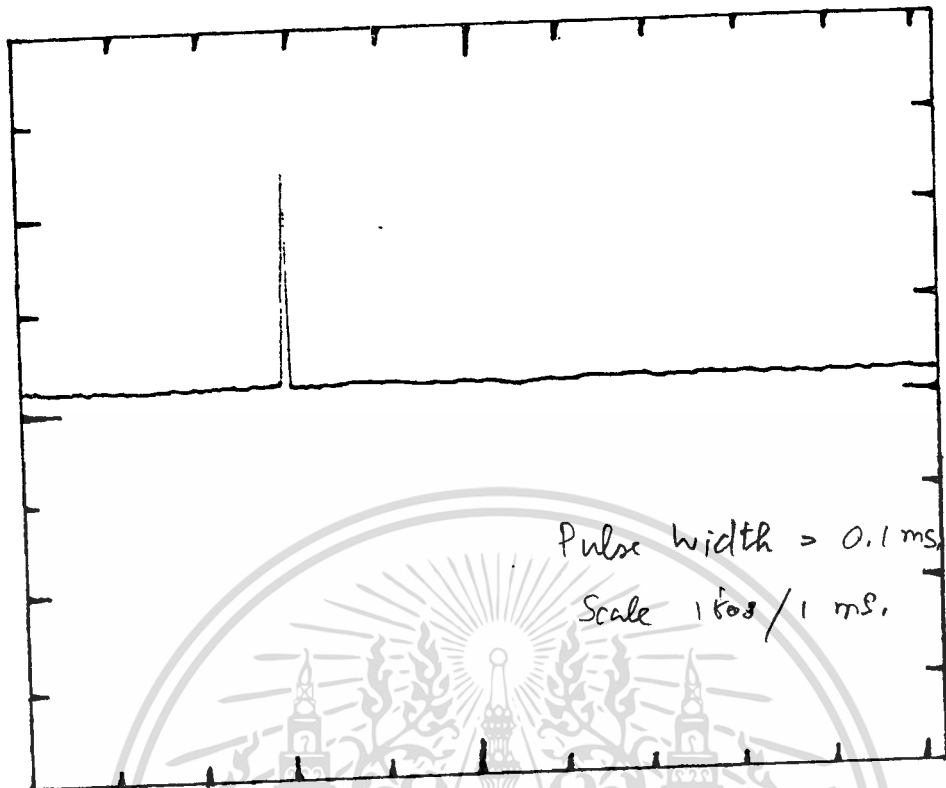
Example: FF102: R_G = 1MΩ
TR = 15μS to 20μS



การเก็บข้อมูลในการทดลอง



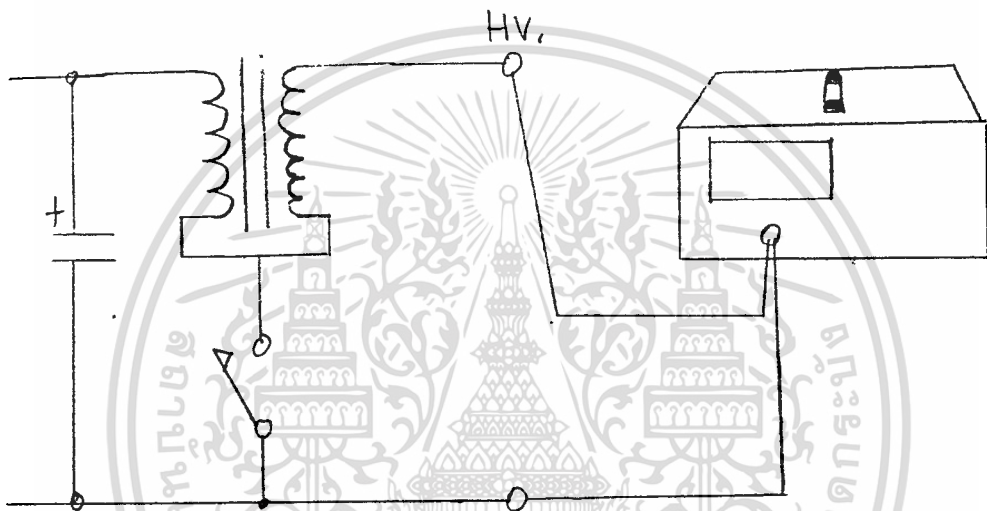
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



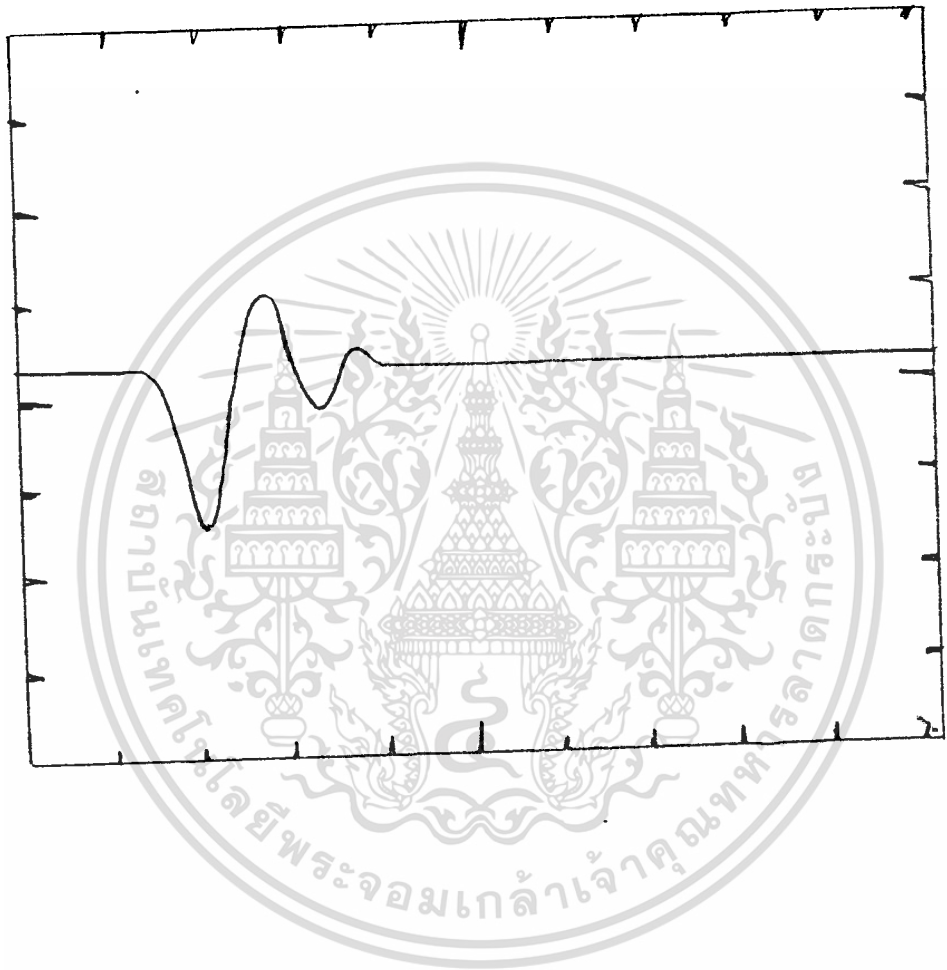
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2) การวัดสภาวะสัญญาณทรานซิสเตอร์

ในตอนที่เราจะทำการศึกษาสภาวะสัญญาณที่เกิดขึ้นที่ทรานซิสเตอร์ควรมีสภาวะอย่างไร เนื่องจากวงจรทรานซิสเตอร์จะให้สัญญาณทรานเซียนท์ จึงต้องใช้สโคปเพื่อวัดการวัดจะวัดในโหมด กี่วี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟแอสซิงโครนัส

Pulse width = 1.2 μ s.

Scale 1 μ s / 1 μ s.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลอง เมื่อวางจรรยาข้อหลอดแสงทำงานให้แสงแฟลชออกมา แสงแฟลชจะผ่านวงจรตรวจจับซึ่งประกอบด้วยโฟโต้เพท ที่ต่อแบบวงจรรวมมอน เดรน เราจะวัดความเข้มของแสง โดยการวัดสัญญาณที่ขา source ของโฟโต้เพท

ในการวัดสัญญาณที่เป็นทรานเซียนท์ (Transient) เราไม่สามารถใช้ Oscilloscope ธรรมดาได้ต้องใช้ Digital Storage Scope คอยติดตาม สัญญาณและค้างภาพไว้บนจอ จากนั้นจึงใช้เครื่องบันทึกกราฟทำการพลอตกราฟที่ อ่านได้จากจอสโคป

ในการทดลองนี้เราพอสรุปได้ว่า

1. เราสามารถวัดความเข้มของแสงได้โดยการวัดกระแสที่ขา source ของโฟโต้เพท
2. ความเข้มของแสงแฟลช เนื่องจากหลอดแฟลชทั้ง 5 หลอด ประกอบด้วยกราฟที่มียอดแคบเพียงยอดเดียว แสดงให้เห็นว่าหลอดแฟลชทั้ง 5 หลอดได้ถูกทริกเกอร์ที่เวลาเดียวกัน อีกนัยหนึ่งว่าการต่อหลอดทั้งหมดขนานกัน โดยมีทริกเกอร์ต่อกัน จะสามารถถูกทริกที่เวลาเดียวกันได้
3. โฟโต้เพทเป็นอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการวัดแสง เพราะมีความไว ในการตอบสนองกับแสงแฟลชได้ดี มีขนาดเล็ก

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการสร้าง Optical Pumping เพื่อใช้กับเลเซอร์นั้นประสิทธิภาพของวงจรมันขึ้นอยู่กับคุณภาพของหลอดแฟลชที่ใช้ ถ้าหลอดมีประสิทธิภาพดี แสงแฟลชที่ออกมาจะมีความเข้มสูง และความกว้างของสเปกตรัมกว้างพอที่เลเซอร์มีเดี่ยมนจะคูคกสั้นได้

ในการทำ Optical Pumping เราสามารถนำหลอดแฟลชแบบเกลียวมาต่อแบบขนานกัน เพื่อให้ได้กำลังมากขึ้น แทนหลอดแฟลชที่ใช้กับเลเซอร์โดยตรงได้โดยมีประสิทธิภาพเหมือนกัน และมีราคาถูกกว่า สามารถหาซื้อได้ภายในประเทศ ส่วนในการนำไปใช้งานเป็นเลเซอร์จริง ๆ นั้นต้องอาศัยวิธีการ Q-Switch เพื่อให้ได้กำลังที่สูงขึ้น ซึ่งอยู่นอกเหนือโครงการนี้



ภาคผนวก

ออปติคัลพัมพ์ (Optical Pumping)

ในตอนนี้อ เราจะทำการศึกษากังกลาภที่ ทำให้ได้แสง เลเซอร์ออกมา และแสดงออกมาให้เป็นหลักการ และองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเกิดเลเซอร์ องค์ประกอบที่สำคัญในการทำให้เกิดเลเซอร์ออกมาได้นั้นก็คือ

1. สารเลเซอร์ (Laser Medium) ที่เป็นระบบอะตอม หรือ โมเลกุลที่เหมาะสมซึ่ง เมื่อเราทำการกระตุ้นโดยการเพิ่มพลังงานให้แก่ระบบแล้ว ระบบนี้จะเกิดมีประชากรผกผัน (Population Inversion)

2. การทำให้เกิดประชากรผกผัน (Creation of Population Inversion) ด้วยขบวนการเพิ่มพลังงานให้แก่ระบบอะตอม หรือโมเลกุล และ ขบวนการเปลี่ยนแปลง (Transition) ระหว่างพลังงานที่อยู่ใกล้เคียงกัน จน ทำให้เกิดประชากรผกผันขึ้น

3. การป้อนกลับ (Feedback) เพื่อเพิ่มขยายอัมปลิจูดของโฟตอน ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงแบบสตีมูเลเต็ดอีมิตชัน (Stimulation Emission) ในการนี้เราจำเป็นต้องใช้ ออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Optical Resonator) ซึ่งประกอบด้วยกระจกเคลือบโลหะเคลดริก หรือโลหะ วางตัวปิด ทับกัน ท้าย ตัวกลาง (Laser Medium) กระจกนี้จะทำหน้าที่ป้อนกลับเพื่อเกิด การขยาย

ในตอนนี้อ เราจะศึกษาเฉพาะการทำให้เกิดประชากรผกผันโดยวิธี ออปติคัลพัมพ์

การเกิดประชากรผกผันในวัตถุนั้นในอดีตทำได้ยากจนกระทั่งนัก วิทยาศาสตร์ได้ใช้เทคนิคขั้นสูง และความรู้ทางด้านสเปกโตรสโคปี (Spectroscopy) ของธาตุและสารประกอบต่าง ๆ มาดำเนินการ การเกิด ประชากรผกผันนั้นสามารถทำได้สำเร็จเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1954 โดย J.P. Gordon และคณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

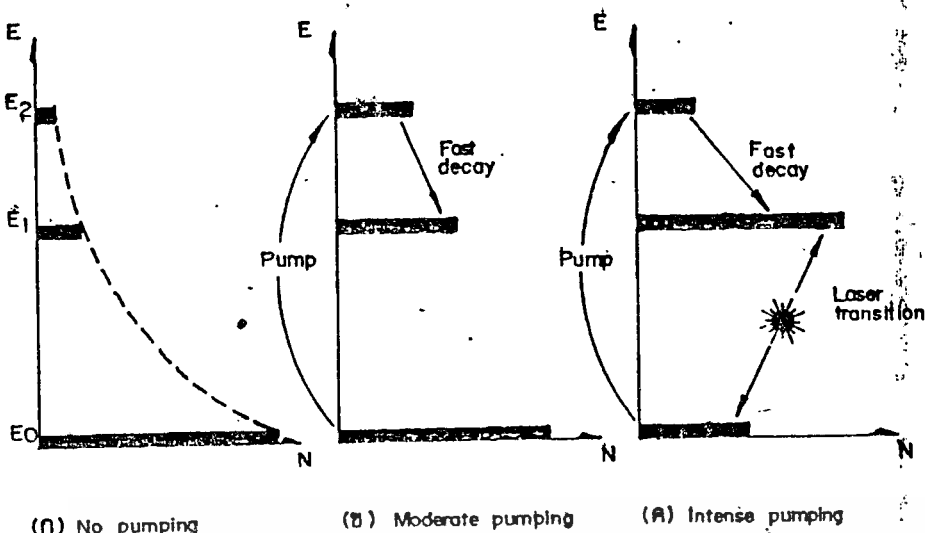
การเกิดประชากรผกผันโดยการใช้แสงเป็นตัวกระตุ้นอะตอม หรือ วมเลกุลเกี่ยวข้องกับระดับพลังงาน 3 ระดับ (Three - Level Optical Pumping) ได้ถูกอธิบายในเชิงทฤษฎีเป็นครั้งแรก โดย N. Blombergen ที่มหาวิทยาลัยฮาวาย ในปี ค.ศ. 1956 ในการนี้เราใช้หลอดแฟลชซีนอน (Xenon Flash Lamp) ที่ให้ความเข้มของแสงสูงมากเป็นตัวกระตุ้น ทั้งนี้หลอดแฟลชให้แสงที่มีสเปกตรัมกว้างมาก เหมาะกับการที่สารเลเซอร์ จะดูดกลืนแสงหลาย ๆ ความถี่ การเกิดประชากรผกผันนั้นแสดงไว้ดังรูป

จากรูป ก) แสดงถึงการกระจายของอะตอม หรือ วมเลกุล ของเลเซอร์มีเดียขณะอยู่ในสภาพสมดุลความร้อน (Thermal Equilibrium) ในขณะที่ยังไม่มีเกิดการเกิดออปติคัลพัมพ์ เราจะพบว่า $N_0 > N_1 > N_2$ โดยที่ $E_0 > E_1 > E_2$ ในกรณีนี้อะตอมหรือ วมเลกุลมีการกระจายแบบโบลซ์มาน (Boltzmann's Distribution)

