



ปีการศึกษา 2533

เรื่อง การสื่อสารด้วยเส้นใยแสง

โดย

นาย ฉนากร แซ่โค้ว

นาย อนศักดิ์ ชิงช่วงชัย

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผ.ศ. อภินันท์ มัญยานนท์



028786

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกประการ 13 ธ.ค. 2533 นำไปใช้

ปฏิทินพันธปีการศึกษา 2533

ภาควิชา โทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การสื่อสารด้วยเส้นใยแสง(optic fiber intercom)

ผู้จัดทำ

- 1 นาย ธนากร แซ่โค้ว
- 2 นาย อนศักดิ์ ชิงช่วงชัย

อาจารย์ที่ปรึกษา
(พ.ศ.อภิรักษ์ มัลยานนท์)



การสื่อสารด้วยเส้นใยแสง

ธนากร แซ่โค้ว

อนศักดิ์ ชิงช่วงชัย

ผ.ศ. อภินันท์ มัชฌิมาแท้ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 1990.

บทคัดย่อ

การสื่อสารเส้นใยแสง ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็วหลังจากที่ในปี 1970 ได้มีการประดิษฐ์สายเคเบิลเส้นใยแสงที่มีการสูญเสียต่ำ เป็นครั้งแรกในปัจจุบันการใช้งานของเส้นใยแสง มีให้เห็นทั่วไปและคาดว่าความก้าวหน้าทางด้านก้าวหน้าทางด้านนี้จะดำเนินต่อไปอีกหลายปี จุดประสงค์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เพื่อที่จะแนะนำพื้นฐานและเป็นคู่มืออ้างอิงทางด้าน การสื่อสารเส้นใยแสง เพื่อผู้ที่สนใจทางด้าน การสื่อสารระบบใหม่จะได้ศึกษาต่อไป

สารบัญ

บทที่ 1	บทนำ	1-23	
บทที่ 2	ไต่โอด	24-37	
บทที่ 3	การออกกแบบ	38-40	
๕	บทที่ 4	การทดลอง	41-42
บทที่ 5	สรุปและวิจารณ์	43	

ภาคผนวก



บทที่ ๑

INTRODUCTION

ปัจจุบันการพัฒนาทางด้าน Transmission line ที่ทันสมัยที่สุด คือ การใช้ Optic Fiber เนื่องจากมันมีขนาดเล็กพอ ๆ กับเส้นผมของมนุษย์ การสื่อสารในปัจจุบันนั้น หลายอย่างได้เปลี่ยนมาใช้ Optic Fiber แล้ว (ซึ่งพบว่าการสูญเสียต่ำมาก เมื่อเทียบกับ Loss ที่เกิดขึ้นกับสายทองแดง) มีการพัฒนาของ Laser diode และ Optoelectronics ต่าง ๆ แนวโน้มของการสื่อสารในอนาคต หลักการสื่อสารโดยใช้เส้นใยแสง

คริสตอล บางชนิด เช่น Gallium Arsenide (GaAs) สามารถเปล่งแสง ที่ความยาวคลื่นใกล้เคียงกับแสงที่มนุษย์มองเห็น ถ้าเราให้กระแสไหลผ่านตัวผลึกนี้ (ดูกราฟความยาวคลื่น หน้า ๓ ใน Data sheet) แสงที่ถูกปล่อยออกมาคือ โฟตอน นั้นเกิดจากการที่อะตอมถูกกระตุ้นด้วยความร้อนและปฏิกิริยาเคมี หรือวิธีอื่น ๆ เราจึงใช้หลักการนี้ในการสื่อสาร ตัวอย่างเช่น ในโทรศัพท์ตามรูป ๑.๓ ไมโครโฟนจะเปลี่ยนเสียงเป็นไฟฟ้า มัลติเพลกเซอร์ใช้สำหรับรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่มีลักษณะคล้ายกันของแต่ละช่องรวมเข้าเป็นกลุ่มข้อมูล ซึ่งจะถูกเข้ารหัส (ถ้าต้องการ) และถูกขยายก่อนที่จะถูกเปลี่ยนไปเป็นสัญญาณแสง โดยตัวกำเนิดแสงต่าง ๆ เช่น Diode เป็นต้นหลักจากนั้นแสงก็จะถูกส่งผ่านไปใยเส้นใยแสง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๐.๑ มิลลิเมตร โดยเส้นใยแสงคือ ซิลิกาสังเคราะห์ที่ถูกนำมาดึงเป็นเส้นที่ยาวหลายกิโลเมตร

ที่ปลายทางสัญญาณแสงจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยโฟโตดีเทคเตอร์ แล้วก็ถูกขยาย แล้วถอดรหัสจากนั้นก็จะถูกแยกออกไปเป็นคำพูดของแต่ละช่อง แล้วแปลงเป็นสัญญาณเสียงโดยผ่าน electro acoustic transducer เช่น หูฟัง เป็นต้น

ข้อดีของเส้นใยแสง และสัญญาณที่ใช้สื่อสาร

เนื่องจากโฟตอนไม่มีประจุไฟฟ้า ดังนั้นมันจึงไม่ได้รับผลกระทบจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงหรือมีสนามแม่เหล็ก หรือบรรยากาศต่าง ๆ ด้วย รวมทั้งสนามแม่เหล็กด้วยซึ่งอาจจะเกิดจากมอเตอร์หรือหม้อแปลงก็ไม่มี

การลดทอนต่ำ (Low attenuation)

สัญญาณไฟฟ้าที่ถูกส่งด้วยสาย โคแอกเซียล (ซึ่งขึ้นกับความถี่ที่ส่ง) จะมีการสูญเสียกำลังไปเกือบครึ่งหนึ่งหลังจากที่ส่งไปได้ไม่กี่ร้อยเมตร แต่ในเส้นใยแสงนั้นยังสามารถรับสัญญาณได้ดีเยี่ยม แม้ว่าระยะทางของด้านส่งและรับจะห่างกันถึง ๒๐ กิโลเมตร จุดที่สำคัญอันหนึ่งเมื่อเรากล่าวถึงการลดทอน คือ เราจะต้องเข้าใจว่ากำลังอ้างอิงทางด้านไฟฟ้า หรือทางด้านแสงเพราะการวัดทางสัญญาณไฟฟ้า ๑ db จะเทียบเท่ากับสัญญาณแสง ๒ db ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญมากเมื่อเราเปรียบเทียบการลดทอนของ cable เหตุผลคือ กำลังของไฟฟ้าจะแปรตามกระแสไฟฟ้ายกกำลังสองในขณะที่กำลังของแสงจะแปรตาม กระแสไฟฟ้ายกกำลังหนึ่งเราพอสรุปได้ว่า

$$DB (Optic) = 10 \log (P_{out} / P_{in}) = 10 \log (I_{out} / I_{in})$$
$$DB (Electrical) = 10 \log (p_{out} / P_{in}) = 20 \log (I_{out} / I_{in})$$
$$DB_m (Optic) = 10 \log (P_{out} / 1mw)$$

มี Bandwidth เพิ่มขึ้น

ค่าสูงสุดของอัตราการส่งใน โคแอกเซียล มีค่าประมาณ ๑ G bit/sec และใน Optic Fiber สามารถส่งได้เกิน ๑ G bit/sec มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา

ในสาย โคแอกเซียล มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๑๐ mm แต่ในเส้นใยแสงมีขนาดเพียง ๐.๑ - ๐.๒ mm เมื่อเคลือบด้วยพลาสติกแล้วก็มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๐.๒๕-๐.๕ mm เท่านั้นส่วนเรื่องน้ำหนักสายโคแอกเซียลมีน้ำหนักตั้งแต่ ๓๕๐-๑๑๐๐ กิโลกรัม / กิโลเมตร แต่ในเส้นใยแสงมีน้ำหนักเพียง ๑๒ กิโลกรัม / กิโลเมตร ซึ่งคุณสมบัตินี้สำคัญมากในเทคนิคการติดตั้ง ตัวอย่างที่สำคัญอีกอันคือ สายทองแดง ๑๐๐๐ คู่ที่ถูกห่อหุ้มด้วยพลาสติกแล้วนั้นได้รับการผลิต ออกมามีความยาว ๔๐๐ เมตร ซึ่งจำเป็นที่จะต้องเกิดการเชื่อมบ่อยครั้งมาก แต่ในเส้นใยแสงนั้นสามารถทำสายได้ยาวกว่าและลากผ่านท่อโดยไม่ต้องการเชื่อมต่อในระยะทางที่ไกลกว่า ในขณะที่ค่าขนส่งก็ถูกกว่าด้วย เพิ่มความมั่งคั่งได้

Optic fiber มี Tensile strenght สูงประมาณสองเท่าของ Cable และยังสามารถงอได้มากกว่าสายทองแดง มีความเป็นฉนวนทางไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

พร้อมทั้งจะไม่เกิดปัญหา Crosstalk

การเชื่อมต่อก็เป็นเรื่องง่าย แต่จะมีปัญหาคือ การสูญเสีย Power บางส่วนแต่เราจะสามารถหาจุดดังกล่าว (จุดที่แตกหัก) โดยใช้ Optical Time Domain reflector (OTDR)



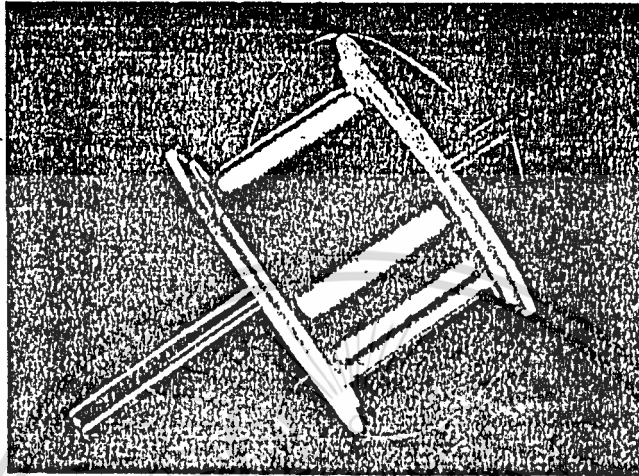


Plate 1.3
Optical fibre on a
reel (courtesy
Siemens AS
Zentralstelle für
Information)

เส้นใยแสงในม้วนลูกกลิ้ง

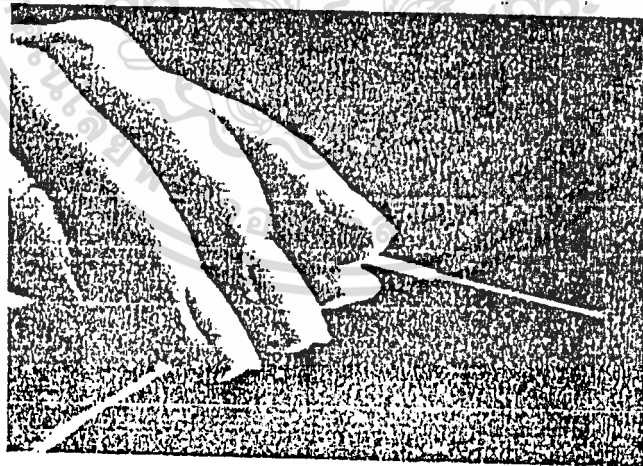


Plate 1.4
Single optical fibre
cable (courtesy
Siemens AS
Zentralstelle für
Information)