จากรูป ข) ต่อมาหากเราให้แสงที่มีความเข้มปานกลางมากระตุ้นอะตอมหรือ วมเลกุลเราจะพบว่า การกระจายของอะตอมหรือ วมเลกุลไปสู่ค่าระดับพลังงานต่าง ๆ เราพบว่า $N_0 > N_1$ และ $N_1 > N_2$ ถึงแม้จะมีการลดระดับพลังงานจากระดับ E_2 E_1 อย่างรวดเร็วเป็นแบบนอนเรดิเอทีฟทรานซิสชัน ก็ตามจำนวน N_1 ก็ยังน้อยกว่า N_0 ในกรณีนี้ยังไม่เกิดสภาพประชากรผกผันแต่อย่างใด ดังนั้นยังไม่มีเลเซอร์ออกมา

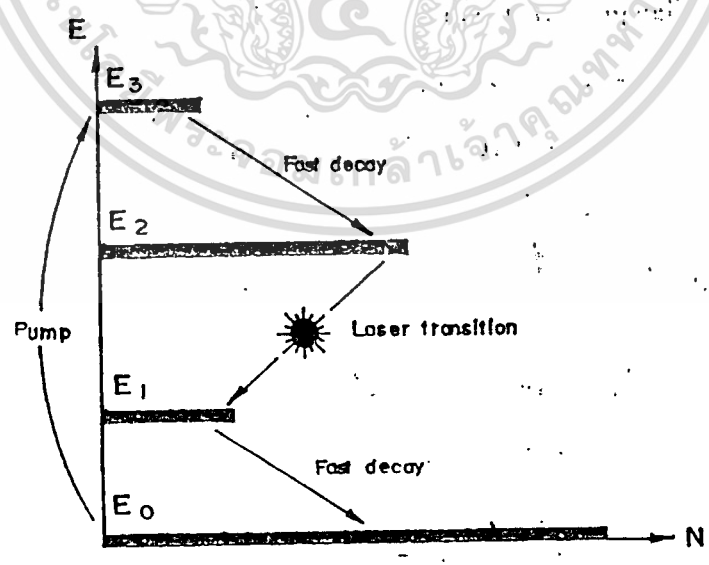
จากรูป ค) หากเราเพิ่มศักดาและกระแสไฟฟ้าให้มากขึ้นแก่หลอดแฟลช ความเข้มของแสงจากหลอด จะมากพอที่จะกระตุ้นให้อะตอมหรือ วมเลกุลของเลเซอร์มีเดียกระจายไปสู่ระดับพลังงานต่าง ๆ ที่ทำให้ $N_1 > N_0$ และ $N_1 \gg N_2$ ในกรณีนี้จะเกิด N_2 มากก็จริงแต่ก็มีการเปลี่ยนระดับพลังงานจาก E_2 E_1 แบบนอนเรดิเอทีฟทรานซิสชันอย่างรวดเร็ว ดังนั้นทำให้ประชากร N_1 ในระดับพลังงาน E_1 เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ประกอบกับที่ระดับพลังงาน E_1 ค่า Life Time ยาวนานกว่าที่จะอยู่ในระดับพลังงาน E_2 ดังนั้นจำนวน $N_1 > N_2$ และ $N_1 \gg N_0$ สภาพประชากรผกผันก็เกิดขึ้นทันที และเลเซอร์มีเดียก็พร้อมจะทวนหน้าที่ขยาย (Amplify) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อันเกิดจากสติมุลเลเต็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) No pumping (ข) Moderate pumping (ค) Intense pumping

แสดงการเกิดประชากรผกผันโดยวิธีการ Three-level optical pumping
 ก) แสดงการกระจายของอะตอมหรือโมเลกุลตามหลักของโบลซ์มานเมื่อเลเซอร์มีเคียมอยู่ในสภาวะสมดุลทางความร้อน ในกรณีนี้ไม่มีออฟทักส์ห้มฟิง
 ข) เมื่อออฟทักส์ห้มฟิงปานกลางจะทำให้เกิดการกระจายของอะตอมและโมเลกุลไปสู่ระดับค่าพลังงานต่าง ๆ มากขึ้น ก) ประชากรผกผัน (population inversion) เกิดขึ้นจากการใช้ออฟทักส์ห้มฟิงที่มีความเข้มสูงมาก



แสดงการเกิดประชากรผกผัน (population inversion)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนที่แฟลชแลมป์ (Flash Lamp) ให้ความเข้มของแสงยาวนาน สภาพประชากรผกผันระหว่างระดับ $|1\rangle$ และ $|0\rangle$ จะยังคงมีต่อไป กล่าวคือ $N_1 > N_0$ และการเกิดเลเซอร์ก็ยังคงดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ จนกว่า N_1 จะน้อยกว่า N_0 ถ้าการกระตุ้นเพื่อให้เกิด $N_1 > N_0$ เป็นแบบต่อเนื่อง (CW) จำนวน $N_1 > N_0$ ก็ยังคงสภาพเช่นนี้ต่อไปซึ่งยังผลให้เกิดแสงเลเซอร์ต่อเนื่องกันตลอดไปเป็นลำแสงออกมา

หากการกระตุ้นเพื่อให้เกิด $N_1 > N_0$ เป็นแบบพัลส์ (Pulse) การเกิด $N_1 > N_0$ ก็จะเป็นพัลส์เช่นกัน และแสงเลเซอร์ที่ออกมา ก็จะเป็นพัลส์เช่นเดียวกัน

การทำให้เกิดประชากรผกผันแบบนี้จำเป็นต้องใช้กำลังงาน การพัมพอย่างมากระยะยาว เพราะการทำให้เกิดประชากรผกผันระหว่างระดับพลังงาน E_1 และ E_0 นั้นทำได้ยาก เพราะจำเป็นต้องทำให้เกิด $N_1 > N_0$ ซึ่งโดยปกติ N_0 ซึ่งอยู่ในระดับพลังงาน E_0 (Ground State) นั้นมีอยู่เป็นจำนวนมากอยู่แล้ว เราจำเป็นต้องกระตุ้นอะตอมในระดับพลังงาน E_0 อย่างน้อย $N_0/2$ ตัวขึ้นไปสู่ระดับ E_2 และ E_1 เพื่อให้ $N_2 > N_0$ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องให้กำลังงานอย่างมากแก่แฟลชแลมป์ ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองมากและอายุการใช้งานของหลอดแฟลชจะสั้นลง

เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงที่จะต้องใช้กำลังงานจำนวนมาก ๆ มากกระตุ้นอะตอมหรืออามเลกุลในกราวด์ สเตท (Ground State) แล้วทำให้เกิดประชากรผกผันแบบ 3 ระดับ (Three - Level Optical Pumping) เราจำเป็นต้องเลือกสรรหาเลเซอร์มีเดียมที่มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น กล่าวคือ เลเซอร์มีเดียม จะต้องมียกระดับพลังงานอย่างน้อย 4 ระดับพลังงาน

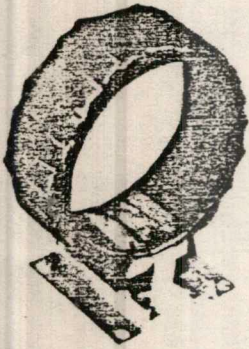
TRIGGER TRANSFORMERS AND CHOKES



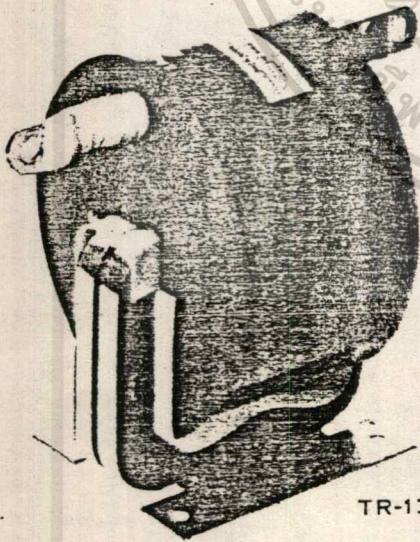
TR-149



TR-90A



TC-70



TR-136B

FEATURES

- RELIABLE PERFORMANCE
- LOW OR HIGH VOLTAGE INPUTS
- CUSTOM DESIGNS
- COMPACT DESIGNS
- DESIGNED TO MEET MIL SPECS

APPLICATIONS

THESE TRANSFORMERS AND CHOKES ARE USED WITH:

XENON FLASHTUBES

TRIGGERED SPARK GAPS

KRYTRONS

TRIGGER TRANSFORMERS

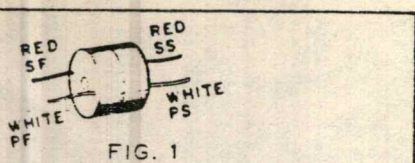


FIG. 1

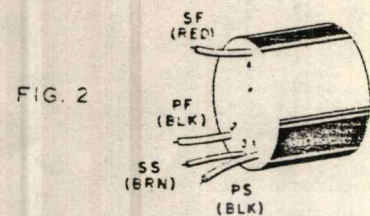


FIG. 2

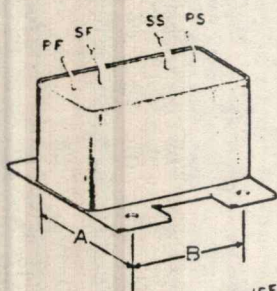


FIG. 3

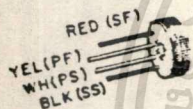


FIG. 4

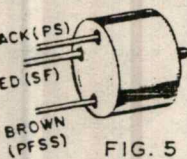


FIG. 5

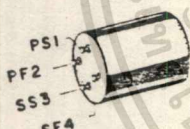


FIG. 6

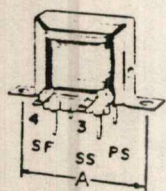


FIG. 7

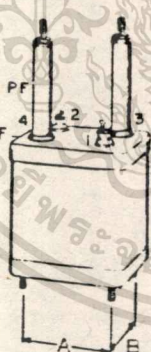


FIG. 8

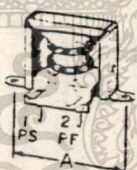


FIG. 9

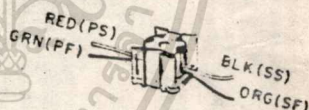


FIG. 11

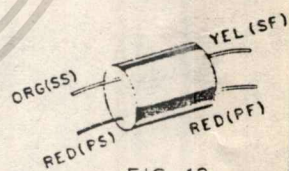


FIG. 12

Type	Peak Output Range (kV)	Primary Discharge Capacitor (μF)	Input Range DC Source (Volts)	PRIM. Current Peak (A)	Rise Time 10%-90% (μS)
TR-34A	2-6	1.0	130-250	35	1.0
TR-76A	2.5-6.0	10	14-25	30	2.0
TR-90A	2.5-5.5	10	10-20	23	3.0
TR-130	0.38-1.4	10	10-30	40	0.8
TR-131	0.38-1.4	10	10-30	40	0.5
TR-132C	8-20	0.5	150-350	60	2.25
TR-148A	5-12	0.5	200-400	192	0.35
TR-149	0.38-1.0	1.0	15-30	17	0.7
TR-153	12-35	0.22	250-600	100	0.5
TR-157	0.3-1.2	1.0	10-30	15	0.5
TR-165	0.35-0.7	10	7-14	17	1.0
TR-180B	10-20	1.0	100-200	110	1.0
TR-181	5	0.5	5000	835	0.1
TR-1647	4-10	2	20-40	40	1.5
TR-1700	15-30	0.5	200-400	70	0.75

Note 1: Open circuit, unloaded secondary, output characteristics.

Note 2: Measured at maximum voltage input.

Note 3: Secondary finish, SF, is high voltage output lead.

RIES INJECTION TRIGGER TRANSFORMERS

Type	Peak Output Voltage Max (kV)	Rise Time 10-90% μs	Pulse Width 50% Ampl. μs	Max Input DC Source Volts	Primary Pulse Current A	Turns Ratio SEC to PRIM.	Holdoff PRIM. to SEC kVdc	Secondary Winding			
								Inductance Res.		Max. Current RMS A	
								mH unsat	μH sat	100ms	100ms
TS-136B	40	0.5	1.0	1500	1100	30:1	30	4.8	110	0.02	80
TS-146A	30	0.5	0.50	1500	660	30:1	30	4.5	100	0.03	25
TS-170	20	0.15	0.5	2600	150	10:1	5	0.8	18	0.05	20
TS-179	15	0.4	0.7	800	100	25:1	2	3.6	80	0.05	12
TS-185	30	0.48	1.0	600	60	50:1	15	40	550	0.2	15

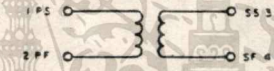
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pulse Width 50% Ampl. (μ s)	Turns Ratio	Hold-Off Volt SEC to PRIM. (KVdc)	Fig.	Nominal Dimensions					Mounting Data (Inches Center to Center)	
				Length Inches	Width Inches	Height Inches	Diameter Inches	Weight lb	A	B
5.0	15:1	0.5	1	--	--	11/16	1-1/16	0.11	Hole Center Mounted (5)	
3.0	188:1	0.5	1	--	--	11/16	1-1/16	0.10	Hole Center Mounted (5)	
4.0	250:1	0.5	1	--	--	11/16	1-1/16	0.10	Hole Center Mounted (5)	
3.8	40:1	2	4	--	--	7/16	11/16	0.02	Hole Center Mounted (6)	
0.45	40:1	1.0	4	--	--	1/4	1/2	0.01	Hole Center Mounted (4)	
2.5	72:1	0	5	--	--	1-1/16	1-3/4	0.20	Stud Center Mounted (3)	
0.5	30:1	2	6	--	--	1-15/16	1-9/32	0.22	Use Capacitor Clamp	
0.7	32:1	1.0	7	1-5/16	1-5/16	3/4	--	2.03	1-1/16	-- (2)
0.5	51:1	15	8	3-1/16	2-5/8	6-15/16	--	1.70	2-5/16 Studs 1-7/8 (1)	
1.0	55:1	1	9	1-21/32	1-7/16	1	--	0.04	1-3/8	-- (2)
1.5	50:1	0.5	11	17/32	17/32	7/16	--	0.01	Hole Center Mounted (4)	
1.5	112:1	5	12	--	--	1-9/16	1-1/32	0.15	Use Capacitor Clamp	
2.0	1:1	10	13	3-1/16	2-5/8	5-1/2	--	2.00	2-19/64 Studs 1-55/64 (1)	
1.2	250:1	1	2	--	--	1	1-1/4	0.11	Hole Center Mounted (5)	
1.5	70:1	20	3	3-5/8	2-1/8	2	--	2.00	3-3/8	2-1/2 (5)

Notes:

- (1) 8-32 x 3/8 NC-2 Studs
 (2) 0.125 Dia. Dia. In.
 (3) 6-32 x 3/8 NC-2 Studs

- (4) 0.062 Dia. In.
 (5) 0.187 Dia. In.
 (6) 0.093 Dia. In.



LEAD CODES:
 COLOR OF LEADS AS NOTED

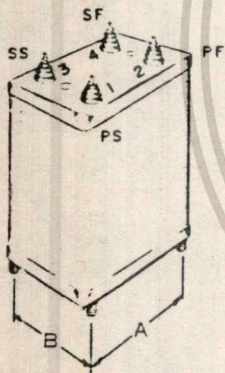


FIG. 13

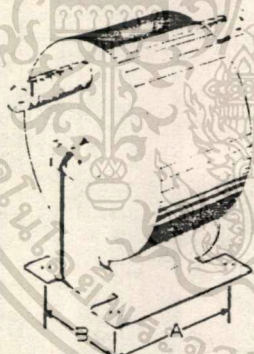


FIG. 14

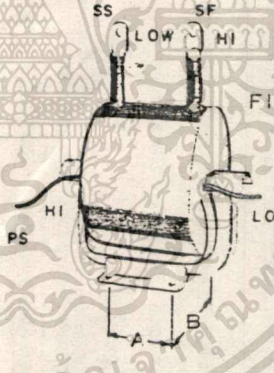


FIG. 15

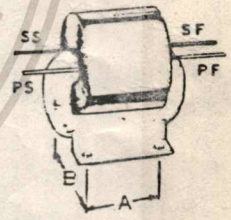


FIG. 16

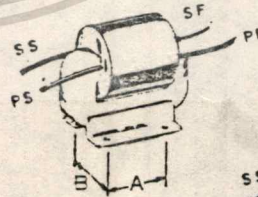


FIG. 17

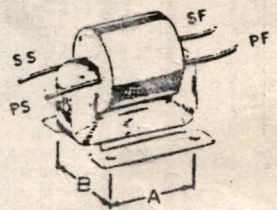


FIG. 18

Fig.	Nominal Dimensions				Mounting Holes		
	Length Inches	Width Inches	Height Inches	Weight lb	Inches Center to Center		Dia. In.
					A	B	
14	7-1/2	5	3-3/4	9.0	3-3/8	2-1/2	0.188
15	4	3-1/2	6-1/2	2.9	1-11/16	1-17/32	0.188
16	2-3/4	2-1/4	2-1/2	0.9	1-7/16	1-5/16	0.188
17	2-3/4	2-1/16	2-1/2	0.8	1-7/16	1-9/32	0.188
18	3-1/4	2-3/4	3-3/4	1.3	1-7/16	1-9/32	0.188

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FIG. 1

Product Type	Inductance (μH)	DC Resistance	Voltage (kV)	Max Peak Current (amp)	Maximum RMS Current (amp)	Fig.	Nominal Dimensions				Mounting Holes		
							Length Inches	Width Inches	Height Inches	Weight lb	Inches Center to Center A	Inches Center to Center B	Dia in.
TC-70	300	0.19	5	2,000	9	1	3-1/2	2-5/8	4-1/4	3/4	1-3/4	1-25/32	0.188 dia
TC-71	600	0.25	5	2,000	8	1	3-13/16	2-5/8	4-3/8	1	1-3/4	1-25/32	0.188 dia
TC-74	550	0.031	5	5,000	35	2	8	8	4-3/4	13	6-1/2	6-1/2	1/4-20 thread
TC-80	850	0.055	5	5,000	27	2	9	9	4-3/4	17	7-1/2	7-1/2	1/4-20 thread
TC-102	300	0.025	5	5,000	35	2	8	8	4-3/4	12	6-1/2	6-1/2	1/4-20 thread
TC-196	22	0.046	5	2,000	9	1	3-1/2	2-5/8	4-1/4	5/8	2-3/16	1-25/32	0.188 dia
TC-198	775	0.270	2.5	1,000	4	1	4	2-5/8	4-3/4	1-1/4	2-3/16	1-25/32	0.188 dia

NOTES: $I_{rms} = \sqrt{I_{peak} \times \text{average}}$ where average = $I_{peak} \times \text{Duty Cycle}$

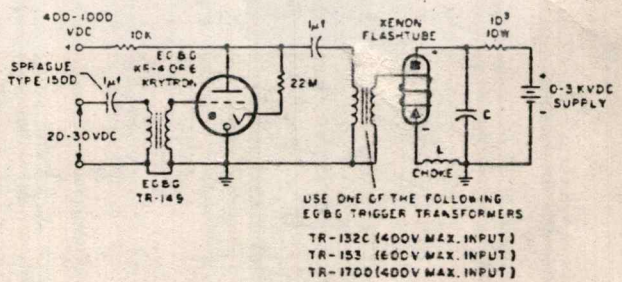
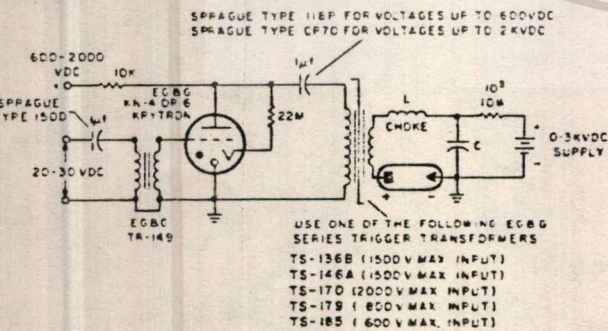
Mounting holes for TC-196 & TC-198 are 3/16" diameter. Mounting holes for TC-74 & TC-80 are 1/4-20 threaded. Above products recommended for use with EG&G flashtubes but can also be used with other flashtubes having similar ratings. See EG&G Flashtube Data Sheet F1002.

MOUNTING

Due to the intense magnetic fields generated during discharge, chokes should be securely mounted away from metallic objects and components influenced

by magnetic fields. Flexible leads are desirable. Magnetic coupling should be avoided when two or more chokes are used.

TYPICAL FLASHTUBE CIRCUITS



All Data and Specifications Subject to Change Without Notice

EG&G ELECTRO-OPTICS

35 CONGRESS STREET SALEM, MASS. 01970
TEL: (617) 745-3200 TWX: 710-347-6741

Printed in U.S.A. 8/79

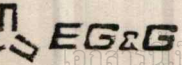
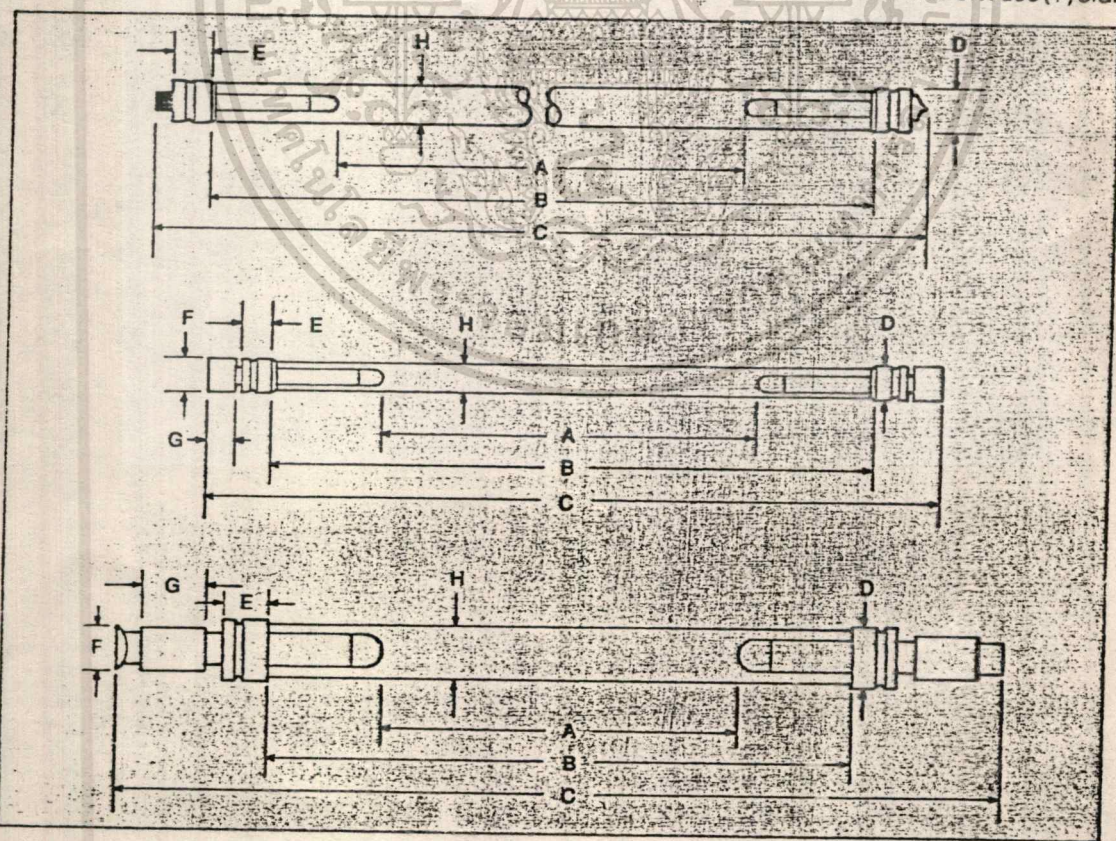
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ออกทั้งหมดนี้ให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical Dimensions (inches/millimeters)

TUBE TYPE	Outline Drawing	Arc Length A (± 0.063) ¹	Quartz Length B (Ref)	Overall Length C (Max)	End Cap Diameter D (± 0.015)	End Cap Length E (Ref)	End Lug Diameter F (± 0.005)	End Lug Length G (Ref)	Quartz Envelope H (ID x OD mm)
FX-147C-2	4	2.51	2.78/71	4.5/114	0.24/6	0.25/6	0.25/6	0.5/13	3 x 5
FX-1C-6	1	6/152	7.49/190	8.44/214	0.282/7	0.25/6	—	—	4 x 6
FX-5C-9	1	9/229	10.49/266	11.44/291	0.282/7	0.25/6	—	—	4 x 6
FX-33C-1.5	1	1.5/38	2.28/58	3.25/82	0.282/7	0.25/6	—	—	4 x 6
FX-33C-2	1	2/51	2.78/71	3.75/95	0.282/7	0.25/6	—	—	4 x 6
FX-38C-2	1	2/51	3.49/89	4.5/114	0.282/7	0.25/6	—	—	4 x 6
FX-38C-3	1	3/76	4.49/114	5.5/140	0.282/7	0.25/6	—	—	4 x 6
FX-34C-1.5	3	1.5/38	2.28/58	3.94/100	0.282/7	0.25/6	0.186/5	0.25/6	4 x 6
FX-85C-3	3	3/76	3.78/96	5.44/138	0.282/7	0.25/6	0.186/5	0.25/6	4 x 6
FX-103C-2	2	2/51	3.49/89	4.81/122	0.282/7	0.25/6	0.280/7	0.25/6	4 x 6
FX-103C-3	2	3/76	4.49/114	5.81/148	0.282/7	0.25/6	0.280/7	0.25/6	4 x 6
FX-98C-3	1	3/76	4.49/114	5.5/140	0.320/8	0.25/6	—	—	5 x 7
FX-42C-3	4	3/76	4.24/108	5.88/149	0.394/10	0.25/6	0.280/7	0.5/13	7 x 9
FX-45C-6	4	6/152	7.24/183	8.88/226	0.394/10	0.25/6	0.280/7	0.5/13	7 x 9
FX-52C-3S ²	5	3/76	4.24/108	6.88/175	0.394/10	0.25/6	Mounted 10-32" Threaded End Lugs	0.5/13	7 x 9
FX-52C-3C ³	6	3/76	5.56/141	6.88/175	0.394/10	0.25/6		—	7 x 9

Outline Drawings

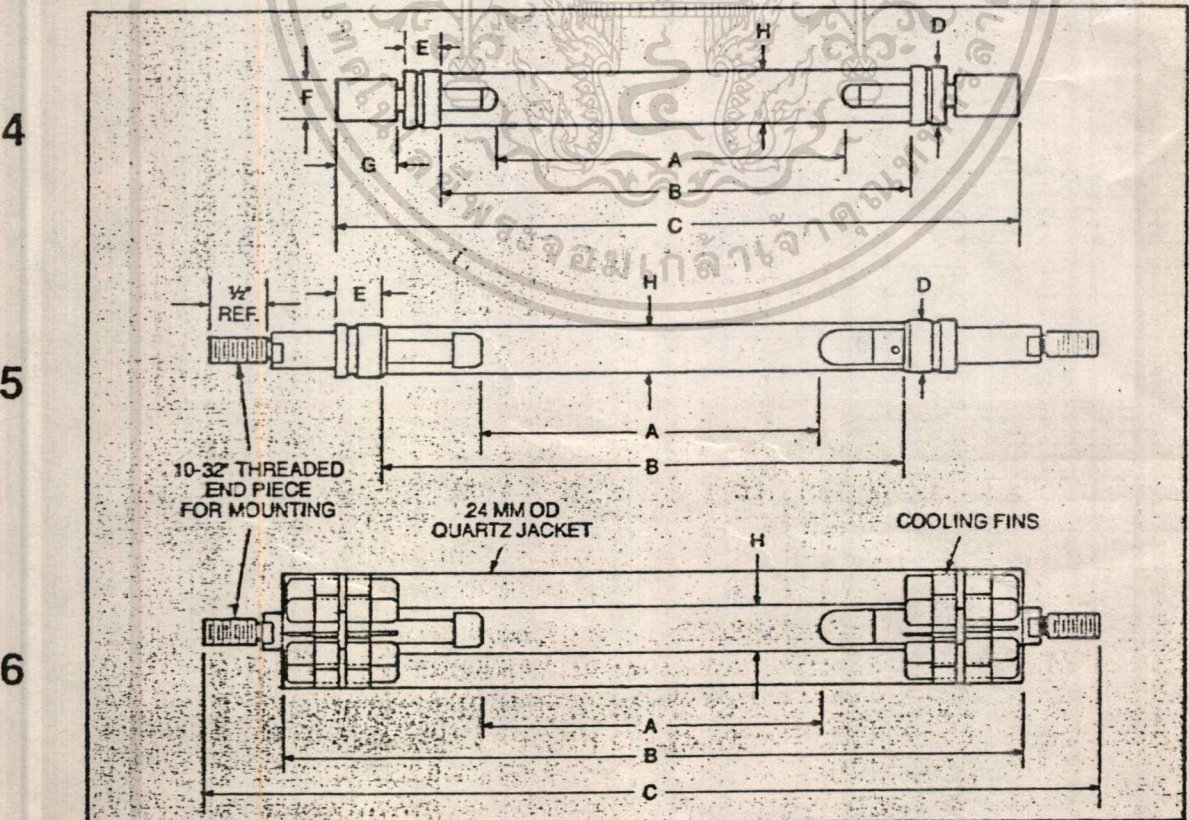
NOTE: ANODE END MARKED RED OR PLUS (+) SIGN



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TUBE TYPE	Outline Drawing	Arc Length A(±0.063) ¹	Quartz Length B (Ref)	Overall Length C (Max)	End Cap Diameter D(±0.015)	End Cap Length E (Ref)	End Lug Diameter F(±0.005)	End Lug Length G (Ref)	Quartz Envelope H (ID × OD mm)
FX-55C-6S ²	5	6.152	7.24/184	9.88/251	0.394/10	0.25/6	Mounted By 10-32" Threaded End Lugs	—	7 × 9
FX-55C-6C ³	6	6.152	8.56/217	9.88/251	0.394/10	0.25/6		—	7 × 9
FX-81C-4	4	4.102	5.24/133	6.88/175	0.507/13	0.25/6	0.280/7	0.5/13	10 × 12
FX-81C-6.5	4	6.5/165	7.74/197	9.38/238	0.507/13	0.25/6	0.280/7	0.5/13	10 × 12
FX-81C-8	4	8.203	9.24/235	10.88/276	0.507/13	0.25/6	0.280/7	0.5/13	10 × 12
FX-47C-3	4	3.76	4.45/113	6.31/160	0.642/16	0.38/10	0.280/7	0.5/13	13 × 15
FX-47C-4	4	4.102	5.45/138	7.31/186	0.642/16	0.38/10	0.280/7	0.5/13	13 × 15
FX-47C-4.5	4	4.5/114	5.95/151	7.81/198	0.642/16	0.38/10	0.280/7	0.5/13	13 × 15
FX-47C-6.5	4	6.5/165	7.95/202	9.81/249	0.642/16	0.38/10	0.280/7	0.5/13	13 × 15
FX-47C-12	4	12/304	13.45/342	15.31/389	0.642/16	0.38/10	0.280/7	0.5/13	13 × 15
FX-47C-18	4	18/457	19.45/494	21.31/541	0.642/16	0.38/10	0.280/7	0.5/13	13 × 15
FX-77C-4 ¹	4	4.102	5.56/141	8.94/227	0.926/24	0.54/14	0.50/13	1.0/25	19 × 22
FX-77C-4.25 ¹	4	4.25/108	5.81/148	9.19/233	0.926/24	0.54/14	0.50/13	1.0/25	19 × 22
FX-77C-8 ¹	4	8.203	9.56/243	12.94/329	0.926/24	0.54/14	0.50/13	1.0/25	19 × 22
FX-77C-9 ¹	4	9.229	10.56/268	13.94/354	0.926/24	0.54/14	0.50/13	1.0/25	19 × 22
FX-77C-11.5 ¹	4	11.5/292	13.06/332	15.44/392	0.926/24	0.54/14	0.50/13	1.0/25	19 × 22
FX-77C-13 ¹	4	13/330	14.56/370	16.94/430	0.926/24	0.54/14	0.50/13	1.0/25	19 × 22

- Notes
 1. FX-77C arc length tolerance ± 0.093.
 2. Stripped tube.
 3. Complete tube—designed for air cooled operation.