สายซิงค์เกิลโหมตเคเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

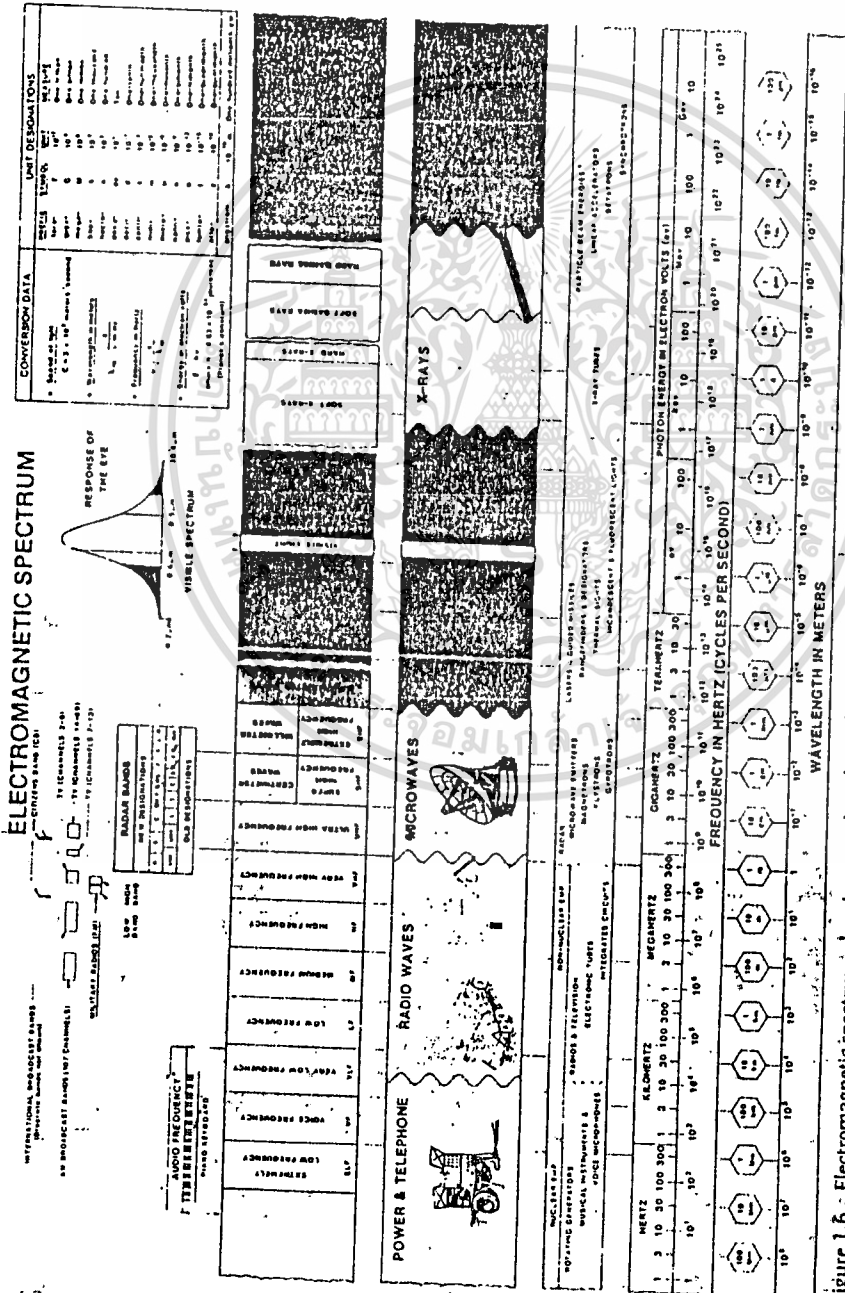


Figure 1.6 : Electromagnetic spectrum, showing wavelengths and frequencies of common signals methods courtesy of BDN International Inco

สเปกตรัม คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแสดงให้เห็นถึงความยาวคลื่นและความถี่ของสัญญาณที่ต่างกัน

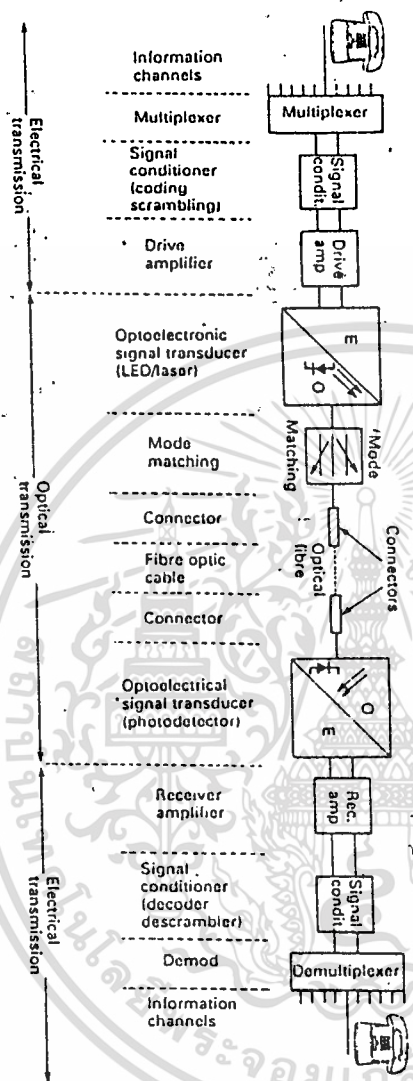


Figure 1.7
Basic
optoelectronic
communication
system

ระบบสื่อสารที่ใช้อุปกรณ์ด้านแสง

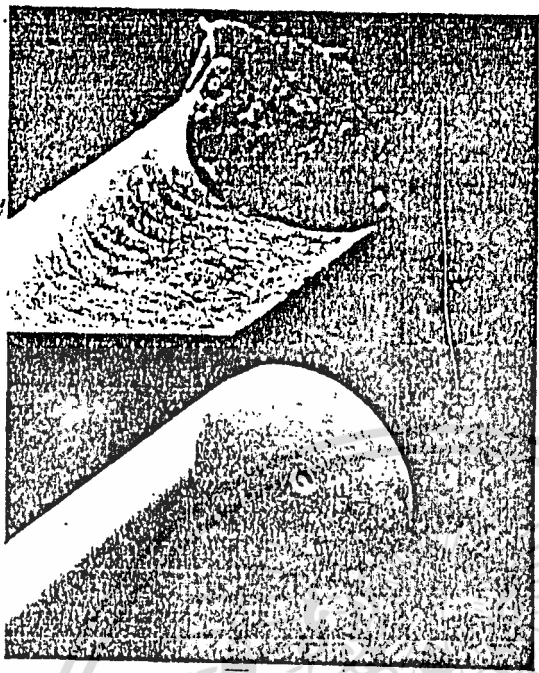
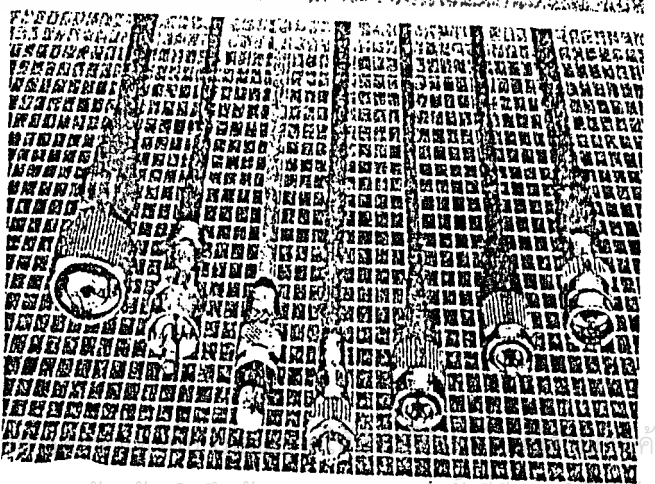
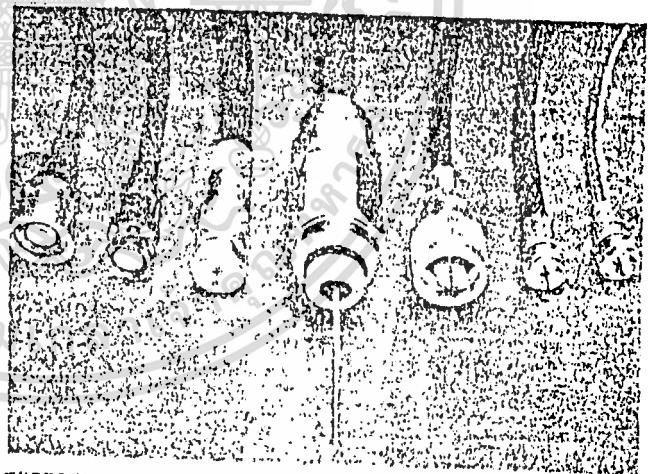


Plate 1.1
 A human hair (top)
 and an optical fibre
 (bottom) (courtesy
 Siemens
 Aktiengesellschaft)

เพลท 1.1 ภาพขยายเส้นผมมนุษย์ (บน)
 ภาพขยายเส้นใยแสง (ล่าง)

Plate 1.2
 Comparison of
 coaxial (top) with
 optical fibre
 (bottom) cables
 and connectors
 (courtesy BUC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องแจ้งเชิงแจ้งเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

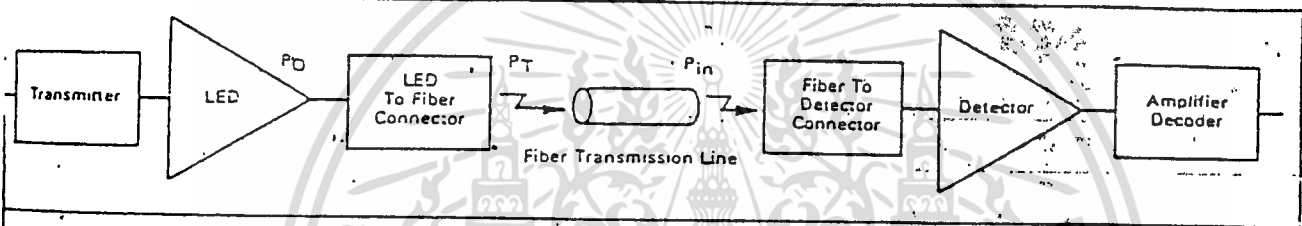
เพลท 1.2 ภาพแสดงการเปรียบเทียบระหว่างเส้นใยแสงกับสายโคแอกเซียล

8

FIBER OPTIC SYSTEM

FIBER OPTIC เป็นวิธีการใหม่สำหรับ cabled Communication and data transmission โดยใช้ modulated light ส่งผ่าน optical cable แทนที่จะใช้สัญญาณไฟฟ้าส่งผ่าน wired cable

ระบบ FIBER OPTIC ประกอบด้วยตัวส่ง transmitter, แหล่งกำเนิดแสง fiber optic cable รวมทั้ง connectors, แหล่งจับแสง และตัวรับ receiver ตามรูปที่ 1-5



A Fiber-Optic Transmission System

ระบบสื่อสารเส้นใยแสง

รูปที่ 1-5

ตัวส่ง transmitter จะแปลงค่า input signal ให้เป็น modulated diode current ซึ่งค่ากระแสเหล่านี้ จะถูกแปลงให้กลายเป็นพลังงานแสง โดย LED (Light Emitting Diode)

พลังงานแสงจะถูก coupling จาก LED เข้าไปยัง fiber optic cable โดยมี connector เป็นตัวต่อ แล้ก็จะส่งผ่านไปยังแหล่งจับแสงของ receiver โดยอุปกรณ์ส่วนนี้ จะ detect พลังงานแสง แล้แปลงกลับให้เป็นกระแส เพื่อทำการขยาย แล้แปลงกลับให้เหมือน input signal ที่ส่งมาตอนต้น นั่นเอง

ข้อดีของ FIBER OPTIC

1. ราคาถูก.
2. สามารถส่ง data ได้หลายๆ data ใน fiber เดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และเป็นของกรมราชทัณฑ์เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่เกิดการ spark ทำให้ไม่เกิดอันตราย เนื่องจากไฟ



5. มีการสูญหายของสัญญาณค่อนข้างต่ำ ทำให้สามารถลดจำนวน repeater ที่จะต้องใช้ตลอดทางสายลง อันส่งผลดีถึงการประหยัดเวลา และแรงงานในการบำรุงรักษา

6. มีขนาดเล็กกระทัดรัด และน้ำหนักเบา ง่ายต่อการติดตั้ง

7. เป็นระบบการส่งที่ค่อนข้างมั่นคง

8. ปราศจากการรบกวนเนื่องจากการรบกวนทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

(EMI - Electromagnetic Interference) และการรบกวนทางคลื่นวิทยุ (RFI - Radio Frequency Interference).