Flashtube Loading

Figure 1 shows the loading in joules/inch of arc length at which linear flashtubes explode. This data is useful from 10-microsecond to 10-millisecond pulse durations. For a flashtube with a specific bore size and arc length, the explosion point is a function of the energy input per flash and the pulse duration. For useful life, tubes should not be operated in excess of 70% of the explosion energy in free air and 40% in a laser cavity. Flashtube life is proportional to the percent of explosion energy. See Figure 2 for flashtube life approximation.

EXAMPLE 1: An FX-38C-3 (3-inch arc length, quartz tube with 4 mm ID and 6 mm OD) can withstand higher energy per inch as the pulse duration increases. For example, at 100-microsecond duration, this tube will explode in 10

flashes at 360 joules (120 joules/inch); at 1-millisecond duration, this tube will explode in 10 flashes at 1200 joules (40 joules/inch). For useful flashtube life, the tube should be operated in the 10- 40% range of explosion.

EXAMPLE 2: An FX-47C-6.5 (6.5-inch arc length, quartz tube with 13 mm ID and 15 mm OD) will explode with 8450 joules (1300 joules/inch x 6.5 inches) at 1-millisecond duration. Useful flashtube life can be obtained if operated between 845 to 3380 joules, or 10% to 40% of explosion.

In addition to lower energy input per flash and/or increasing pulse duration, flashtube life can be extended by cooling the tube with forced air, dry nitrogen, or demineralized water. Refer to EG&G/Data Sheet No. F1004 for water-cooled flashtube data.

Loading (Joules per Inch) at which Linear (Quartz Envelope) Flashtubes Explode

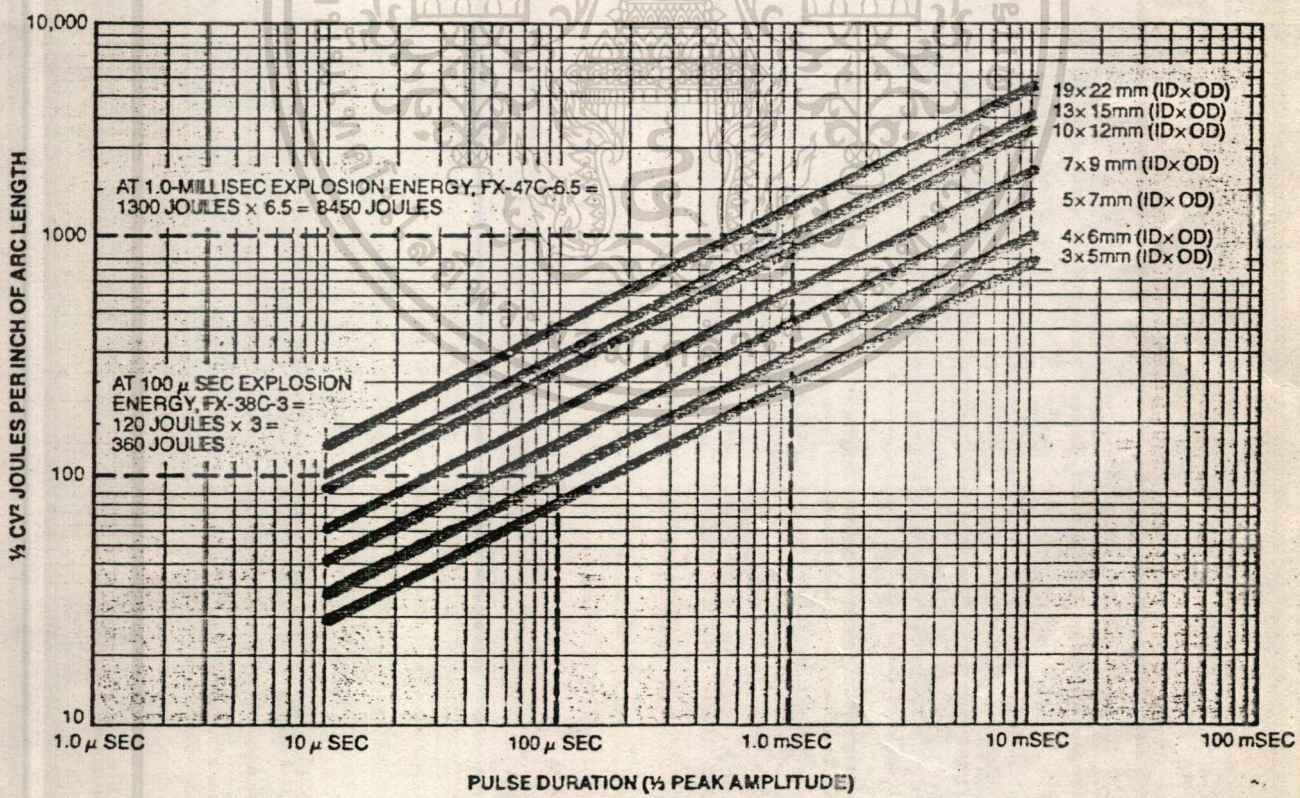


Figure 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่จากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FX81C-8	FX-47C-3	FX-47C-4	FX-47C-4.5	FX-47C-6.5	FX-47C-12	FX-47C-18	FX-77C-4	FX-77C-4.25	FX-77C-8	FX-77C-9	FX-77C-11.5	FX-77C-13
10 x 12	13 x 15	13 x 15	13 x 15	13 x 15	13 x 15	13 x 15	19 x 22	19 x 22	19 x 22	19 x 22	19 x 22	19 x 22
8 203	3'76	4'102	4.5'114	3.5'165	12'304	18'457	4'102	4.25'108	8'203	9'229	11.5'292	13'330
1.0	1	1	1	1	1.3	1.6	1.0	1.0	1.2	1.2	1.3	1.5
25	20	20	20	25	25	25	25	25	25	25	25	25
1960	860	1150	1300	1655	3400	5160	1624	1827	3428	3650	4670	5278
4.9	1.5	2.0	2.3	3.3	6.0	9.0	1.6	1.7	3.4	3.7	4.7	5.3
10	2	2.8	3.3	4.6	8.5	1.3	1.3	1.3	2.8	3	3.8	4.2
160	710	580	490	336	186	128	1280	1280	580	530	425	380
0.4	0.09	0.11	0.13	0.19	0.34	0.5	0.05	0.05	0.11	0.12	0.15	0.17
6160	2040	2720	3100	5500	8160	12,240	5040	5355	10,000	11,340	14,500	16,400
3.1	1.2	1.1	1.3	2.1	4.2	5.1	1.1	1.1	2.1	2.4	3.1	3.5
125	30	40	42	63	115	175	175	20	35	40	53	58
1280	5300	4000	3750	2560	1400	915	9150	8000	4570	4000	3050	2750
0.5	0.12	0.16	0.17	0.25	0.46	0.70	0.07	0.08	0.14	0.16	0.21	0.23
100	75	85	90	100	125	135	125	125	150	150	200	220
800	600	700	720	800	1000	1080	1000	1000	1200	1200	1600	1760
10,000	7500	8500	9000	10,000	12,500	13,500	12,500	12,500	15,000	15,000	20,000	22,000

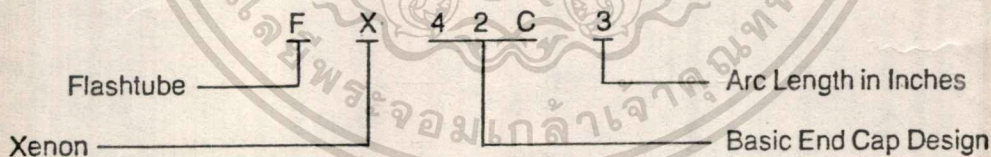
LIFE IN NUMBER OF FLASHES

See Life Chart, Figure 2

ORDERING INFORMATION

EG&G letter and number designations specify standard tube types.

Example:



QUARTZ ENVELOPE: Unless otherwise specified, all tubes are supplied with quartz (fused silica) envelopes.

UV INHIBITING QUARTZ: Tubes can be supplied with envelope material which cuts off spectral output in the ultra violet region, eliminating Ozone. This material has the same energy loading characteristics as the standard quartz and should be ordered by specifying the letter G (e.g., FXG-42C-3).

GAS FILL: Xenon is the gas used for most standard tube types. Krypton, argon, or mixtures of

these gases are also available. For krypton fill tubes, specify the letter K (e.g., FK-42C-3).

PRESSURE FILL: Standard tubes are supplied with pressure fills between 200–500 torr xenon. Pressure fills up to 4 atmospheres are available upon request in either xenon or krypton.

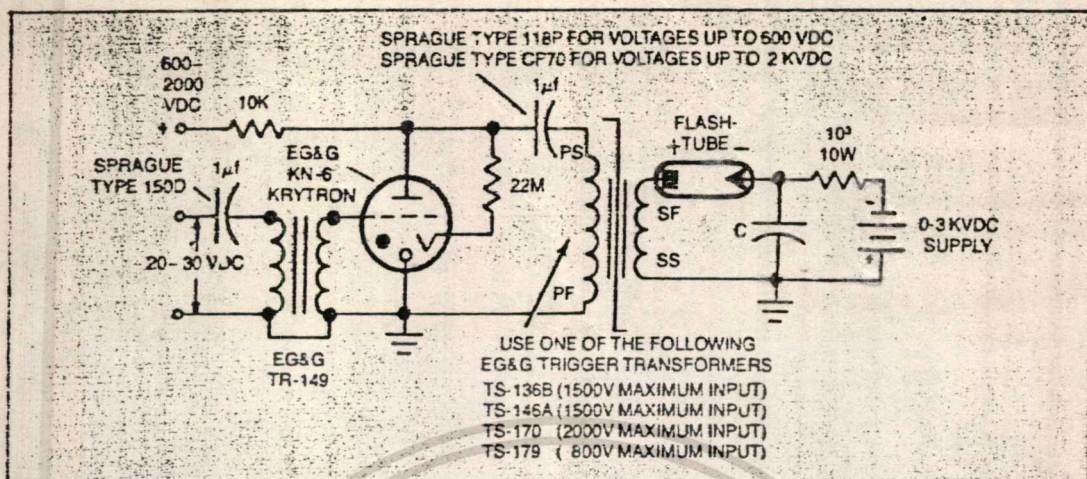
SPECIAL DESIGNS: Custom design tubes are available with arc lengths up to 72 inches. Changes in quartz dimensions and configurations, flexible leads, and special mounting hardware are readily available upon request.

ELECTRO-OPTICS

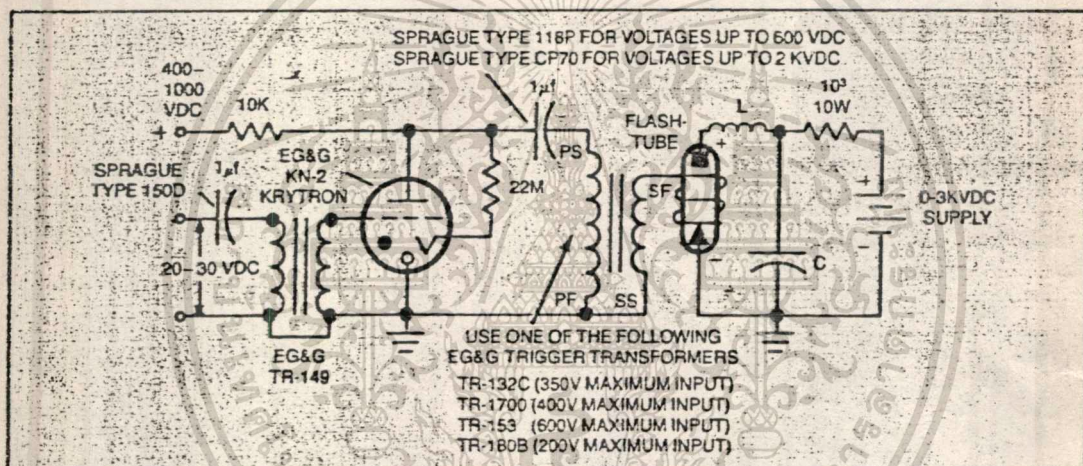
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flashtube Circuits

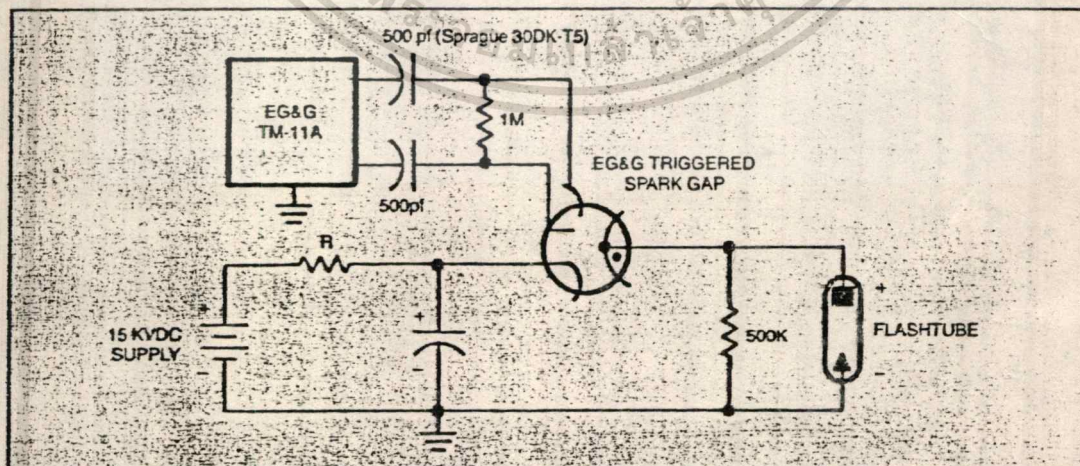
Series Injection Triggering (Circuit 1)



External Triggering (Circuit 2)



Overvoltage Flashtube Operation Using Triggered Spark Gap (Circuit 3)



USED FOR LASER STIMULATION WHERE SHORT FLASH DURATION (1-10µs) AT 10-15 KVDC IS DESIRED.

All Data and Specifications Subject to Change Without Notice

EG&G ELECTRO-OPTICS

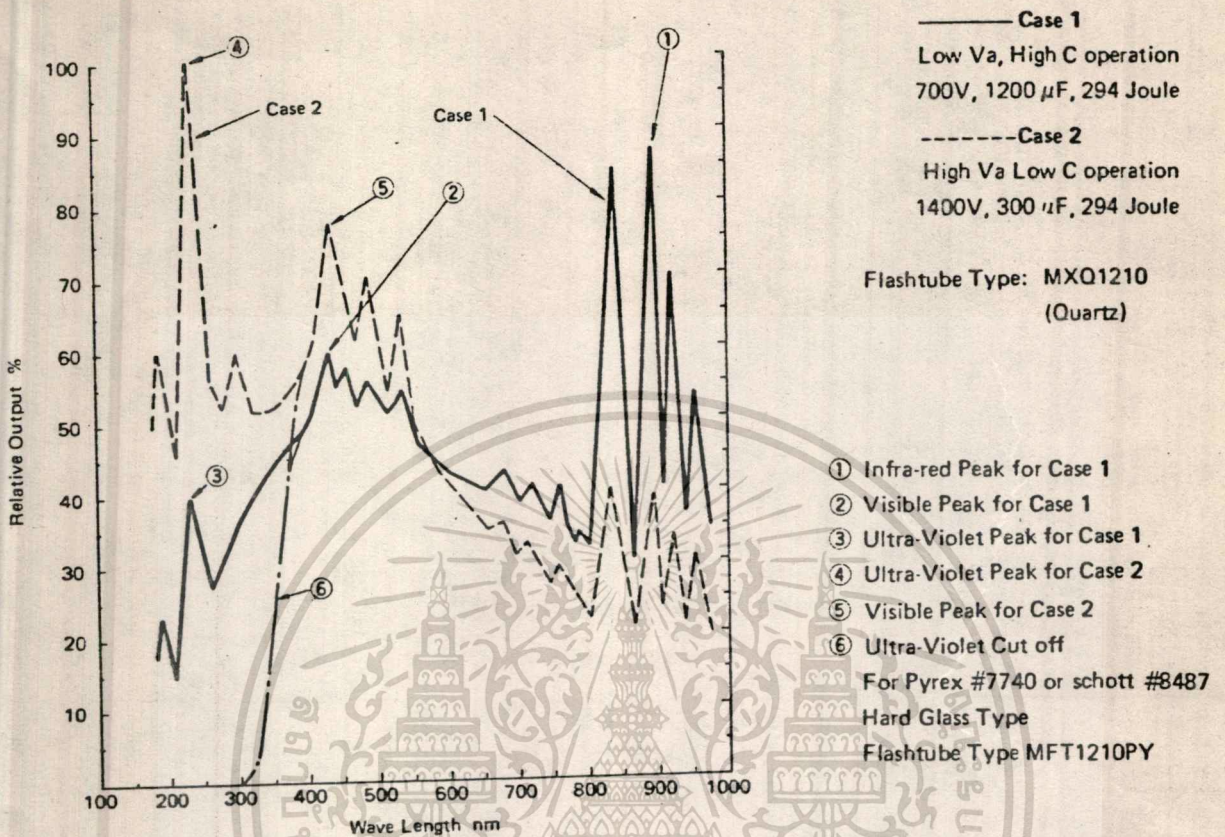
35 CONGRESS STREET SALEM, MASS. 01970
TEL: (617) 745-3200 TWX: 710-347-6741

Printed in U.S.A. 1/79

เพื่อการศึกษานี้ ไม่นับว่าได้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทางสินค้า อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Xenon Flashtube Spectrum



In case 1, Flashtube MXQ1210 is intended for use requiring mainly infra-red and visible light, whereas in case 2 it is for use requiring mainly ultra-violet and visible light.

Case 1: Low voltage, High capacitance operation. As follows.

$$V_a = 700 \text{ Vdc}, C = 1200 \mu\text{F}, W_s = 294 \text{ Joule}, L = 400 \mu\text{H}$$

Total resistance

$$r = r_a + r_L + r_w + r_c = 0.33 + 0.08 + 0.05 + 0.05 = 0.51 \Omega$$

$$k = \sqrt{\frac{4L}{C} - r^2} = 1.036$$

$$\alpha = r/2L = 637, \beta = k/2L = 1295, \alpha t_{m1} = 0.547, e^{-\alpha t_{m1}} = 0.578$$

$$i_{m1} = \frac{V_a}{\sqrt{L/C}} \cdot e^{-\alpha t_{m1}} = 700 \text{ amp}$$

Case 2: High voltage, Low capacitance operation. As follows.

$$V_a = 1400 \text{ Vdc}, C = 300 \mu\text{F}, W_s = 294 \text{ Joule}, L = 100 \mu\text{H}$$

Total resistance

$$r = r_a + r_L + r_w + r_c = 0.33 + 0.03 + 0.05 + 0 = 0.41 \Omega$$

$$k = \sqrt{\frac{4L}{C} - r^2} = 1.079$$

$$\alpha = r/2L = 2050, \beta = k/2L = 5395, \alpha t_{m1} = 0.459, e^{-\alpha t_{m1}} = 0.63$$

$$i_{m1} = \frac{V_a}{\sqrt{L/C}} \cdot e^{-\alpha t_{m1}} = 1527 \text{ amp}$$

ear Type

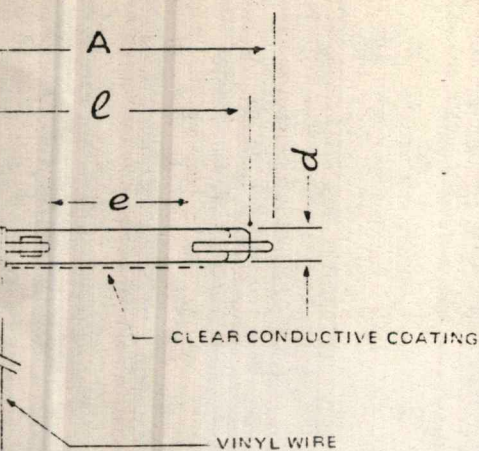


FIG. 1

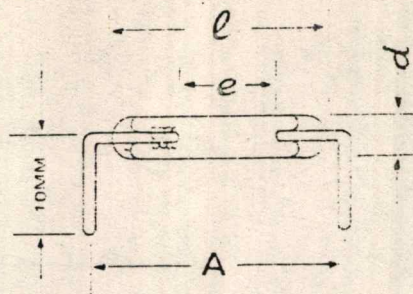


FIG. 2

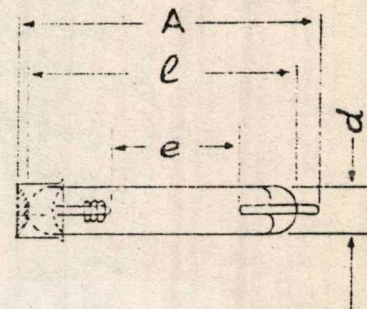


FIG. 3

SHAPE/ FIG.	ANODE TO CATHODE VOLTAGE (V)		MAX ENERGY PER FLASH (WS)	FLASHES WITH MAX ENERGY INPUT		TRIGGER		DIMENSIONS (mm)				APPLICATIONS
	MIN	NOM		MAX FLASH RATE (MIN)	SEMI-LIFE (NO. OF FLASHES)	MIN VD (KV)	MIN INPUT (MWS)	e	l	d	A	
1	200	330	15	6	3,000	4	0.6	10	22	3.2	26	Photographic
1	200	330	20	6	3,000	4	0.6	15	28	3.2	32	Photographic
1	200	360	25	6	3,000	4	0.6	20	35	3.2	39	Photographic
1	220	360	45	6	3,000	4	0.6	30	45	3.2	49	Photographic
1	200	360	20	6	3,000	4	0.6	15	28.5	3.7	34	Photographic
1	220	360	25	6	3,000	4	0.6	20	35	3.7	39	Photographic
1	220	360	35	6	3,000	4	0.6	25	40	3.7	44	Photographic
1	220	360	45	6	3,000	4	0.6	30	45	3.7	49	Photographic
1	220	360	40	6	3,000	4	0.6	25	40	4	44	Photographic
1	220	360	50	6	3,000	4	0.6	30	45	4	49	Photographic
1	220	360	60	6	3,000	4	0.6	35	50	4	54	Photographic
1	250	360	70	6	3,000	6	0.9	40	55	4	60	Photographic
1	250	360	80	6	3,000	6	0.9	40	60	6	66	Photographic
1	250	360	90	6	3,000	6	0.9	45	70	6	76	Photographic
2	200	300	0.1	6,000	1x10 ⁶	4	0.6	10	29.5±1	6	32±1.5	Timing Light
3	200	300	0.1	6,000	1x10 ⁶	4	0.6	10	29.5±1.5	6	32±1.5	Timing Light
3	200	300	0.1	6,000	1x10 ⁶	4	0.6	18	38±1.5	6	41.5±1.5	Timing Light
1	180	350	0.5	60	1x10 ⁶	4	0.6	15	28	3.7	32	Timing Light & Signal
1	180	350	0.5	60	1x10 ⁶	4	0.6	15	30	3.7	34	Timing Light & Signal
1	180	350	0.8	60	1x10 ⁶	4	0.6	20	35	3.7	39	Timing Light & Signal
1	180	350	0.5	60	1x10 ⁶	4	0.6	15	30	4	34	Timing Light & Signal
1	200	350	1	60	1x10 ⁶	4	0.6	25	40	4	44	Timing Light & Signal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานเพื่อการศึกษาด้านงาน ไม่นับค่าเงินบาทไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

U Type

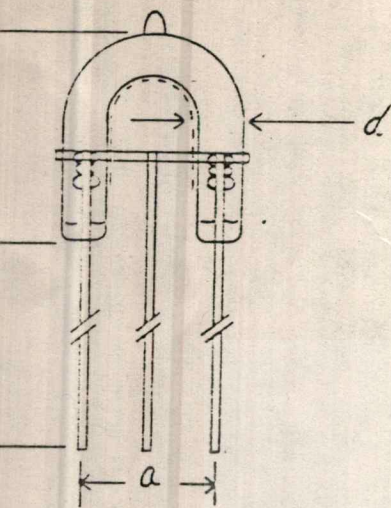


FIG. 4

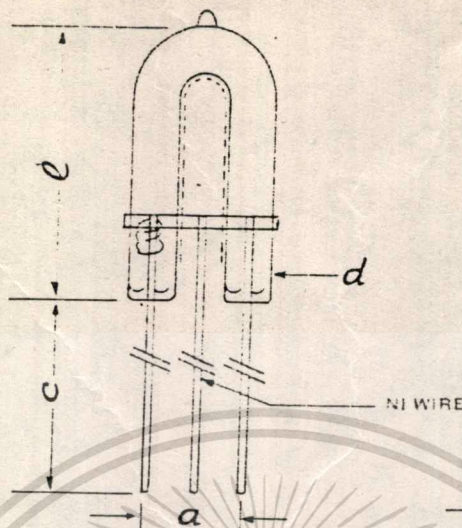


FIG. 5

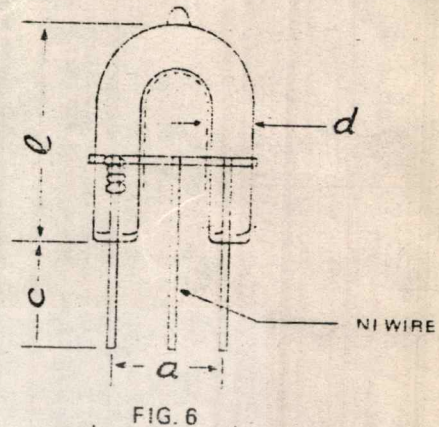


FIG. 6

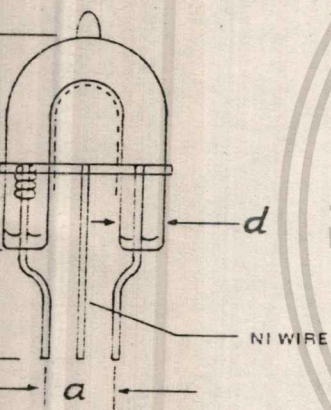


FIG. 7

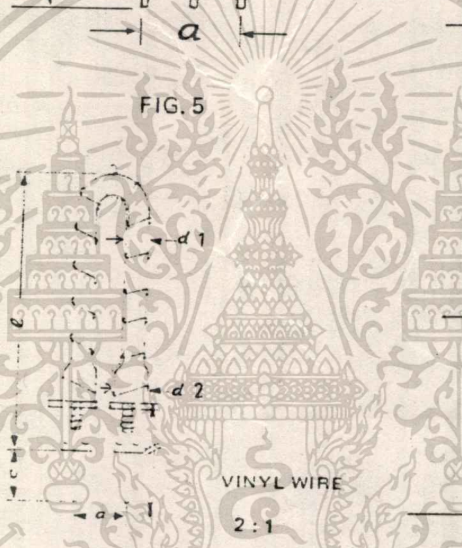


FIG. 8

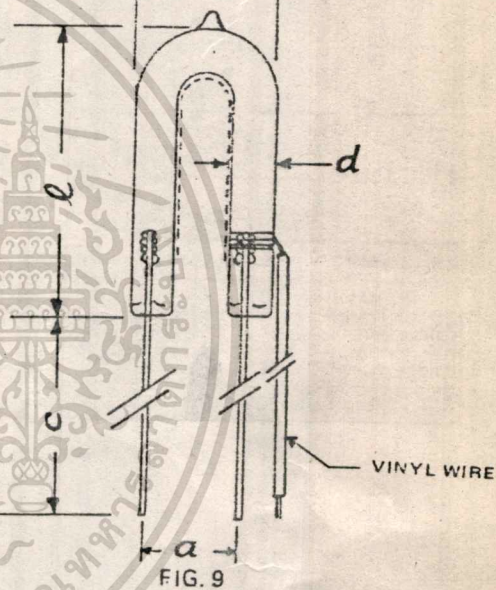


FIG. 9

NO.	SHAPE/ FIG.	ANODE TO CATHODE VOLTAGE (V)			MAX ENERGY PER FLASH (WS)	FLASHES WITH MAX ENERGY INPUT		TRIGGER		DIMENSIONS (mm)				APPLICATIONS
		MIN	NOM	MAX		FLASH RATE (MIN)	NOMINAL LIFE (NO. OF FLASHES)	MIN VD (KV)	MIN INPUT (MWS)	e	d	a	c	
4	4	200	300	400	4	60	1×10^6	4	0.6	29	6	19	40	Signal & Timing Light
5	5	200	300	400	4	60	1×10^6	4	0.6	32	6	10	40	Signal & Timing Light
5	5	250	300	400	60	6	1×10^4	6	0.8	38	6	13.5	40	Photographic
5	5	300	400	600	100	6	1×10^4	6	0.8	45	8	17	40	Photographic
6	6	200	300	400	0.4	6,000	1×10^6	4	0.6	32	6	10	15	Signal & Timing Light
6	6	200	300	400	60	6	1×10^4	6	0.8	32	6	16	15	Photographic
6	6	180	315	400	0.4	6,000	1×10^6	4	0.6	32	6	16	15	Signal & Timing Light
7	7	180	315	400	0.4	6,000	1×10^6	4	0.6	32	6	10	15	Signal & Timing Light
5	5	250	300	400	50	6	1×10^4	6	0.8	32	6	10	40	Photographic
6	6	250	400	500	100	6	1×10^4	6	0.8	50	6	16	15	Photographic
8	8	350	450	600	350	6	1×10^4	6	0.9	80 ^{d1} 6 ^{d2}	17	75	75	Photographic
9	9	270	350	500	8	60	2×10^6	4	0.6	40	6	13.5	40	Signal & Warning beacons
5	5	250	400	500	45	20	2×10^6	6	0.8	40	6	16	40	Signal & Warning beacons
5	5	200	300	400	4	60	1×10^6	4	0.6	32	6	10	40	Signal & Warning beacons