9. ส่งสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเนื่องจากการที่มันเป็นเลขฐาน 2 ไลน์เบอร์ ออนติค จึงสะท้อนแสงทั้งหมดและใส่สัญญาณไปตามแกน จึงปราศจากการสะท้อนภายใน ภายนอก อันเกิดจากปลาย สัญญาณรบกวน และ cross-talk

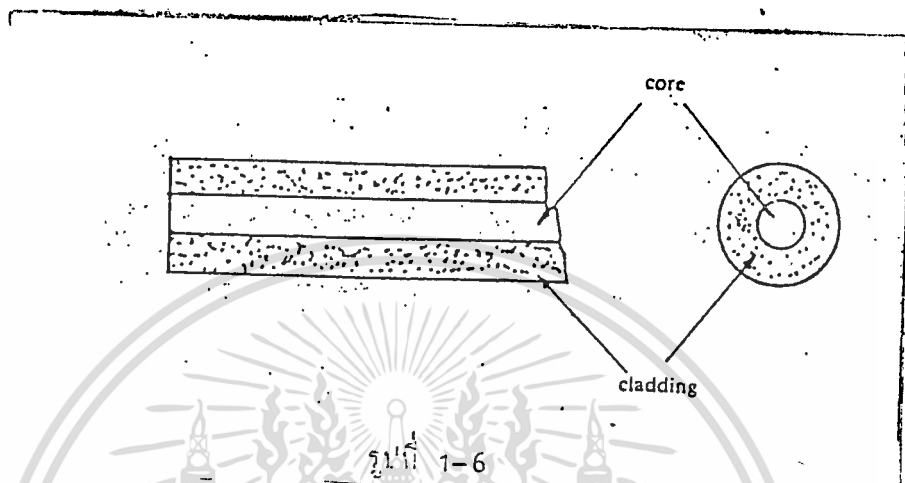
การใช้งาน ที่ว่า ไป

- MPU Inter - connection and connection and computer
- Industrial control
- Security Systems
- Point of sale Terminals
- Solid State Relay Circuits
- Petro Chemical Systems
- Medical Electronic
- Energy Management
- Instrumentation
- Auto motive
- Aircraft
- Machine Control
- Others

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง (028786)

ลักษณะ และ ชนิดของ FIBER OPTIC

ส่วนประกอบที่สำคัญของมันเป็นอยู่ด้วยกัน 2 ส่วน คือ core and cladding ดังรูป ที่ 1-6



รูปที่ 1-6

แสดงภาพตามยาวและตามขวางของเส้นใยแสง

โดย core and cladding ที่ใช้ในปัจจุบันนี้มีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ

1. core and cladding เป็นพลาสติก
2. core เป็นแก้ว cladding เป็นพลาสติก (แบบนี้ บางที่ เรียกว่า แบบ P.C.S. หรือ plastic - clad silica)
3. core and cladding เป็นแก้ว (แบบนี้ บางที่ เรียกว่า S.C.S. or silica clad silica)

แบบที่ทำด้วยพลาสติกทั้งหมดนี้จะมี ขนาดค่อนข้างใหญ่ เกะกะ ไม่น่าดู และมีข้อเสีย คือ คุณสมบัติในการลดทอน (attenuation characteristic) สูง

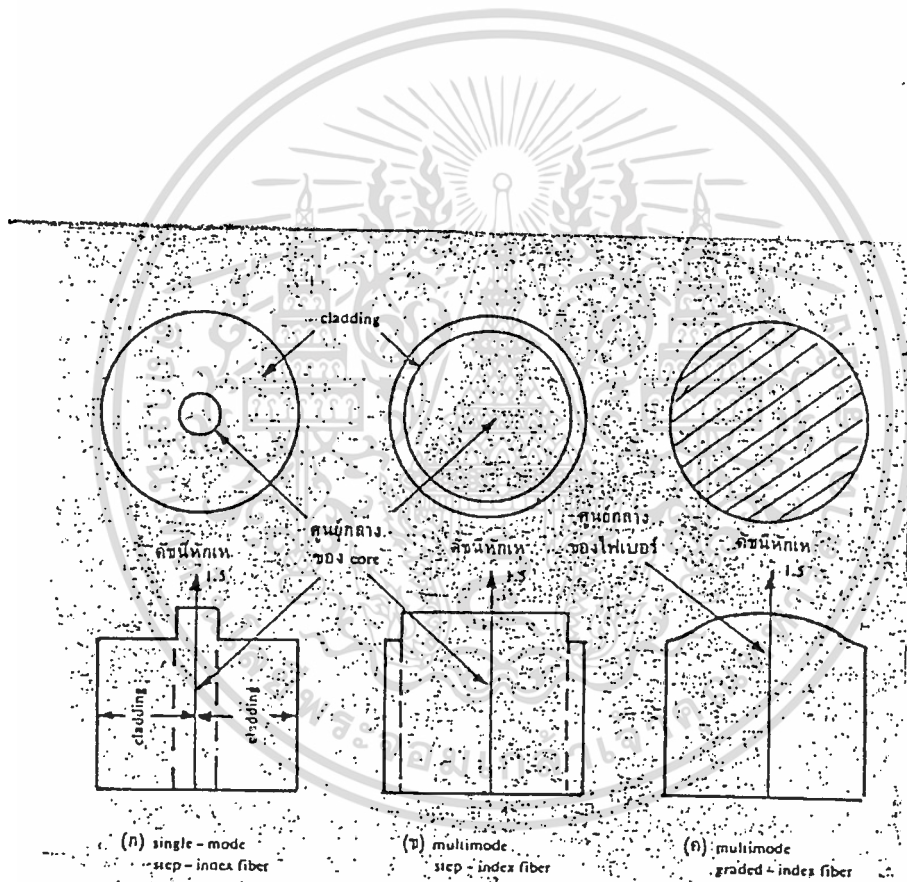
แบบ P.C.S. นั้นได้คุณสมบัติในการทดลองของแก้วดีกว่า และได้รับผลจากการแพร่กระจายน้อยกว่า ใยไฟเบอร์ที่ทำด้วยแก้วทั้งหมด มักพบใช้ในด้านการทหาร

แบบ S.C.S. นั้นสมรรถนะในการทดลองต่ำ และ concentricity ต่ำ แม้จะเป็นแกนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็ก ๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ง่ายต่อการ terminate กว่าแบบ P.C.S. ดังนั้นในการเลือกแบบของไฟเบอร์สำหรับใช้งานต่างๆ นั้น จะต้องพิจารณาถึงความต้องการของระบบและเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนด

Fiber optic mode

ไฟเบอร์ ออปติก ที่ใช้ในด้านโทรคมนาคมส่วนใหญ่แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. single-mode step-index fiber
2. multi-mode step-index fiber
3. multi-mode graded-index fiber



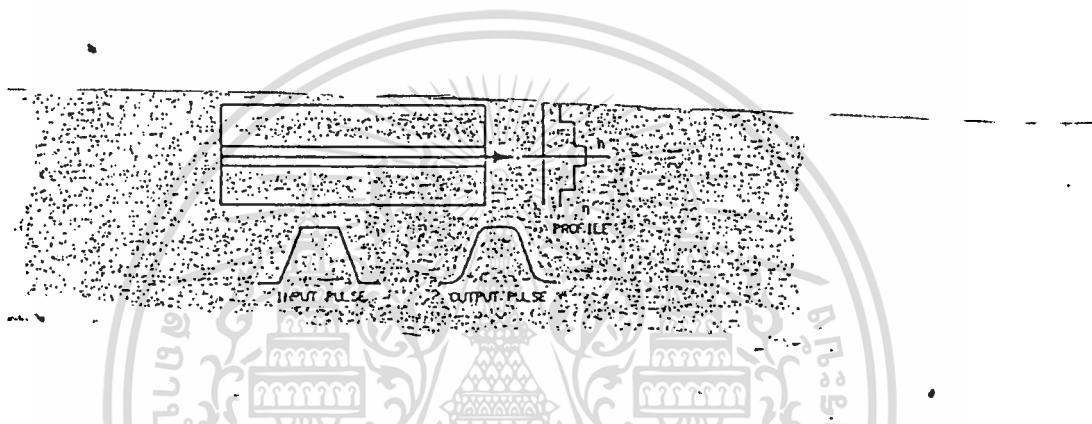
รูปที่ 1-7

แสดงชนิดของเส้นใยแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Single - mode step - index fiber

ไฟเบอร์ชนิดนี้มี core ค่อนข้างเล็กมาก (เพียง 2-3 ไมโครเมตร) มันจะยอมรับเฉพาะ order mode ต่ำสุดเท่านั้น และไม่ทนต่อ mode dispersion จัดว่าเป็นไฟเบอร์ที่มีราคาแพงและต้องใช้แหล่งกำเนิดที่มีกำลังสูงมากๆ และเป็น highly directional เช่น เลเซอร์ไดโอด ดังนั้นจึงมักใช้ในระบบที่มีระยะไกล ๆ และอัตราส่งข้อมูลมากๆ ดังรูป 1-8



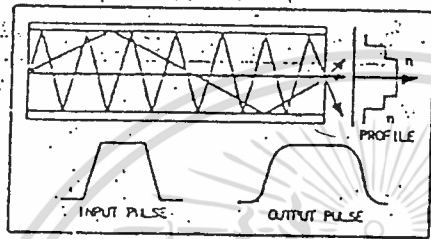
รูปที่ 1-8 Propagation of Single - mode step - index fiber

แสดงลักษณะ พัลส์ ของด้านส่งและด้านรับและลักษณะดัชนีหักเหเชิงเกิลโหมด

Multi - mode step - index fiber

ไฟเบอร์ ออพติคัลนั้นส่วนใหญ่โดยเจเนาะชนิด พลาสติกทั้งหมด มักจะทำอยู่ในรูปของเป็นกลุ่มหรือ bundle ซึ่งปกติจะจำกัดการใช้งานอยู่ในย่านความถี่ต่ำมาก และระยะใกล้ๆ bundle ทั้งหมดอาจต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดแสงและเซนเซอร์ (sensor) ชุดเดียวหรือหลายๆ ชุด ที่ปลายด้านใดด้านหนึ่งก็ได้ นอกจากนี้อาจใช้ handle ในการต่อ array ของแหล่งกำเนิดต่างๆ เข้ากับ array ของดีเท็คเตอร์ที่แมทซ์กันได้อีกด้วย ซึ่งอันนี้ทำให้สามารถต่อแชนแนลของสัญญาณโดดๆ (discrete signal channel) หลายๆ ชุดได้โดยไม่ต้องใช้เทคนิคของการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เคเบิลนี้แต่ละไฟเบอร์ปกติแล้วจะแยกกันเป็นแต่ละเปลือก (jacket) ตัวอย่าง เช่น ไฟเบอร์ที่จัด array ในแบบริบบอน (ribbon) หรือเป็นแถบๆ พบใช้กันบ่อยๆ ในระบบโทรศัพท์ที่ใช้ไฟเบอร์ ออพติคัล โดยปกติไฟเบอร์มีแถบความถี่เป็นหน่วยเม็กกะเฮิรตซ์กิโลเมตร. (MHz-Km) กล่าว คือ เคเบิล 200 เม็กกะเฮิรตซ์