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

III. Helical Type

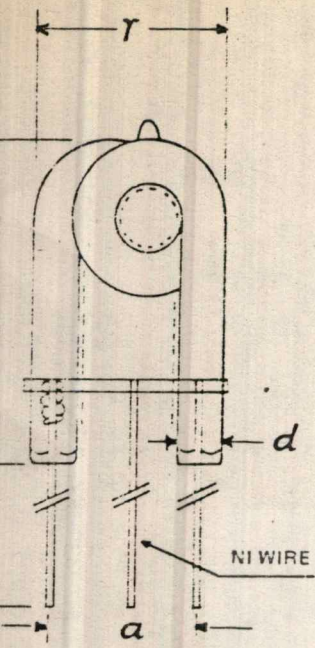


FIG. 10

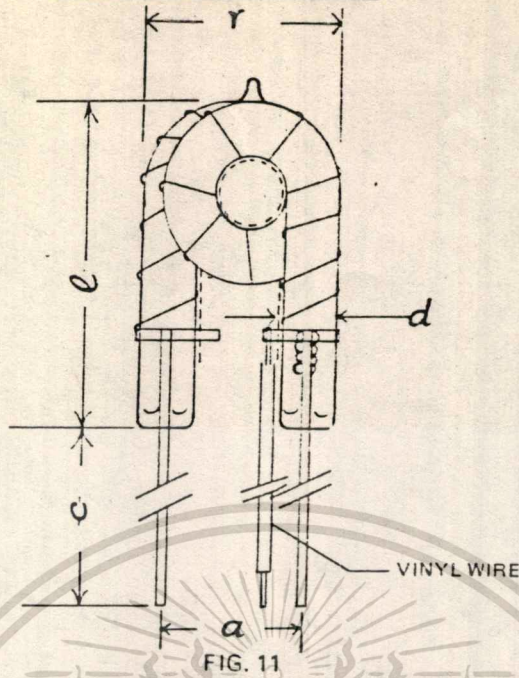


FIG. 11

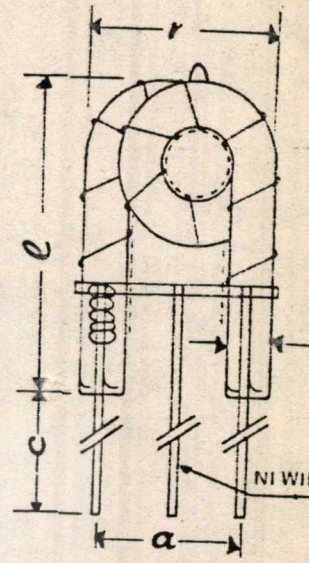


FIG. 12

CATALOG NUMBER	SHAPE/FIG.	ANODE TO CATHODE VOLTAGE (V)			MAX ENERGY PER FLASH (WS)	FLASHES WITH MAX ENERGY INPUT		TRIGGER		DIMENSIONS (mm)					APPLICATIONS
		MIN	DESIGN	MAX		FLASH RATE (MIN)	NOMINAL LIFE (NO. OF FLASHES)	MIN VD (KV)	MIN INPUT (MWS)	c l d a r					
118	10	350	450	500	125	4	1×10^4	6	0.8	40	45	6	20	26	Photographic
118S	12	260	300	360	6	60	1×10^6	6	0.8	40	30	6	18	24	Signal
118H	12	350	450	500	150	4	1×10^5	6	0.8	15	45	6	20	26	Photographic
218	11	350	450	500	250	4	1×10^4	6	0.8	40	55	8	25	33	Photographic
152G	12	200	400	450	16	60	1×10^6	6	0.8	40	45	6	20	26	Signal

Toroidal Type

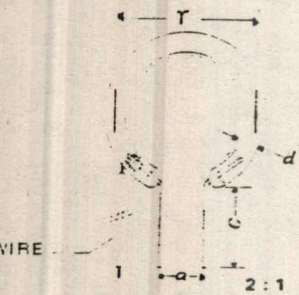


FIG. 13

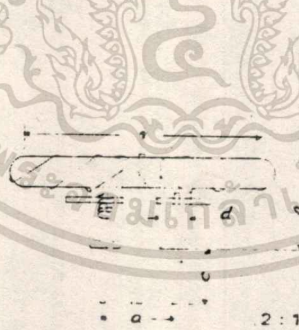


FIG. 14a

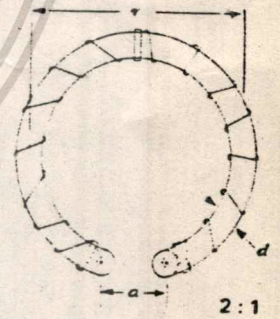


FIG. 14b

CATALOG NUMBER	SHAPE/FIG.	ANODE TO CATHODE VOLTAGE (V)			MAX ENERGY PER FLASH (WS)	FLASHES WITH MAX ENERGY INPUT		TRIGGER		DIMENSIONS (mm)					APPLICATIONS
		MIN	DESIGN	MAX		MAX FLASH RATE (MIN)	NOMINAL LIFE (NO. OF FLASHES)	MIN VD (KV)	MIN INPUT (MWS)	c l d a r					
DR	13	220	316	400	100	5	1×10^4	6	0.9	40	-	6	12.50	40	Studio
DR	14	300	450	700	200	5	1×10^4	6	0.9	12	20	6	15	50	Studio
DR	14	300	450	700	400	6	1×10^4	10	10	12	25	8	20	67	Studio
DR	14	400	600	700	600	6	1×10^4	10	10	12	25	8	20	72	Studio
DR	14	400	650	700	800	6	1×10^4	10	10	12	30	10	20	90	Studio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีไปใช้

Flash Tube / Trigger Coil Combination

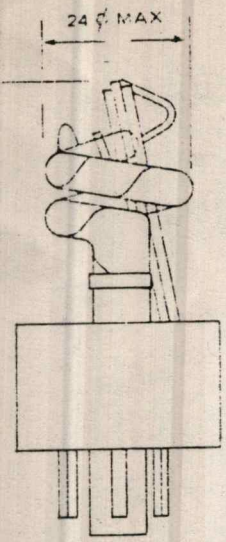


FIG. 15

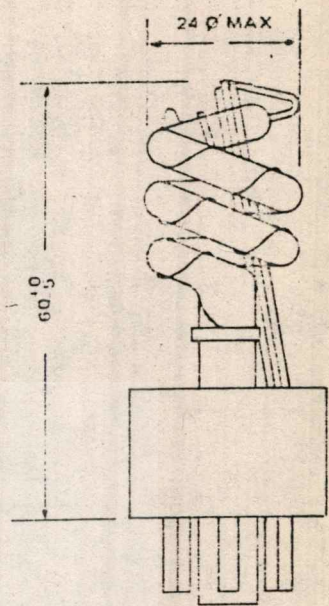
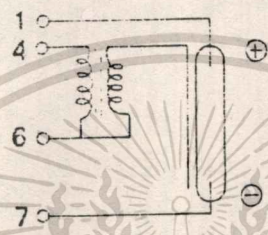
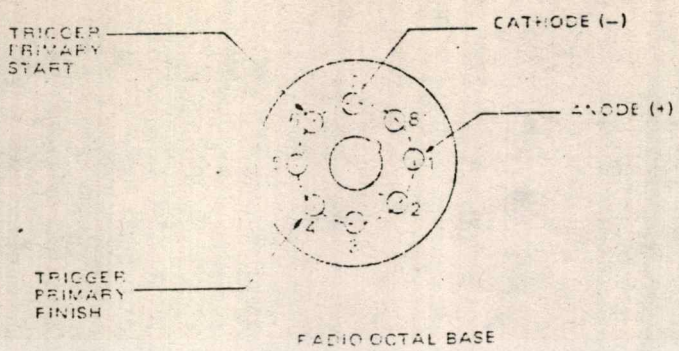
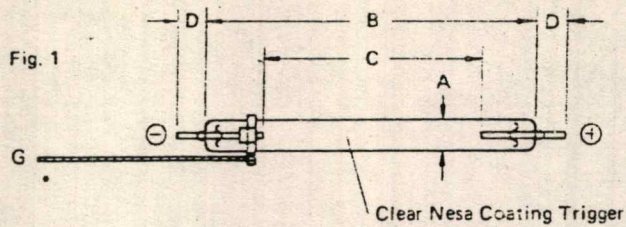


FIG. 16

LOG NUMBER	SHAPE/ FIG.	ANODE TO CATHODE VOLTAGE (V)			MAX ENERGY PER FLASH		TRIGGER VOLTAGE (KV) MIN.	FLASHES			APPLICATIONS	
		MIN	DESIGN	MAX	CHARGE CAPACITOR (μF)	ENERGY (WS)		MAX INPUT ENERGY (WS)	MAX INPUT POWER (W)	FLASHES PER MINUTE (MAX)		ADOMINAL LIFE (IND. OF FLASHES)
C-75	15	300	450	500	120	60	6	-	12	60	4x10 ⁶	Signal Lights
C-150	16	300	450	500	240	120	6	-	24	60	4x10 ⁶	

In addition to our standard items as listed in this catalogue, any design can be produced to customers' own orders.

Hard Glass, Straight. For General Photo Flash.



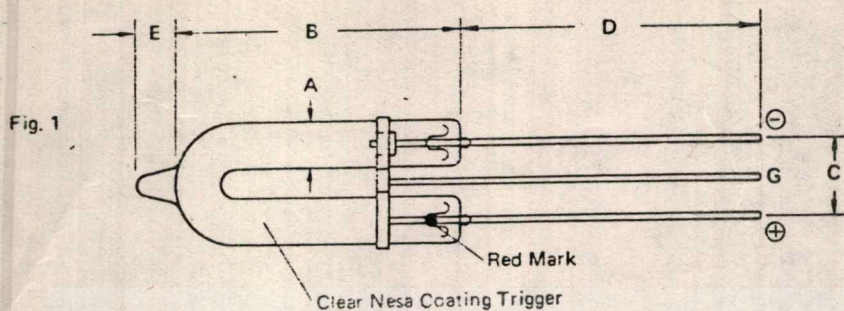
* Trigger lead wire is on the \ominus side for standard type.

									VFL F52
Design Anode Voltage	Vdc	330	330	330	330	330	330	330	400
Min. Anode Voltage	Vdc	220	230	210	210	220	230	230	300
Max. Anode Voltage	Vdc	360	360	360	360	400	400	400	500
Max. Flash Energy	Joule	12	13	15	23	40	50	70	90
Normal Flash Energy	Joule	10	11	13	20	36	45	60	80
Max. Flash Rate at Max. Flash Energy	FPS	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15
Ave. Power Input Max. (Joule x FPS)	W	0.8	0.87	1.0	1.5	2.7	3.3	4.7	6
Min. Trigger Pulse Voltage	KVP	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-6	-6
Dimensions	A	mm ϕ	3.2	3.2	3.2	3.5	3.5	4.0	4.5
"	B	mm	22	24	27	34	45	44	53
"	C	mm	13	15	15	20	30	29	37
"	D	mm	2	2	3	3	3	3	5
"	E	mm	/	/	/	/	/	/	/
Fig. No.		1	1	1	1	1	1	1	1
Ave. Flash Life at Normal Flash Energy	Flashes	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000

Note: FPS = Flashes Per Second

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hard Glass, U-shaped. For General Photo Flash.



Design Anode Voltage	Vdc	250	350	300				
Min. Anode Voltage	Vdc	200	300	220				
Max. Anode Voltage	Vdc	300	500	500				
Max. Flash Energy	Joule	50	80	100				
Normal Flash Energy	Joule	45	70	90				
Max. Flash Rate at Max. Flash Energy	FPS	1/15	1/15	1/15				
Ave. Power Input Max. (Joule x FPS)	W	3.3	5.3	6.7				
Min. Trigger Pulse Voltage	KVP	-4	-4	-4				
Dimensions	A	mmφ	6.2	6.2	6.2			
"	B	mm	32	41	47			
"	C	mm	10	11	16			
"	D	mm	33	38	38			
"	E	mm	6 Max.	6 Max.	6 Max.			
Fig. No.			1	1	1			
Ave. Flash Life at Normal Flash Energy	Flashes		8,000	5,000	10,000			

Hard Glass, Helical & Ring-shaped. For Photo Flash Display.

Fig. 1

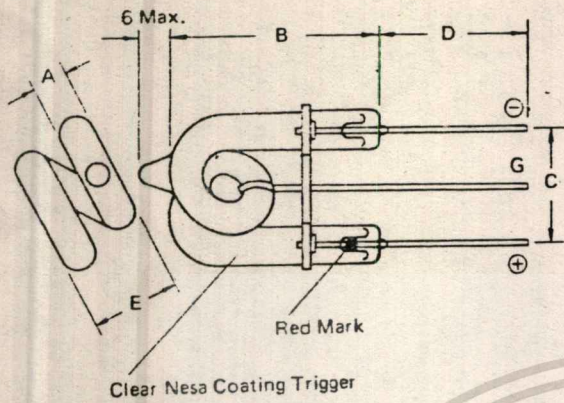
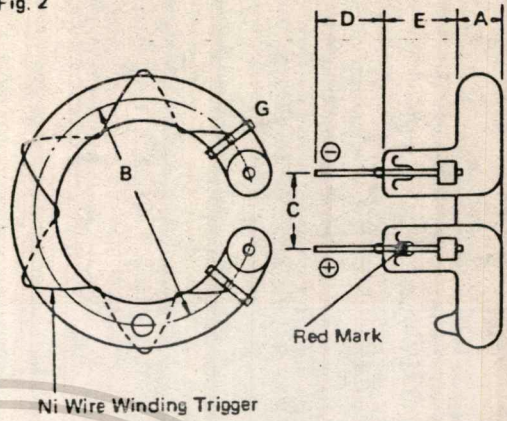


Fig. 2



Design Anode Voltage	Vdc	400	500	1,000	350	900	900	500
Min. Anode Voltage	Vdc	350	350	800	290	800	800	350
Max. Anode Voltage	Vdc	500	550	1,150	390	1,100	1,100	550
Max. Flash Energy	Joule	70	200	250	300	200	600	300
Normal Flash Energy	Joule	60	180	220	270	180	540	270
Max. Flash Rate at Max. Flash Energy	FPS	1/15	1/15	1/15	1/15	1/10	1/10	1/7.5
Ave. Power Input Max. (Joule x FPS)	W	4.7	13.3	16.7	20	20	60	40
Min. Trigger Pulse Voltage	KVP	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6
Dimensions	A mmφ	5.7	6.2	6.2	8	8	9	8
"	B mm	27	40	42	43	60φ	67φ	43
"	C mm	14	17	21	24	12	19	24
"	D mm	38	38	38	38	38	40	38
"	E mm	13	14	15	18	14	14	18
Fig. No.		1	1	1	1	2	2	1
Ave. Flash Life at Normal Flash Energy	Flashes	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000

Hard Glass, Straight, U-shaped & Helical. For High FPS Timing & Signal Light.

Fig. 1

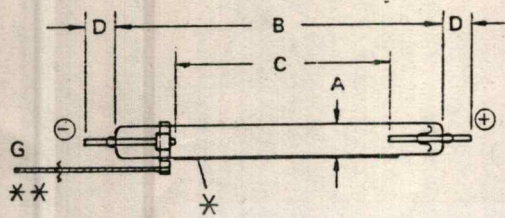


Fig. 2

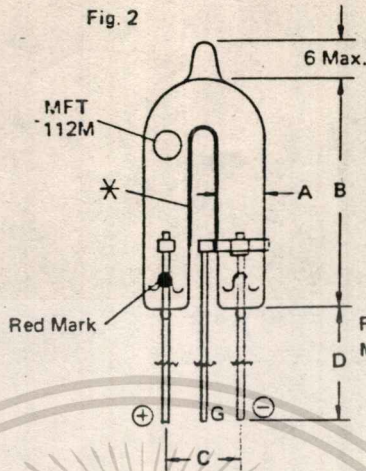
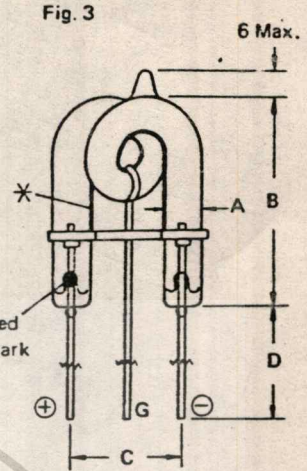


Fig. 3



* Ag Paint Ribbon Trigger

** Trigger Lead Wire is on the \ominus side for standard type. It can be installed on the \oplus side upon request.

Design Anode Voltage	Vdc	300	300	300	300	300	300	450	450
Min. Anode Voltage	Vdc	250	250	250	200	250	250	350	350
Max. Anode Voltage	Vdc	350	350	400	400	400	400	550	550
Max. Flash Energy For Single Shot	Joule	10	20	45	45	45	/	200	250
Normal Flash Energy For High FPS Shot	Joule	0.004	0.006	0.012	0.02	0.05	0.05	0.075	0.1
Max. Flash Rate at Normal Flash Energy	FPS	250	250	250	250	300	100	200	200
Ave. Power Input Max. (Joule x FPS)	W	1.0	1.5	3	5	15	5	15	20
Min. Trigger Pulse Voltage	KVP	-4	-4	-4	-4	-6	-4	-6	-6
Dimensions	A mm ϕ	3.5	3.5	4.0	6.2	6.0	6.2	6.2	6.2
	B mm	22	34	44	32	38	35	43	43
	C mm	10	20	29	10	12	12	18	18
	D mm	3	3	3	38	38	38	38	38
	E mm	/	/	/	/	(Non polarity)		/	/
Fig. No.		1	1**	1	2	2	2 (No Trigger coating)	3	3
Ave. Flash Life at Normal Flash Energy	Flashes	100 Hrs	100 Hrs	100 Hrs	100 Hrs	100 Hrs	50 Hrs	100 Hrs	100 Hrs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้พิมพ์ไปใช้ประโยชน์ด้านใดก็ตาม
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hard Glass, Ring-shaped. For Studio Flash Light.

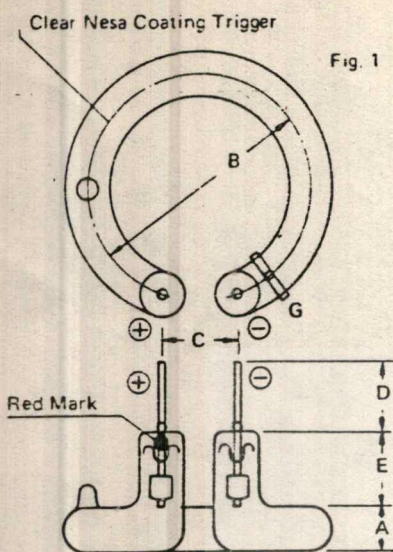


Fig. 1

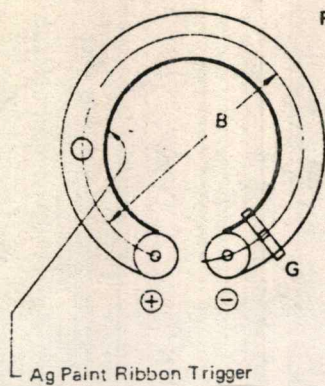


Fig. 2

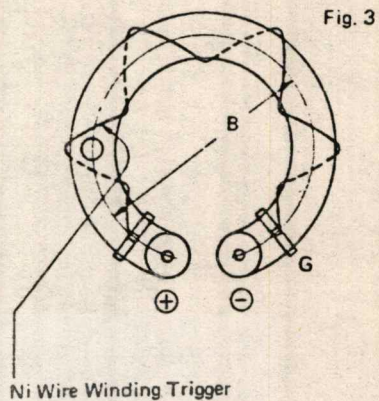
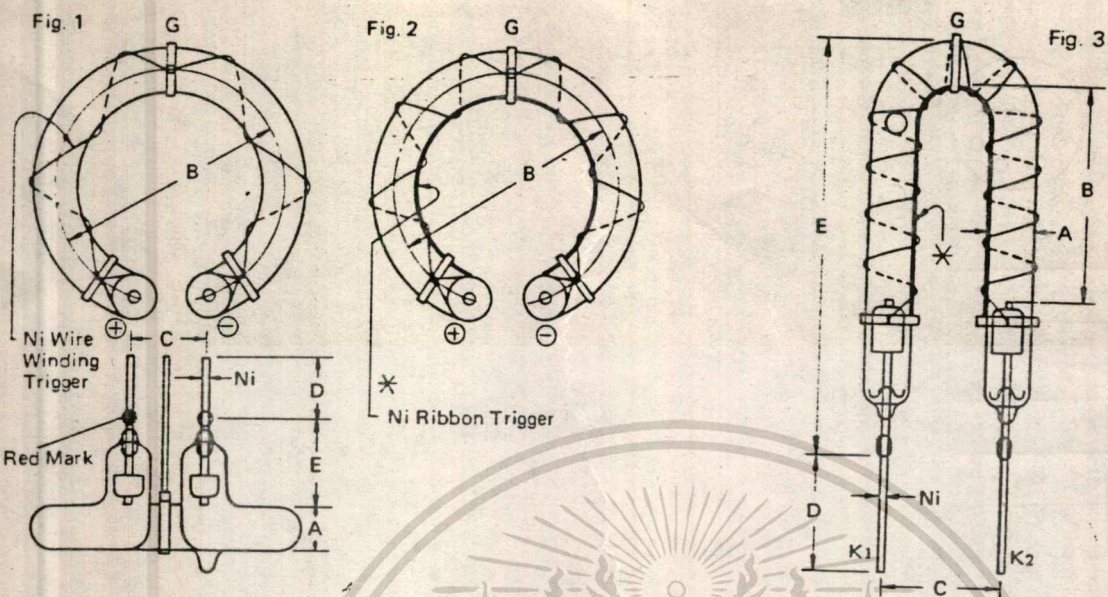


Fig. 3

Design Anode Voltage	Vdc	316	330	316	400	560	500
Min. Anode Voltage	Vdc	200	210	200	350	360	400
Max. Anode Voltage	Vdc	350	350	350	450	730	1,000
Max. Flash Energy	Joule	220	150	470	500	800	1,000
Normal Flash Energy	Joule	200	135	420	450	720	900
Max. Flash Rate at Max. Flash Energy	FPS	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10
Ave. Power Input Max. (Joule x FPS)	W	20	15	42	50	80	100
Min. Trigger Pulse Voltage	KVP	-5	-4	-5	-6	-6	-6
Dimensions	A mmφ	8	6.5	12	9	12	12
"	B mmφ	36	48	52	67	75	90
"	C mm	16	12	16	19	16	20
"	D mm	40	30	40	40	40	40
"	E mm	15	14	20	14	20	38
Fig. No.		2	1	2	3	1	3
Ave. Flash Life at Normal Flash Energy	Flashes	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

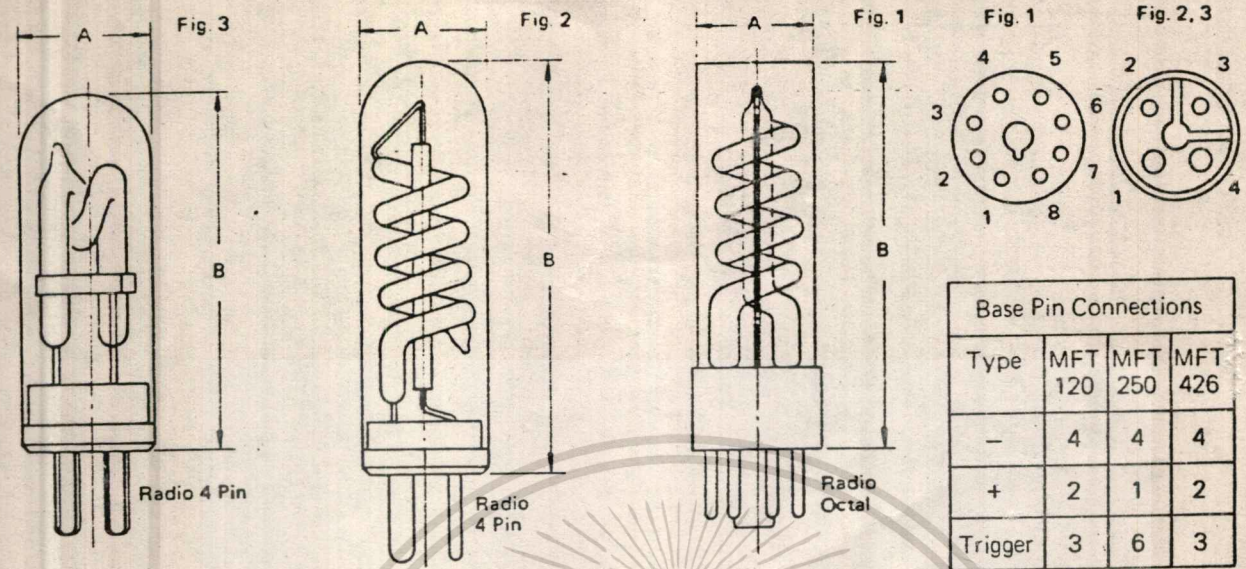
Quartz, Ring- & U-shaped. For Studio Flash Light.



Design No.	1	2	3	4	5	6	7
Design Anode Voltage	Vdc 500	550	600	600	650	600	650
Min. Anode Voltage	Vdc 300	300	350	350	350	300	350
Max. Anode Voltage	Vdc 600	650	700	700	750	650	750
Max. Flash Energy	Joule 1,200	2,400	2,400	3,600	4,800	2,400	9,600
Normal Flash Energy	Joule 1,000	2,100	2,100	3,200	4,300	2,100	8,600
Max. Flash Rate at Max. Flash Energy	FPS 1/8	1/6	1/4	1/6	1/6	1/6	1/10
Ave. Power Input Max. (Joule x FPS)	W 150	400	600	600	800	400	960
Min. Trigger Pulse Voltage	KVP -8	-8	-8	-8	-10	-8	-15
Dimensions							
A	mmφ 11	13	13	13	13	11	15
B	mm 53φ	55φ	55φ	75φ	90φ	48	150φ
C	mm 15	17	17	17	20	27	40
D	mm 38 1.3φ	38 1.3φ	38 1.5φ	38 1.5φ	48 1.8φ	38 1.3φ	48 1.8φ
E	mm 30	30	30	30	30	88	33
Fig. No.	1	1	2	2	2	Non 4	2
Ave. Flash Life at Normal Flash Energy	Flashes 10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hard Glass, Special. For Photo Flash Display.



Design Anode Voltage	Vdc	500	2,000	900
Min. Anode Voltage	Vdc	350	1,400	800
Max. Anode Voltage	Vdc	550	2400	1,100
Max. Flash Energy	Joule	200	300	400
Normal Flash Energy	Joule	180	270	360
Max. Flash Rate at Max. Flash Energy	FPS	1/10	1/10	1/10
Ave. Power Input Max. (Joule x FPS)	W	20	30	40
Min. Trigger Pulse Voltage	KVP	-6	-10	-10
Dimensions	A mmφ	31	29	31
"	B mm	70	90	73
"	C mm	/	/	/
"	D mm	/	/	/
"	E mm	/	/	/
Fig. No.		3	1	2
Ave. Flash Life at Normal Flash Energy	Flashes	8,000	8,000	5,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับผูกพันหาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Quartz, Helical & Straight. For Ruby Laser Pumping.

Fig. 1

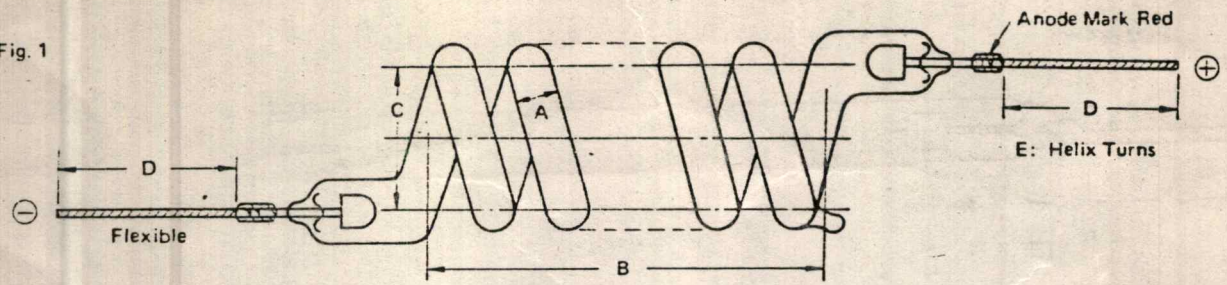
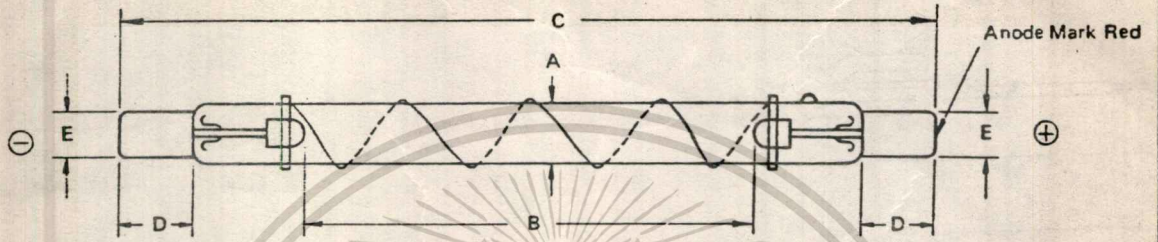


Fig. 2
(Note)



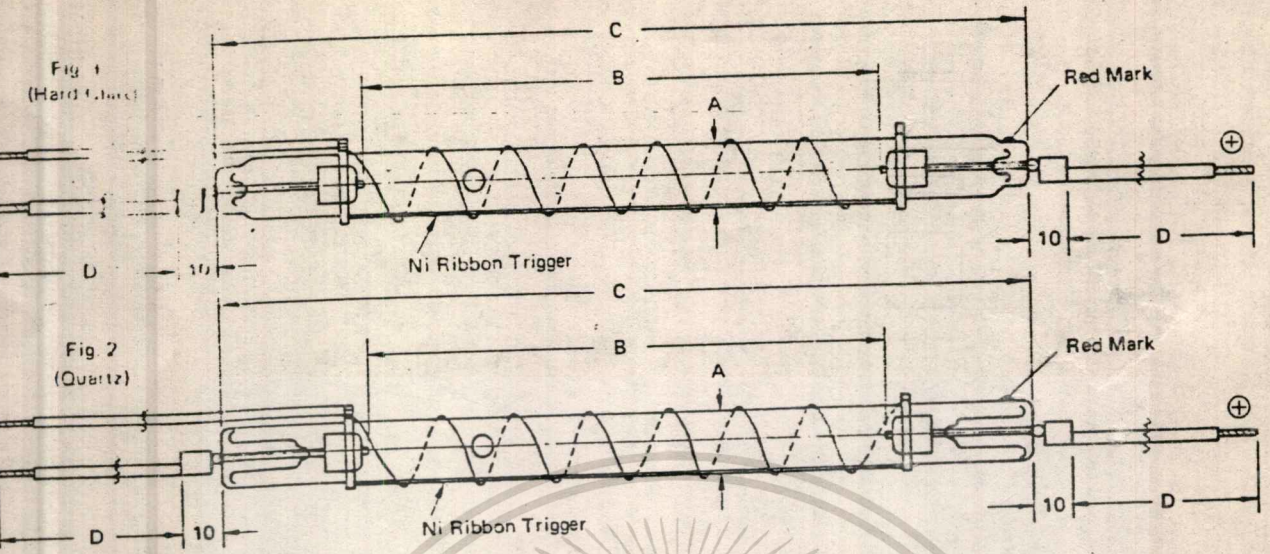
Design Anode Voltage	KVdc	4	4	5	9	3	4	5
Min. Anode Voltage	KVdc	3	3	3	6	2	2.5	3
Max. Anode Voltage	KVdc	5	5	6	10	3.6	5	6
Max. Flash Energy	K Joule	3	3	5	25	2.5	4.5	8
Normal Flash Energy	K Joule	2.7	2.7	4.5	22.5	2.25	4.0	7.2
	KVdc	4	4	5	9	3	4	5
	μ F	338	338	360	556	500	500	576
Max. Flash Rate at Max. Flash Energy	FPS	1/30	1/30	1/30	1/60	1/30	1/30	1/30
Ave. Power Input Max. (Joule x FPS)	W	100	100	167	417	83	150	267
Min. Trigger Pulser Voltage	KVP	-20	-20	-20	-20	-15	-15	-15
Arc Resistance (Peak)	Ω	4.2	3.9	5.4	5	0.56	0.76	1.2
Dimensions	A mm ϕ	8	8	8	13	13	15	20
"	B mm	65	65	100	198	100	150	300
"	C mm	40 ϕ	28 ϕ	26 ϕ	44 ϕ	180	270	420
"	D mm	100	100	150	150	12	15	20
"	E mm	4.5T	6.5T	10.5T	12.5T	8 ϕ	10 ϕ	10 ϕ
Fig. NO.		1	1	1	1	2	2	2
Ave. Flash Life at Normal Flash Energy	Flashes	4,000	4,000	4,000	4,000	8,000	8,000	8,000

Note: Use Series Inductance CH200H (200 μ H, 0.05 Ω) For Straight Type
CH400H (400 μ H, 0.08 Ω) For Helical Type

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยประการ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hard Glass & Quartz, Straight. For Toner Fixing in High Speed Printer & Copier.