- กิโอมตร เป็นต้น อันนี้เป็นผลของการยัดพัลส์ เนื่องจากความยาวของเส้นทาง (path) ที่แตกต่างกันอันเกิดจากลักษณะการแพร่กระจายของไฟเบอร์ ดังรูป 1-9



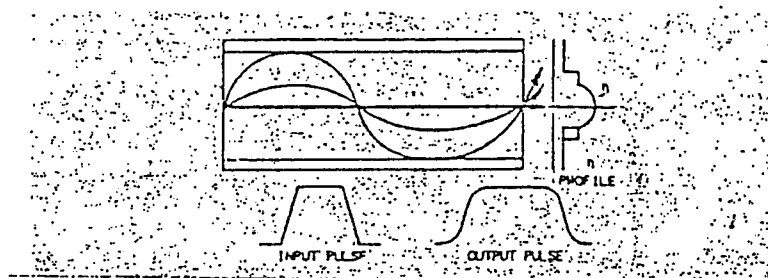
รูปที่ 1-9

Propagation of multimode step - index fiber

ลักษณะการกระจายของดัชนีหักเห สเตปอินเด็กซ์

Multimode grade index fiber

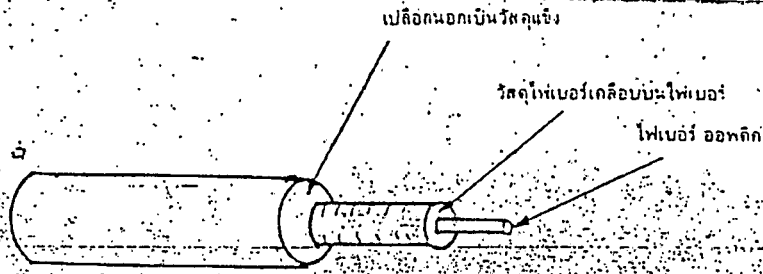
ความยาวของสายยิ่งมาก ความแตกต่างของเส้นทาง (เช่น ระหว่าง order mode ต่ำสุดกับ order mode สูงอันหนึ่ง) จะยิ่งมากขึ้น เพราะฉะนั้นเพื่อที่จะเอาชนะการบิดเบี้ยวอันเนื่องมาจากความแตกต่างของความยาวของเส้นทาง บริษัทผู้ผลิตไฟเบอร์ จึงได้พัฒนา graded index fiber ขึ้นมา ไฟเบอร์แบบนี้มีความถี่สูงกว่าแบบ multimode stepped index



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1-10

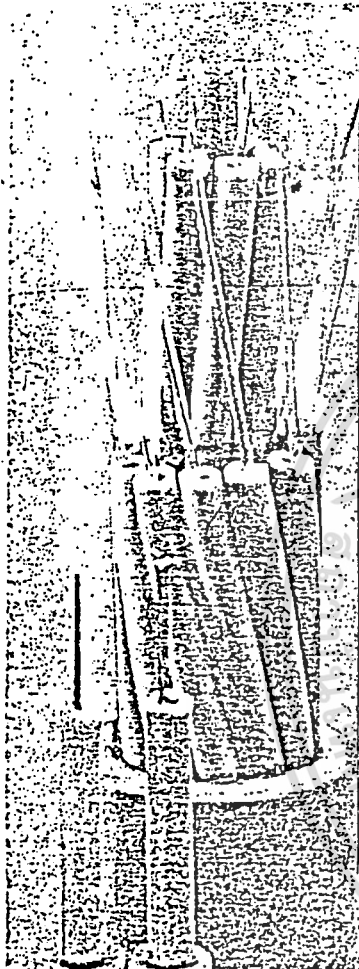
Propagation of multimode graded index fiber



Single fiber cable

รูปที่ 1-11 ข

ลักษณะเส้นใยแสง

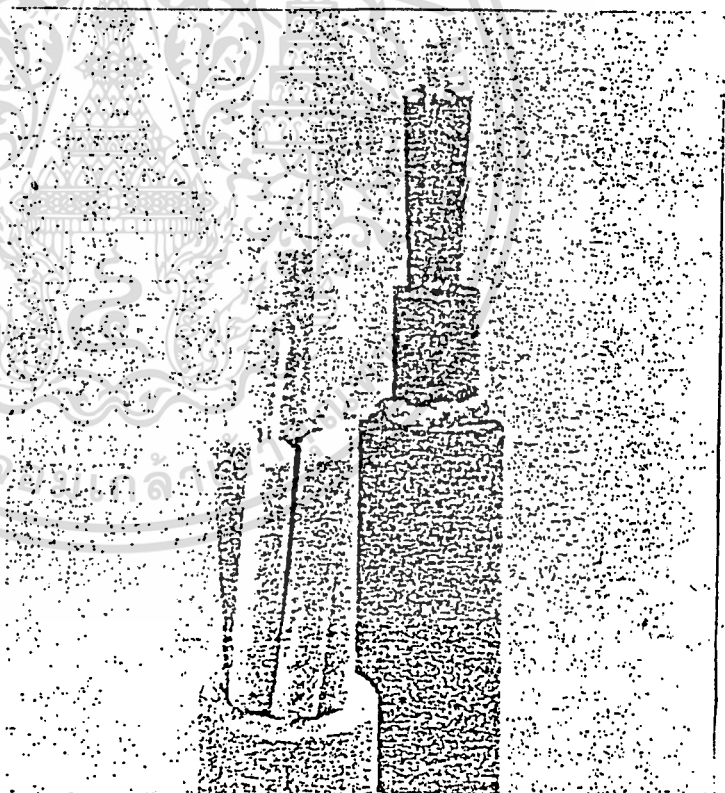


Fiber optic cable

รูปที่ 1-11 ก

ลักษณะเส้นใยแสงหลายเส้น

เมื่อนำมาใช้งาน



Multiple fiber cable

รูปที่ 1-11 ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟเบอร์ ออปติก เคเบิล FIBER OPTIC CABLE

เราสามารถแบ่งไฟเบอร์ ออปติก เคเบิล ออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. แบบไฟเบอร์เดี่ยว (single fiber cable)
2. แบบหลายไฟเบอร์ (multiple fiber cable)

แบบไฟเบอร์เดี่ยว (Single fiber cable)

ในรูปที่ 11 เป็นเคเบิลไฟเบอร์เดี่ยวอันหนึ่ง ไฟเบอร์ ออปติก จะอยู่ตรงกลางและล้อมรอบด้วยวัสดุบัฟเฟอร์ (buffering material) เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับไฟเบอร์ โดยที่วัสดุ นี้มีความคงทนต่อปฏิกิริยาทางเคมีดีเยี่ยม ส่วนใหญ่แล้วมักใช้วิธีการเคลือบ ไปบนไฟเบอร์เลย นอกจากวัสดุบัฟเฟอร์ ดังกล่าวยังจะทำหน้าที่ป้องกันการชูดลอกอีกด้วย ถัดไปเป็นชั้นของเปลือกนอกที่ทำด้วยวัสดุแข็ง ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการกระทบกระเทือนกระแทก และแรงดึงต่างๆ เปลือกนอกของเคเบิลเป็น tubular sheath ช่วยลด microbending loss และป้องกันไฟเบอร์จากสภาพแวดล้อมต่างๆ

แบบหลายไฟเบอร์ (Multiple fiber cable)

bundle cable ก็เป็นรูปแบบหนึ่งของเคเบิลแบบหลายไฟเบอร์ (Multiple fiber cable) ซึ่งตามชื่อของมันก็บอกอยู่แล้ว เคเบิลนี้หลายๆ ไฟเบอร์ ออปติก รวมอยู่ด้วยเคเบิลชนิดนี้มีการสูญเสียค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับการใช้งานที่ใช้เคเบิลช่วงสั้นๆ เท่านั้น

เคเบิลอีกแบบหนึ่งเป็นแบบไฟเบอร์ แต่ละอันแยกกันด้วย filter และมีการเคลือบบัฟเฟอร์กับเปลือกนอกแต่ละตัวแยกกัน ทว่าก็นำเอาไฟเบอร์ดังกล่าวมายึดติดกันด้วย tubular wrapping ดังรูป 1-11 ค

การสูญเสียในการส่ง

การสูญเสียในการส่ง (transmission loss) หรือการลดทอน (attenuation) เป็นคุณลักษณะที่สำคัญอย่างหนึ่งของไฟเบอร์ ออปติก เคเบิล โดยการลดทอนดังกล่าวนี้ วัดเป็นเดซิเบล เช่นเดียวกับการสูญเสียในเคเบิลเส้นลวดทองแดงทั่วไป มีค่าหนึ่งที่จะพบใช้กันคือ "absorption" ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแสงเป็นความร้อน สาเหตุสำคัญอันหนึ่งที่ทำให้เกิดการ absorb ขึ้นก็คือ "ความไม่บริสุทธิ์" (Impurities) ในวัสดุทำไฟเบอร์ โดยเฉพาะไอออนโลหะ (metal ion) และไฮดรอกซี OH (hydroxy molecules) ในแกนแก้ว การ absorb จากความไม่บริสุทธิ์สามารถลดลงได้ด้วย ความคุมวัสดุทำ core อย่างระมัดระวัง เพื่อหลีกเลี่ยงความไม่บริสุทธิ์

สาเหตุสำคัญอีกอย่างหนึ่งของการสูญเสียในการ absorb คือ "scattering effect" โดยการสูญเสียในการมีเกิดจากการ fluctuate ความหนาแน่นของแก้วกับส่วนประกอบ และจากความไม่สมบูรณ์ของส่วนต่อแกนกับ cladding ซึ่งประการหลังสามารถลงได้ด้วยการประดิษฐ์แกนเดี่ยว

นอกจากนี้ scattering loss นี้ยังเป็นภูมิภาคกลับกับกำลังสี่ของความยาวคลื่นแสงอีกด้วย ระบบไฟเบอร์ ออปติก ปัจจุบันทำงานที่ความคลื่นแกว่ง 0.8 ถึง 0.9 ไมครอน ซึ่งไม่ใช่ย่านที่จะให้ผลดีในการลด scattering loss เลย ในขณะนี้ก็ได้การพยายามค้นคว้าและพัฒนาอย่าง เร่งรีบ เพื่อให้ได้แหล่งกำเนิดแสง (light source) ที่สมบูรณ์และดีทีเคเตอร์ที่ทำงานที่ความยาวคลื่นบางๆ

การสูญเสียในการแผ่ (radiation Loss) ก็เป็นปัญหาอีกอย่างในระบบไฟเบอร์ ออปติก การโค้งงอของไฟเบอร์ เพียงเล็กน้อยก็สามารถทำให้เกิดการสูญเสียนี้ได้แล้ว และในบางครั้งการโค้งงออาจเกิดขึ้นในระหว่างประดิษฐ์เคเบิลอีกด้วย อย่างไรก็ตามสามารถลดทอนได้มาก ด้วยการลดหน้าสัมผัสระหว่างไฟเบอร์กับวัตถุอื่นๆ ทั้งหมด สำหรับการสูญเสียในการแผ่นี้ สามารถเกิดได้จากรอยขีดถลอกหรือความสกปรกที่เกิดบนผิวนอกของไฟเบอร์