		1	1	1	2	2	2	2	2	
Design Anode Voltage	Vdc	1,000	1,200	1,400	700	1,200	1,500	1,900	2,000	
Min. Anode Voltage	Vdc	800	1,000	1,200	600	1,000	1,300	1,400	1,500	
Max. Anode Voltage	Vdc	1,200	1,400	1,600	1,400	1,400	1,700	2,100	2,200	
Max. Flash Energy	Joule	400	450	500	360	330	400	330	350	
Normal Flash Energy	Joule	360	400	450	294	300	360	300	320	
	Vdc	1,000	1,200	1,400	700	1,400	1,200	1,500	1,900	2,000
	μ F	720	550	460	1,200	300	420	320	160	160
Max. Flash Rate at Normal Flash Energy	FPS	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	2	2	
Ave. Power Input Max. (Joule x FPS)	W	180	200	225	147	300	360	600	640	
Min. Trigger Pulse Voltage	KVP	-10	-12	-15	-8	-12	-15	-20	-20	
Arc Resistance at Normal Flash Energy	Ω	0.8	1.1	1.6	0.33	0.9	1.2	1.5	1.7	
Dimensions	A mm ϕ	12	12	12	12	12	12	12	12	
"	B mm	240	340	380	100	240	340	380	500	
"	C mm	290	400	440	180	320	420	460	500	
"	D mm	300	300	300	300	300	300	300	300	
Fig. No.		1	1	1	2	2	2	2	2	
Ave. Flash Life at Normal Flash Energy & Power Input	Flashes	20×10^4	20×10^4	20×10^4	50×10^4	200×10^4	200×10^4	200×10^4	200×10^4	

- Note:
- Use Series Inductance CH400H (400 μ H, 0.08 Ω)
 - Type 1224 (For A-4 Shorter Side), Type 1234 (For A-4 Longer Side)
 - Type 1238 (For B-4 Longer Side), Type 1242 (For A-3 Longer Side)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Trigger Transformers (Old Type TR6KN is Superseded by TR6KS/RH1)

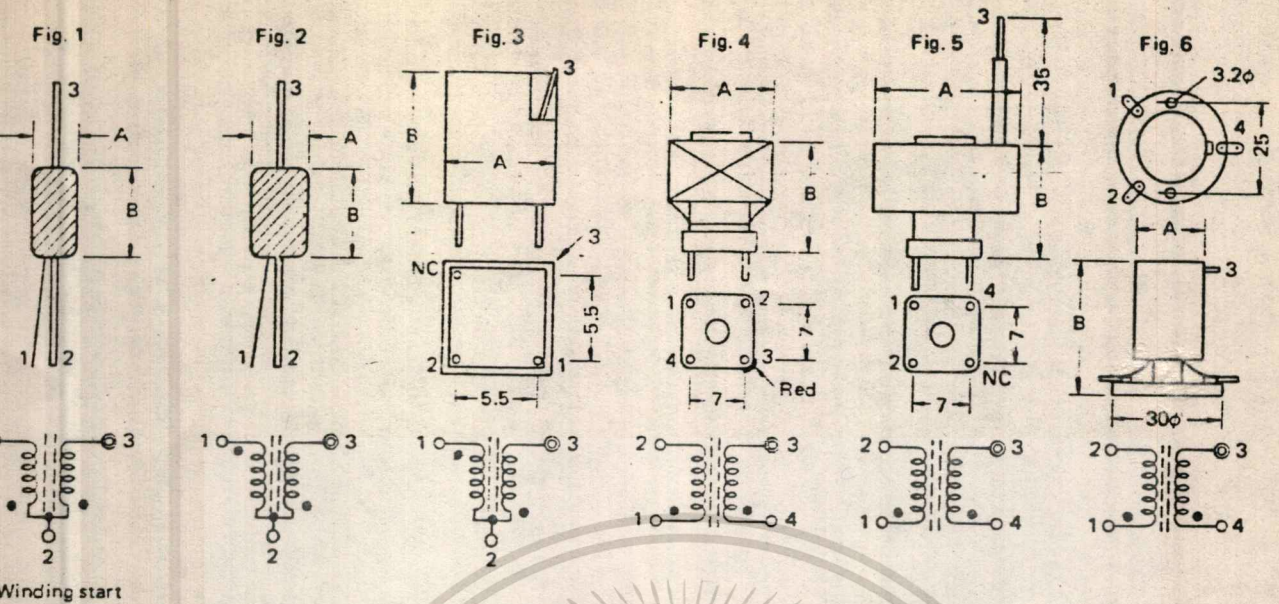


Fig. No.			TR 15K	TR 20K
Max. Input Energy	mJ ($\mu\text{F/Vdc}$)	1.48 (0.033/300)	2.1 (0.047/300)	2.1 (0.047/300)
Normal Input Energy	mJ ($\mu\text{F/Vdc}$)	0.8 (0.033/220)	1.1 (0.047/220)	1.47 (0.047/250)
Peak Output Voltage of First Pulse at Normal Energy	KVP	-4	-6	-8
First Output Pulse Width	t_{01} μs	0.7	0.9	1.0
Dimensions	A mm	7 ϕ	8 ϕ	7.5
"	B mm	16 Max.	12 Max.	8.5
Fig. No.		1	2	3
				4
				4
				5
				6
				6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TECHNICAL MEMO

TMFF16R
FOTOFET
CASCODE
CIRCUIT
FOR FF412

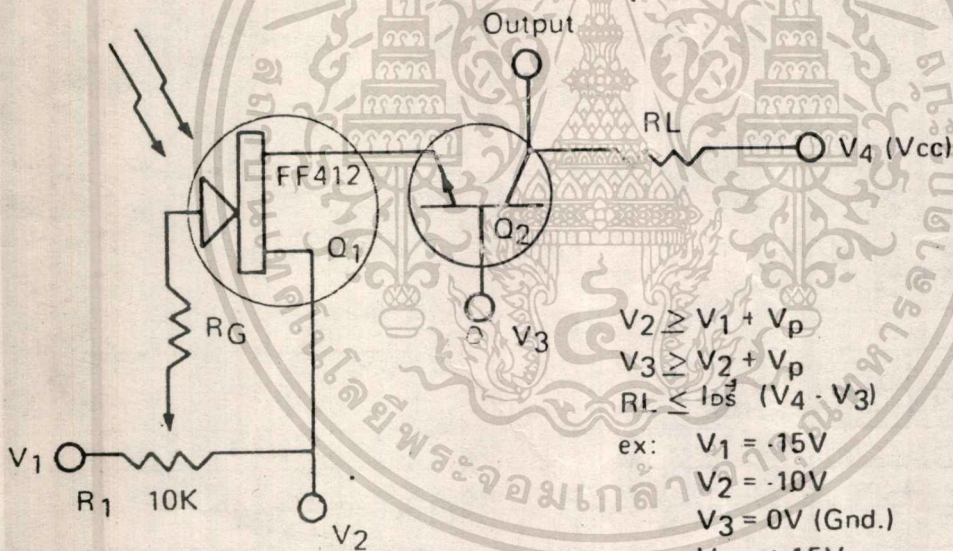
The circuit minimizes the C_{in} of the FOTOFET to approximately C_{iss} ($\sim 15\text{pf}$ FF412) by keeping the FOTOFET clamped. (to ΔV_{BE})

Large swing occurs at the collector of Q_2 . The gain is the R_L were in the FET drain, which would give (due to effect) a C_{in} of approximately 180pf, thus reducing the frequency rolloff point by 10 times.

The 1mA I_{DS} is very close to the zero T.C. point for the FF412 and temperature stability is optimized.

Inherent advantages of FOTOFET vs. Bipolar devices:

1. Two to three orders of magnitude higher sensitivity
2. Sensitivity is variable over range as high as 10^6 to 1
3. Gain-band width product up to 3 times higher

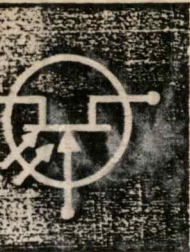


$$V_2 \geq V_1 + V_p$$

$$V_3 \geq V_2 + V_p$$

$$R_L \leq I_{DS} (V_4 - V_3)$$

ex: $V_1 = -15\text{V}$
 $V_2 = -10\text{V}$
 $V_3 = 0\text{V (Gnd.)}$
 $V_4 = +15\text{V}$
 I_{DS} (set by R_1) = 1mA
 $R_L = 12\text{K}$



FOTOFET™ SILICON EPITAXIAL JUNCTION N-CHANNEL FIELD EFFECT TRANSISTOR

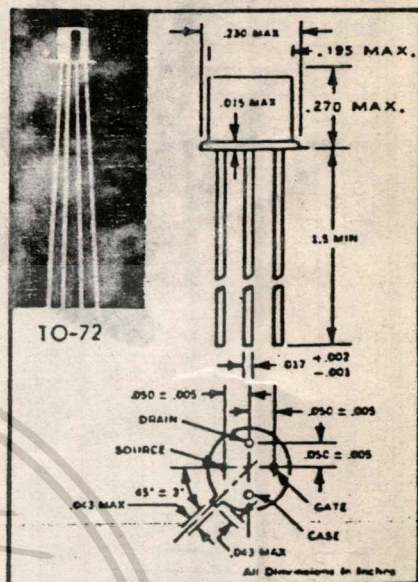
FF 108

GEOMETRY 282, PG. 57

HIGH SENSITIVITY
LOW DARK CURRENT
FAST RESPONSE
ELECTROTUBE REPLACEMENT
GLASS TOP FOR EXTERNAL OPTICS

CHARACTERICAL DATA ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Drain to Source Voltage	BV_{DSO}	15 Volts
Drain to Gate Voltage	BV_{DGO}	15 Volts
Gate to Source Voltage	BV_{GSO}	-10 Volts
Forward Gate Current	I_{GF}	50 mA
Operating Temp. (operating and storage)	T_J	-65°C to +200°C
Power Dissipation (free air)	P_D	400mW
Temp. (@ 1/16" ± 1/32" from case)	T_L	240°C for 10 sec.
Temperature Coefficient From 200°C	DF_{200}	0.43°C/mW



CHARACTERICAL CHARACTERISTICS: $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	FF 108			UNITS
			Min.	Typ.	Max.	
Sensitivity ⁴	S_G	$V_{DS} = 10V, V_{GS} = 0, \lambda = .9 \text{ microns}$	1.5	3.0	4.5	$\mu\text{A/mW/cm}^2$
Current (Light) ¹	λI_g	$V_{DS} = 10V, V_{GS} = 0V$	3.0	6.0	9.0	nA/FC
Sensitivity ⁵	S_D	$V_{DS} = 10V, V_{GS} = 0, R_G = 1M\Omega$	-	4.5	-	mA/mw/cm ²
Current (Light) ¹	λI_d	$V_{DS} = 10V, V_{GS} = 0V, R_G = 1M\Omega$	-	15	-	$\mu\text{A/FC}$
Gate Voltage Drain Current	I_{DSS}	$V_{DS} = 10V, V_{GS} = 0$	0.8	3.0	5.0	mA
Transconductance	g_m	$V_{DS} = 10V, V_{GS} = 0, f = 1 \text{ kHz}$	800	-	-	μmho
Rise Time ²	T_R	$V_{DS} = 10V, R_L = 1K, R_G = 1K$	-	30	-	nsec
Fall Time ³	T_F	$V_{DS} = 10V, R_L = 1K, R_G = 1K$	-	50	-	nsec
Turn-Off Voltage	V_{PO}	$V_{DS} = 10V, I_{DS} = 0.1\mu\text{A}$	1.0	3.0	6.0	Volts
Input to Source Cap.	C_{GS}	$V_{GS} = -10V, f = 140 \text{ kHz}$	-	-	8.0	pf
Input to Drain Cap.	C_{GD}	$V_{GD} = -10V, f = 140 \text{ kHz}$	-	-	5.0	pf
Leakage Current (Dark)	I_{GSS}	$V_{GS} = -10V, V_{DS} = 0$	-	0.05	1.0	nA
On-Resistance	R_{DS}	$V_{DS} = 0.1V, V_{GS} = 0$	-	1K	-	Ohms

¹ Lamp 2800° K Color Temp. ² Ga As Diode Source ³ Directly Proportional to R_G
⁴ Current per unit Radiant Power Density at Lens Surface ⁵ Drain Current per unit Radiant Power Density ($\lambda = 0.9 \text{ microns}$)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ที่สำเร็จได้เพราะได้รับความช่วยเหลือจากอาจารย์และนักศึกษาในคณะวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งผู้จัดทำต้องขอเอ่ยนาม คือ ดร.ปรีน ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ทดลอง อ.โยธิน และพีวีโรจน์ นักศึกษาปริญญาโท ที่ให้ Digital Storage Scope ใช้ในการทดลอง ตลอดจนช่วยเหลือด้านการใช้เครื่องมือ ซึ่งผู้จัดทำต้องขอขอบคุณอย่างสูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

ก. เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

- 1) สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว , "เลเซอร์เอ็นจีเนียริง" , สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2529
- 2) วุฒิ หันธุมหาวิณ , "หลักการเบื้องต้นของเลเซอร์" วารสารวิทยาศาสตร์ , สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ปีที่ 40 ฉบับที่ 6 , 2529
- 3) วุฒิ หันธุมหาวิณ , "เลเซอร์ฟิสิกส์" , มิตรนราการพิมพ์ , 2532

ข. เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ

- 1) A. Yariv , "Introduction to Optical Electronics" , Holt . Rinehart and Winston , INC., New York , 1971
- 2) M. Born and E. Wolf , "Principle of Optics" , 4thed. Pergamon Press , London , 1970
- 3) Irving M. Gottlieb . "Power Control with Solid-State Devices" , Reston Publishing Company , INC., 1986