การสูญเสียในสายเคเบิลทั้งหมด สามารถเปลี่ยนแปลงไปได้มากตามชนิดของเคเบิล และความยาวคลื่นของแสง แต่โดยทั่วไปแล้วจะอยู่ในช่วงระหว่าง 4-20 เดซิเบลต่อกิโลเมตร

ข้อพิจารณาในการออกแบบ FIBER OPTIC

1. พลังงานที่สามารถส่งออกได้ของวงจรด้านส่ง มักจะบอกมาในรูป microwatts ของพลังงานแสงที่สามารถเปล่งออกได้ที่ค่ากระแสต่าง ๆ โดยบอกมาใน data sheet

2. System Loss ประกอบด้วย

(1) Connector losses

(A) loss ระหว่าง LED optical port ไปยัง fiber ซึ่งขึ้นอยู่กับ connector air gap loss, ค่า NA ของ LED, ผิวสัมผัสของ fiber รวมทั้งค่า NA และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง core of fiber

(B) loss ระหว่าง fiber ไปยัง detector input port

(2) Fiber losses

(A) Attenuation (การลดทอน)

(B) Numerical Aperture (NA)

(C) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

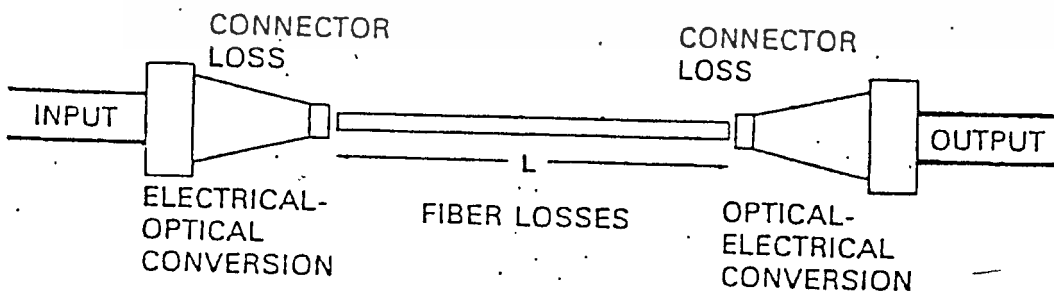
3. พลังงานที่สามารถรับได้ของวงจรด้านรับ

มักจะถูกกำหนดที่ค่าคงที่ค่า

หนึ่งตามแต่ตัว detector ที่ใช้หรือตามการออกแบบ

การหาค่า MAXIMUM OPERATING DISTANCE

SYSTEM PERFORMANCE



รูปที่ 1-12

ความยาวเส้นใยแสงที่ทำงานได้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับหรือใช้งานเพื่อการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ผู้ใช้ปรับหรือแก้ไขข้อมูลด้านการค้า

ไม่อนุญาตให้ผู้ใช้ปรับหรือแก้ไขข้อมูลด้านการค้า

$$\text{OPERATING DISTANCE} - L = \frac{10}{\alpha} \text{ LOG} \left[\frac{P_o \cdot R_p \left(\frac{D}{D}\right)^2 \left(\frac{NA}{NA}\right)^2 L_{c1} L_{c2}}{I_o} \right]$$

I_o = Detector output

L = Fiber length

P_o = พลังงานทั้งหมดที่ถูกส่งออก

R_o = Responsivity of detector

D = เส้นผ่าศูนย์กลาง fiber core สำหรับ

D จำนวน D_{semi} or D_{cable}

D D_{cable} d_{semi}

โดยใช้ค่าที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1

NA = Numerical aperture of fiber core สำหรับ

NA จำนวน NA_{semi} or NA_{cable}

NA NA_{cable} NA_{semi}

โดยใช้ค่าที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1

$L_{c1/2}$ = ค่า loss ใน connector รวมทั้ง alignment and Fresnel loss (Reflection Loss)

= Fiber loss ในหน่วย dB ต่อความยาว

ตัวอย่างการคำนวณในระบบ

1. พิจารณาระบบที่ใช้ DuPont plastic fiber cable (type PIR140)

(20 Mbaud, 10^{-4} BER)

0.5 dB/Meter Attenuation

0.4 Numerical Aperture (NA)

368 μ m core Diameter

ขั้นที่ 1 แปลงค่า LED and detector optical power ให้อยู่ในรูป dBm

a). Detector optical power input = $10 \log \frac{3 \mu w}{1000}$ = -25

1000

dBm (MFOD402F)

$$\begin{aligned} \text{b). LED optical power output} &= 10 \log \frac{140 \mu\text{w}}{1000} \\ &= -8.5 \text{ dBm (MFOE 10 SF)} \end{aligned}$$

จะได้ optical power ทั้งหมดในระบบ = 16.5 dB

ขั้นที่ 2 ต่อไปเราต้องคำนวณค่าทุกค่าของ system loss

- a). Input connector loss (AMP Spec.).....2 dB
 - b). Source to cable NA Loss, $20 \log \frac{0.40}{0.48}$1.6 dB
 - c). Cable to Detector Dia.Loss, $20 \log \frac{368 \mu\text{w}}{200 \mu\text{w}}$5.3 dB
 - d). Output Connector Loss (AMP Spec.)..... 2 dB
 - e). Reserve Gain for System..... 3 dB
- Total System Losses.....13.9 dB

ขั้นที่ 3 นำค่า Total optical power ลบด้วย ค่า Total System loss

(16.5 dB - 13.9 dB) จะได้ค่า 2.6 dB ออกมา เป็นค่า cable loss

ขั้นที่ 4 คำนวณค่า System length โดยใช้ DuPont Spec. - 0.5 dB/M loss

$$S1 = \frac{2.6 \text{ dB}}{0.5} = 5.2 \text{ M} = 16.9 \text{ Ft.}$$

2. พิจารณาระบบที่ใช้ Constor LLG200 (20 M baud, 10^{-9} Ber)

0.018 dB/Meter Attenuation

0.25 NA numerical aperature

200 μm Core Diameter

ชั้นที่ 1 แปลงค่า LED and detector optical power ให้อยู่ในรูป dBm

- a). Detector optical power input = $10 \log \frac{3\mu w}{1000} = -25 \text{ dBm}$
- b). LED Optical power Output = $10 \log \frac{140\mu w}{100} = -8.50 \text{ dBm}$

Total Optical Power in System.....16.5 dBm

ชั้นที่ 2 ต่อไปนี้คือคำนวณค่าทุกค่าของ System loss

- a). Clad Mode Loss of Emitter..... 2.0 dB
- b). Input connector loss (AMP Spec.)..... 2.0 dB
- c). Source to cable NA Loss $20 \log \frac{0.25}{0.48}$ 5.7 dB
- d). Diameter Loss $20 \log \frac{200 \mu m}{200 \mu m}$ 0.0 dB
- e). Output Connector Loss (AMP Spec.)..... 2.0 dB
- f). Reserve Gain for System..... 3.0 dB
- Total System Losses.....14.7 dB

ชั้นที่ 3 จากนั้นก็สามารถคำนวณหาค่า cable ได้โดย

a). Total optical power - total system loss = cable attanuation

$16.5 \text{ dB} - 14.7 \text{ dB} = 1.8 \text{ dB}$

b). จากค่า Cable loss ตามที่กำหนด จะได้

System length = $\frac{1.8 \text{ dB}}{0.048 \text{ dB/m}} = 100 \text{ Meter} = 325 \text{ Ft.}$

3. พิจารณาระบบที่ใช้ Siecor type 155

0.035 dB/Meter

0.35 NA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามนำข้อมูลนี้ไปเปิดเผยต่อผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต

ขั้นที่ 1 แปลงค่า LED and detector optical power ให้อยู่ในรูป dBm

$$a). \text{ Detector optical power input } 10 \log \frac{3 \mu\text{W}}{1000} = -25 \text{ dBm}$$

$$b). \text{ LED Optical Power Output } 10 \log \frac{140 \mu\text{W}}{1000} = \underline{-8.5 \text{ dBm}}$$

$$\text{Total Optical Power in System} \quad 16.5 \text{ dBm}$$

ขั้นที่ 2 ต่อไปก็คำนวณค่าทุกค่าของ System loss

$$a). \text{ Clad Mode Loss of Emitter} \dots \dots \dots 2.0 \text{ dB}$$

$$b). \text{ Input connector loss (AMP Spec)} \dots \dots \dots 2.0 \text{ dB}$$

$$c). \text{ Source to cable NA Loss } 20 \log \frac{0.35}{0.48} \dots \dots \dots 2.7 \text{ dB}$$

$$d). \text{ Diameter Loss } 20 \log \frac{200 \mu\text{W}}{200 \mu\text{W}} \dots \dots \dots 0.0 \text{ dB}$$

$$e). \text{ Output Connector Loss (AMP Spec)} \dots \dots \dots 2.0 \text{ dB}$$

$$f). \text{ Reserve Gain for System} \dots \dots \dots \underline{3.0 \text{ dB}}$$

$$\text{Total System Losses} \dots \dots \dots 11.7 \text{ dB}$$

ขั้นที่ 3 จากนั้นก็สามารถคำนวณหาค่าความยาว cable โดย

$$a). \text{ Total optical power} = \text{total system loss} = \text{cable attenuation.}$$

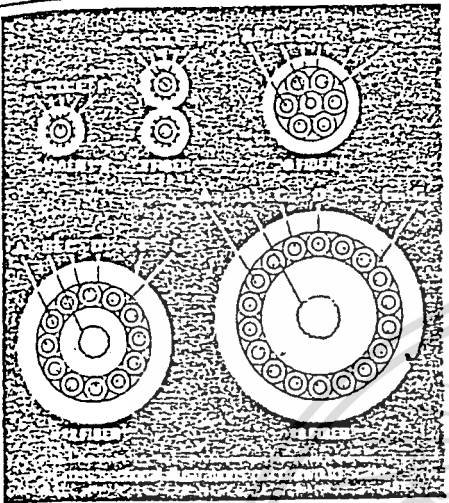
$$16.5 \text{ dB} - 11.7 \text{ dB} = 4.8 \text{ dB}$$

b). จากค่า cable loss ตามที่กำหนด จะได้

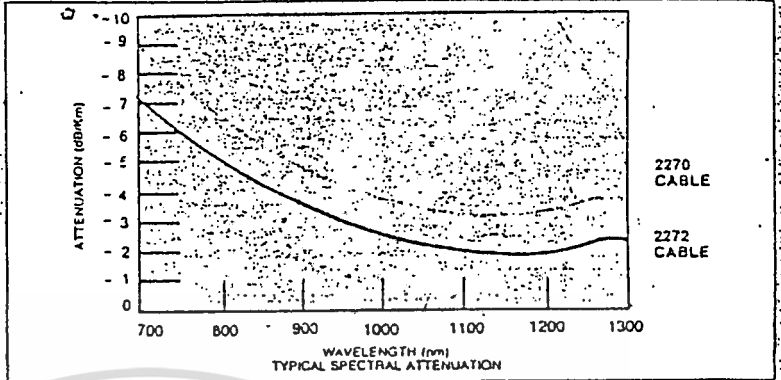
$$\text{System length} = \frac{4.8 \text{ dB}}{0.035 \text{ dB/M}} = 137 \text{ Meter} = 446 \text{ Ft.}$$

ตัวอย่างเคเบิล

ตัวอย่างเคเบิลข้างล่างนี้เป็นของบริษัท
Belden corporation ประเทศสหรัฐอเมริกา
1) Graded index fiber optic cables
50 μm core fibers



CABLES PASS THE UL VW-1 FLAME TEST



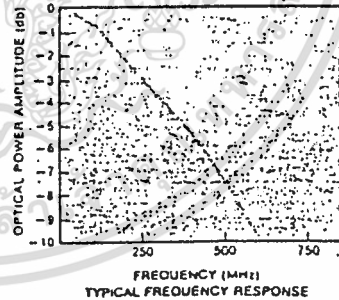
ATTENUATION OF 1.5dB/Km AND BANDWIDTH TO 1.5 Ghz/Km AVAILABLE

Model	Core	Clad	Coated	NA	Attenuation	Bandwidth	Length	Price
227201	227001	1	3.8	1.2	2	13.5	260	50
227202	227002	2	3.8x7.6	1.2	2	27	520	50
227206	227006	6	8	1.2	2	40	480	100
227212	227012	12	14	1.2	2	155	800	150
227218	227018	18	18	1.2	2	260	800	200

All dimensions are nominal. Standard lengths 1 Km. 2 Km lengths are also available.

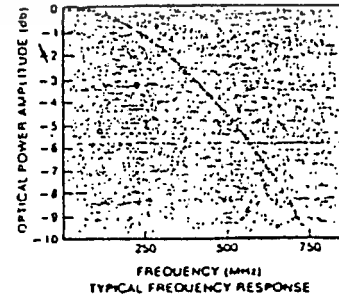
2270 SERIES CABLES

- 50 μm core
FIBER SPECIFICATIONS
- Fiber core 50 μm
 - Clad O.D. 125 μm
 - Coated O.D. 250 μm
 - Numerical aperture 0.20
 - Attenuation 6dB/Km
at 850 nm (typical)
max. 8dB/Km
 - Bandwidth 200 MHz-Km

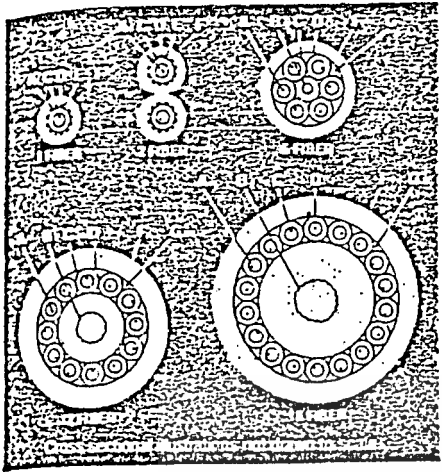


2272 SERIES CABLES

- 50 μm core
FIBER SPECIFICATIONS
- Fiber core 50 μm
 - Clad O.D. 125 μm
 - Coated O.D. 250 μm
 - Numerical aperture 0.20
 - Attenuation 4dB/Km max. at 850 nm
 - Bandwidth 400 MHz-Km



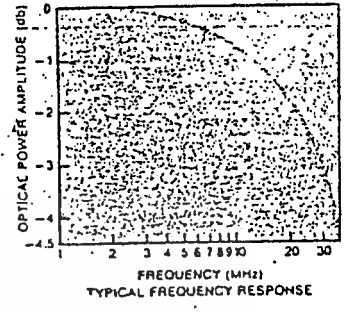
2) Step index fiber optic cables



f) 200 μm core plastic - clad silica fibers

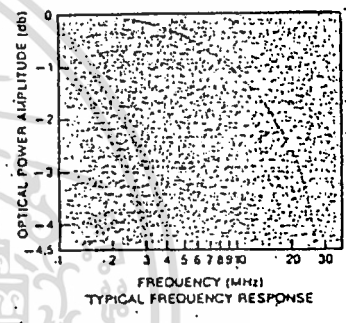
2220 SERIES CABLES

200 μm core
FIBER SPECIFICATIONS
 Fiber core 200 μm
 Clad O.D. 380 μm
 Coated O.D. 600 μm
 Numerical aperture 0.27
 Attenuation 6dB/Km
 at 850 nm (typical).
 max. 8dB/Km
 Bandwidth 25 MHz-Km

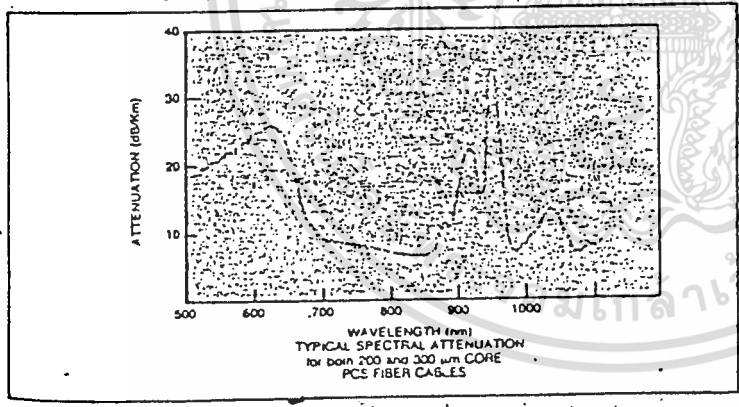


2210 SERIES CABLES

300 μm core
FIBER SPECIFICATIONS
 Fiber core 300 μm
 Clad O.D. 440 μm
 Coated O.D. 650 μm
 Numerical aperture 0.27
 Attenuation 6dB/Km
 at 850 nm (typical).
 max. 8dB/Km
 Bandwidth 20 MHz-Km



CABLES PASS THE UL VW-1 FLAME TEST



g) 300 μm core plastic - clad silica fibers

Code	Core Size	Clad Size	Coated Size	NA	Attenuation	Bandwidth	Length	Weight
Z20001	221001	1	3.8	1.2	2	13.5	42	50
Z20002	221002	2	3.6x7.6	1.2	2	27	84	50
Z20006	221006	6	8	1.2	2	40	225	100
Z20012	221012	12	14	1.2	2	155	380	150
Z20018	221018	18	18	1.2	2	260	380	200

All dimensions are nominal. Standard lengths 1 Km. 2 Km lengths are also available.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 รูปที่ 1-14 แสดงลักษณะคุณสมบัติทางเทคนิคของ สตีป อินเด็กซ์

บทที่ 2

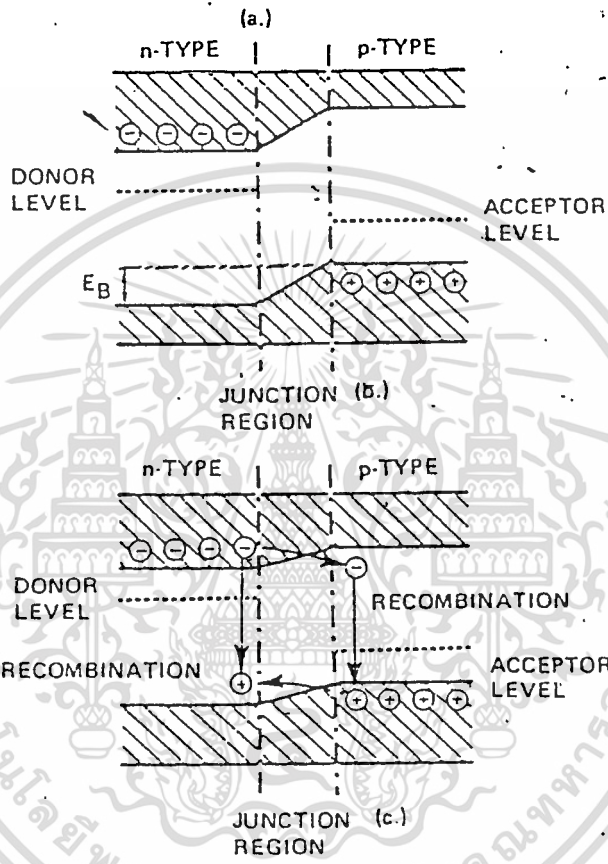
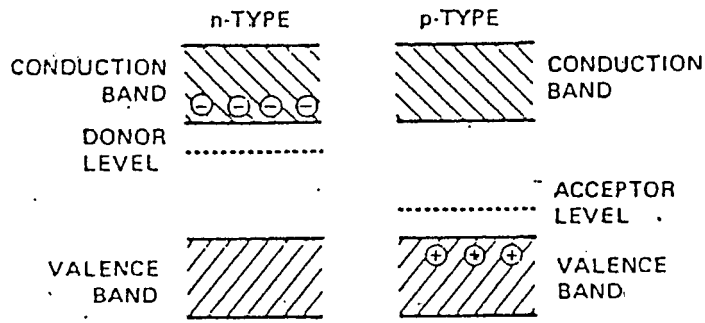
LED

หลังจากสัญญาณ analog ของเสียง ทุก mod แบบ PFM โดย IC. 555 แล้ว สัญญาณที่ได้จะถูกเปลี่ยนเป็นคลื่น Infrared แล้วส่งออกโดย Light emitting diode เนื่องจาก LED มีคุณสมบัติ หลายประการ คือ

1. ใช้กระแส และ Voltage มีค่าน้อยมากในการผลิตคลื่น
2. เราสามารถควบคุมการทำงาน LED ให้มีค่าแน่นอนได้ โดยพิจารณาจากกราฟของ factor ที่มาเกี่ยวข้อง
3. มี Speed Response สูง

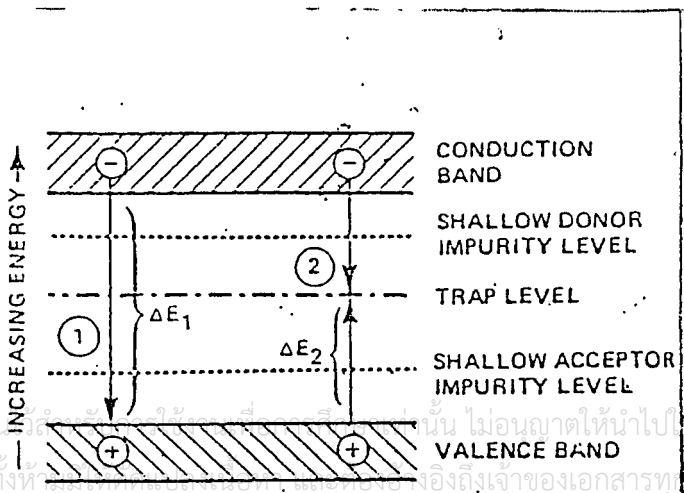
ลักษณะ infrared LED ที่เหมือนกับ LED โดยทั่วไป คือ จะเป็นสารกึ่งตัวนำที่ถูก dope โดยสารที่มี Valence electron ต่างกัน โดยสารที่มี electron มากกว่าปกติ จะเป็นสาร N-type และสารที่มี electron น้อยกว่าปกติ จะเป็น P-type เมื่อนำสารทั้งสองชนิดมาต่อกัน จะทำให้มีการ share electron กันขึ้น ทำให้สารทั้งสองมีความต่างศักย์กันขึ้น เรียกว่า Potential Barrier (E_b) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขนาดของ Energy gap ดังนั้น electron จากด้าน N-type จะเคลื่อนที่มายังด้าน P-type จะต้องใช้พลังงานค่าหนึ่ง

เมื่อเราป้อน Supply Voltage ให้กับ LED จะมี electron เคลื่อนที่จากด้าน N-type มารวมกับ hole ด้าน P-type ซึ่งการรวมตัวกันนี้ มีอยู่ 2 ลักษณะ คือ Radiative process ซึ่งเมื่อรวมตัวกันแล้ว จะมีพลังงานบางส่วนสูญหายไปจาก electron-pair และกระจายออกมาเป็น photon ถ้าเป็นแบบ Non-Radiative Process พลังงานจะแสดงออกมาในรูป Phonon or heat



รูปที่ ๑ Schematic Representation of the P-N Junction

ภาพบรรยายแสดงลักษณะ พี-เอ็น



รูปที่ ๒ Recombination Processes in the P-N Junction.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่หรือแจกจ่ายแก่บุคคลอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Radiative Process มี 2 แบบ คือ

1. เกิดจาก electron and hole ส่วนที่อยู่ใกล้ ๆ กับ junction ซึ่งจะให้ photon energy ประมาณค่าเท่ากับค่า band Gap energy ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูง
2. เป็นกรณีที่ electron and hole จะเคลื่อนมารวมตัวกันที่บริเวณ Trap Level photon ที่ได้จะมีพลังงานเท่ากับ energy gap ลบด้วยค่า Binding energy และจาก Process ทั้งสองจะได้ photon ออกมา ซึ่งจะมีค่า wave length ตามสมการข้างล่าง

$$= \frac{1240}{E}$$

E คือ ค่าความต่างของพลังงานหน่วยเป็น electron Volt

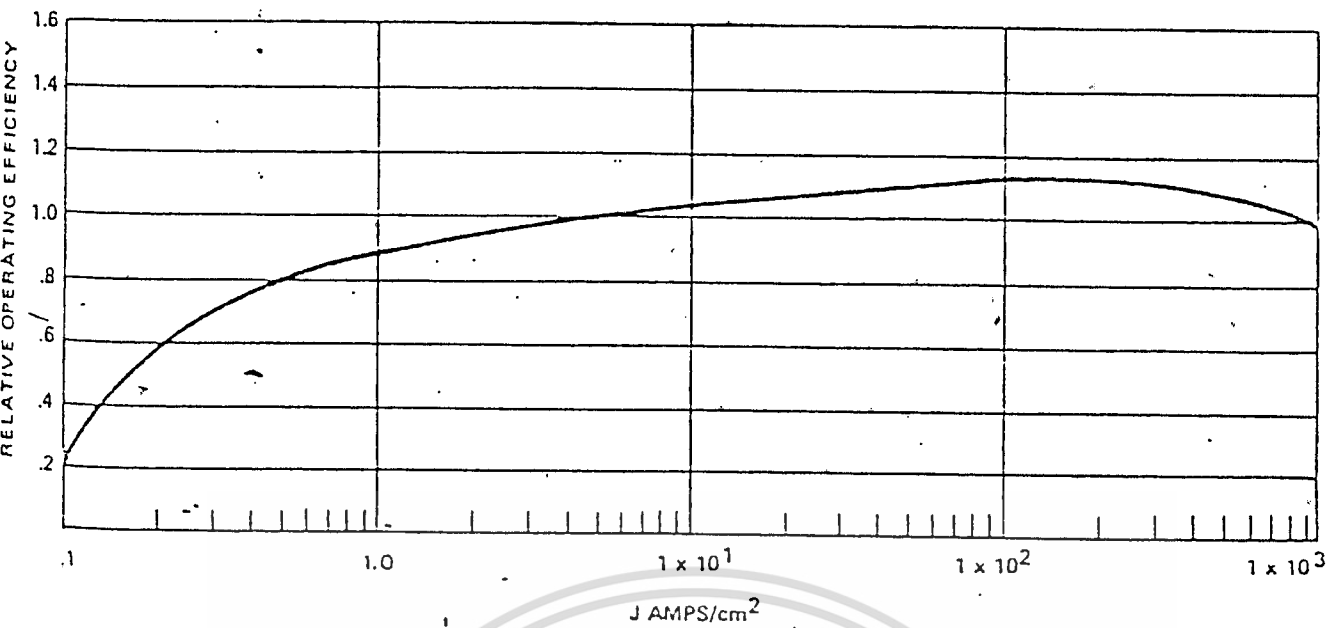
จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่า ถ้าใช้สารต่างชนิดกับค่า E จะมีค่าแตกต่างกันออกไป ซึ่งเราจะสามารถดูได้จากตารางในรูปที่ 3

MATERIAL	BAND GAP ENERGY eV	EMISSION λ nm	TRANSITION TYPE
Ge	0.66	1880	INDIRECT
Si	1.09	1140	INDIRECT
GaAs	1.43	910	DIRECT
GaP	2.24	560	INDIRECT
GaAs ₆₀ P ₄₀	1.91	650	DIRECT
Al Sb	1.60	775	INDIRECT
In Sb	0.18	6900	DIRECT
Si C	2.2-3.0	563-413	INDIRECT

วัสดุที่ใช้ทำไดโอดเปล่งแสง

รูปที่ 3 Some of the Materials Available for LED Devices

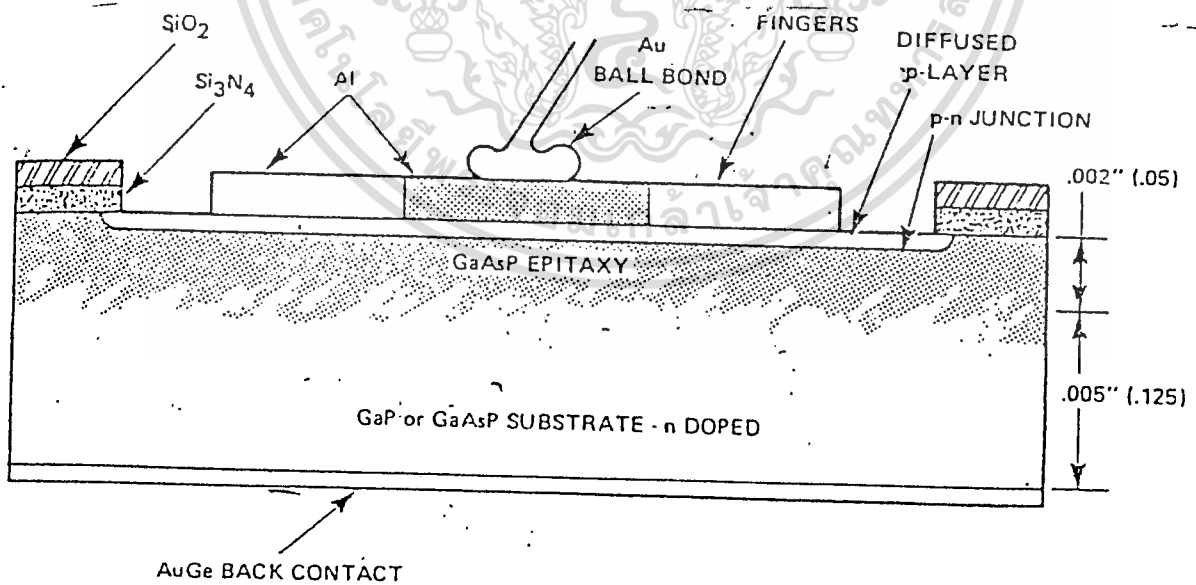
เป็นการแสดงถึง LED ชนิดต่าง ๆ ซึ่งใช้ photon ที่มี wavelength ค่าต่างๆ กันไป และจะเห็นได้ว่า LED ที่สร้างจาก gallium Arsenide (Ga AS) จะให้คลื่นในช่วง Infrared ซึ่งมีค่าประมาณ 900 nm.



รูปที่ ๔ Normalized Operating Efficiency vs. Current Density for an LED

เป็นรูปกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการทำงานของ LED และกับค่า current density

จากรูปที่ 4 เป็นรูปกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการทำงานของ LED กับค่า current density และจากกราฟ จะเห็นได้ว่า LED แม้ว่าจะมี current density เปลี่ยนแปลงไปเป็นจำนวนมาก แต่ประสิทธิภาพในการทำงานก็ยังใกล้เคียงกัน



(.XXX) DIMENSIONS IN MM

Figure A. CROSS SECTION OF AN LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ภาพตัดขวางของไดโอด ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

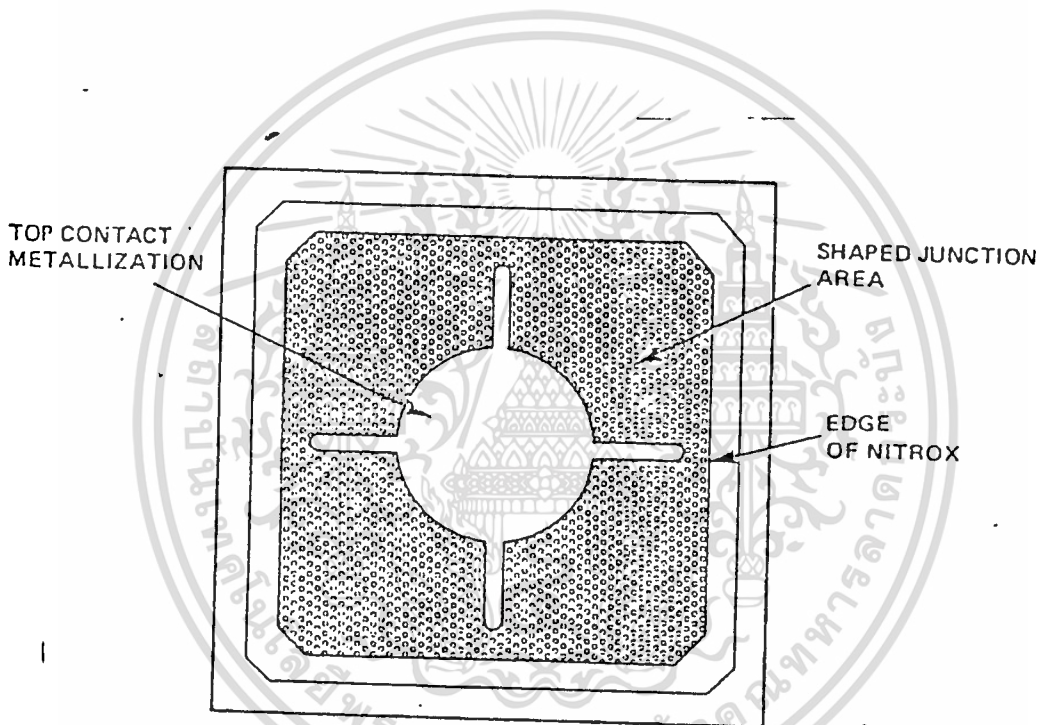
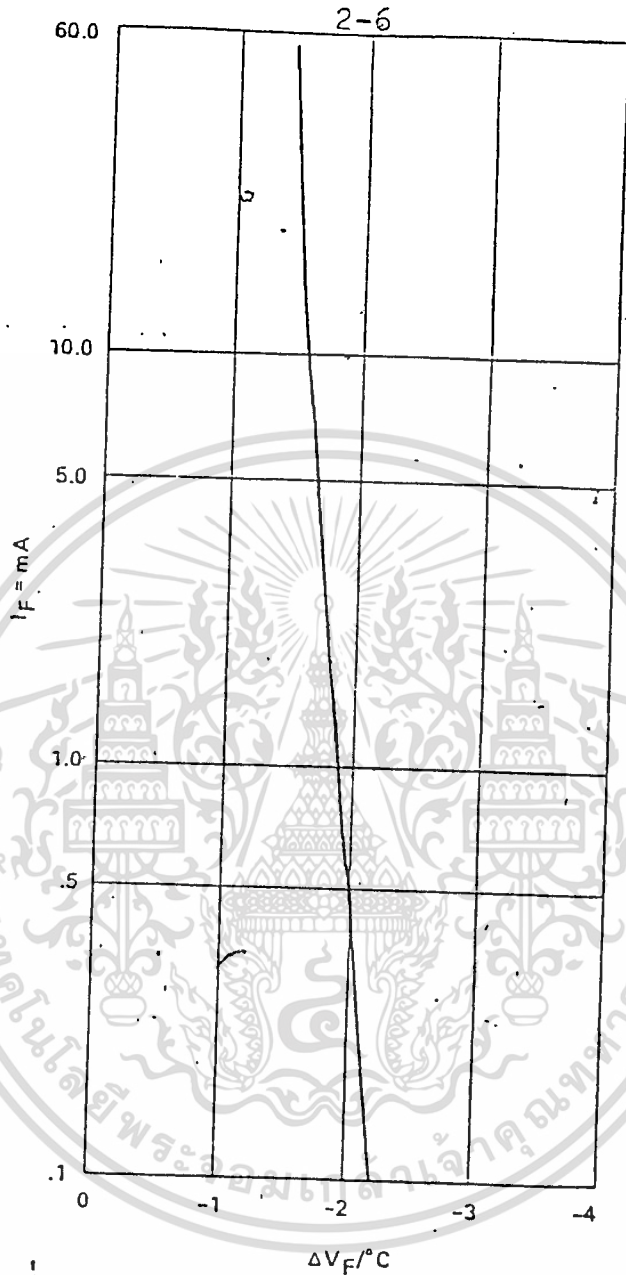


Figure B. PLAN VIEW OF AN LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 5 เป็นรูปที่แสดงถึงโครงสร้างภายในของ LED ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๒-- Temperature Coefficient of Forward Voltage as a Function of Forward Current

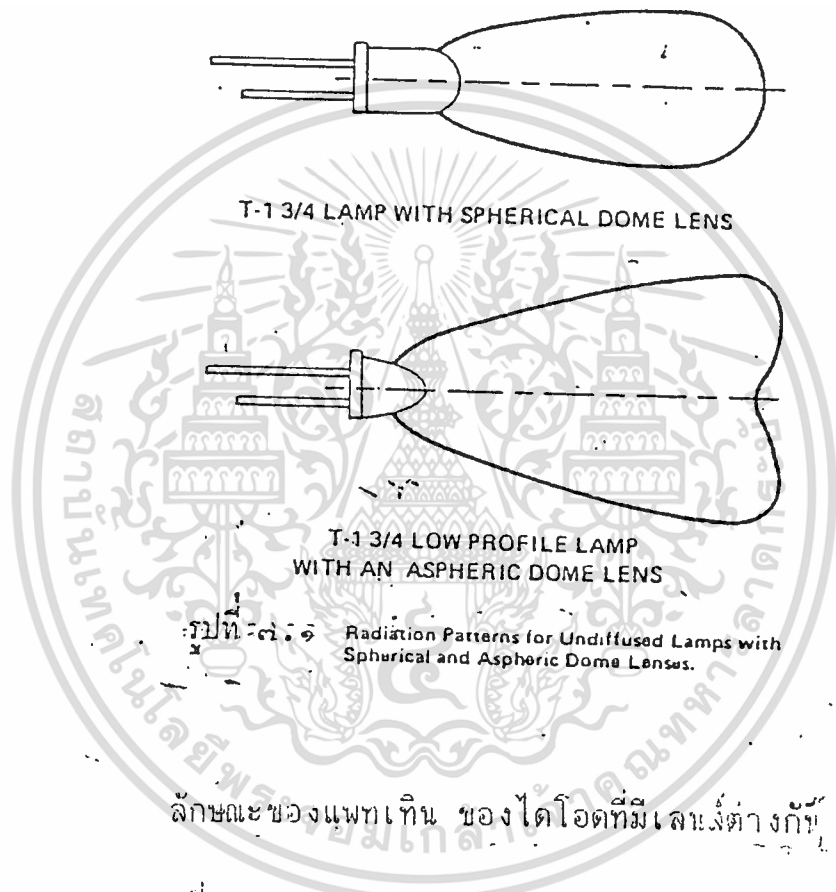
รูปที่ 6 เป็นกราฟแสดงถึง forward voltage/current and temperature จากรูปข้างบนสามารถแสดง ความสัมพันธ์ด้วยสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่เราได้ทราบมาแล้วว่า ค่า wavelength นั้นได้จากสูตร
$$= \frac{1240}{E}$$

E

เพราะฉะนั้น เมื่อ LED มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป จะทำให้ E เปลี่ยนแปลงด้วย ทำให้ค่า wavelength เปลี่ยนไป



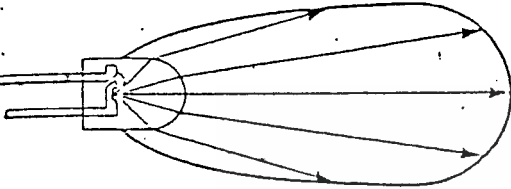
ลักษณะของแพทเทิน ของไดโอดที่มีเลนส์ต่างกััน

จากรูปที่ 7.1 แสดงถึงรูปร่างของ dome lens ซึ่งแตกต่างกัน จะให้ Radiation Pattern ต่าง ๆ กัน แต่ใน Plastic LED แล้ว SPHERICAL DOME LENS จะให้ pattern เหมาะสมกับการส่งแบบ point to point ซึ่งจุดทั้งสองจุดจะถูกตรงกับที่ ค่อยข้างแน่นอน และจะส่งได้ไกลกว่าแบบอื่น ส่วนแบบ ASPHERIC DOME LENS เหมาะสำหรับครอบควบคุมเห็นที่ แต่ส่งได้ไกลกว่า เช่น Remote control

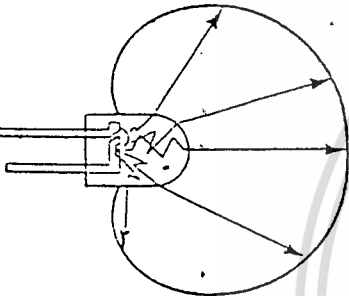
นอกจากนี้ แม้ว่า LED จะเป็นชนิดเดียวกัน และมี Dome LENS เหมือนกัน แต่ถ้าพลาสติกที่ใช้ทำต่างชนิดกันก็จะให้ผลต่อการส่งคลื่นออกไป ทำให้ pattern ไม่เหมือนกัน

เช่น ดังรูปที่ 7.2 แสดงถึง LED สองตัวที่มีขนาดเท่ากัน และเส้นชนิดเดียวกัน แต่ใช้ diffused plastic ยิ่งทั้งนี้ถ้าใช้ undiffused plastic จะให้ pattern ออกมาต่างกัน

BOTH LAMPS HAVE THE SAME LED CHIP AND THE SAME SHAPED DOME LENS

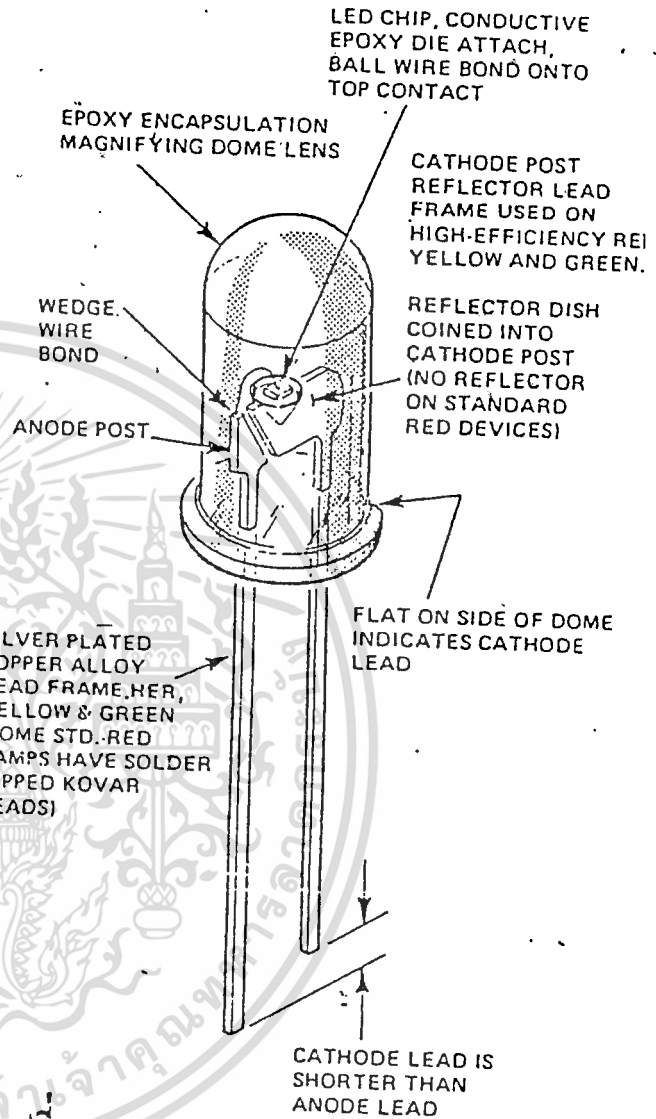


UNDIFFUSED PLASTIC LAMP: HIGH VALUE OF ON-AXIS LUMINOUS INTENSITY WITH A NARROW RADIATION PATTERN



DIFFUSED PLASTIC LAMP: REDUCED VALUE OF ON-AXIS LUMINOUS INTENSITY WITH A WIDE RADIATION PATTERN

๗.๒ Comparison Between Undiffused and Diffused Plastic LED Lamps.

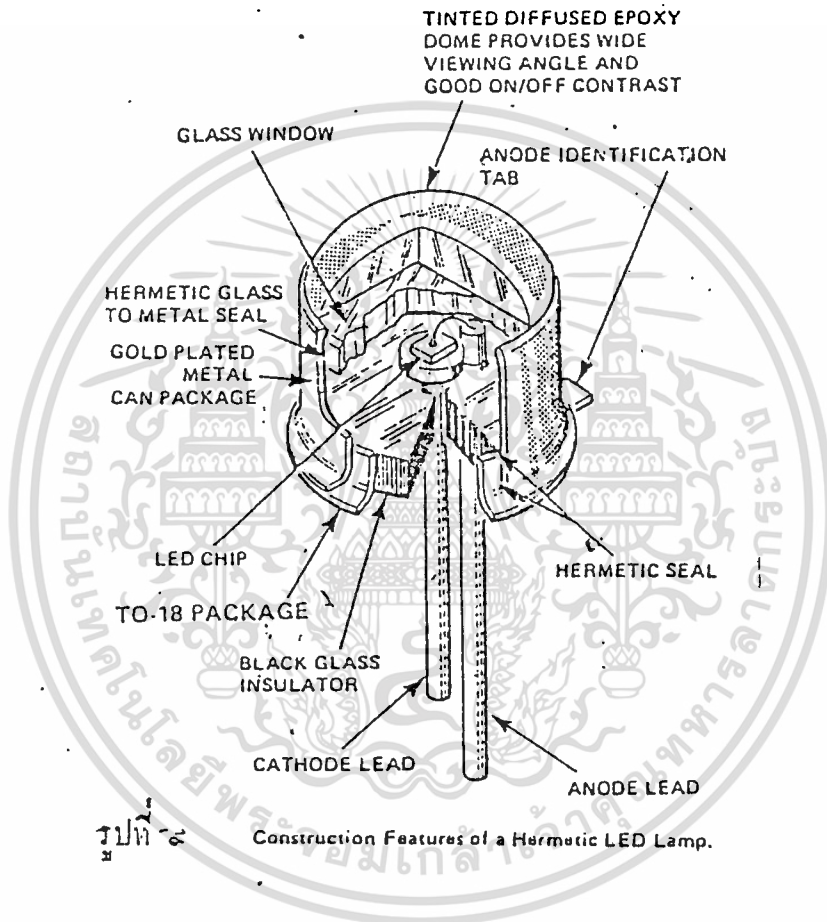


Construction Features of a T-1 3/4 Plastic LED Lamp.

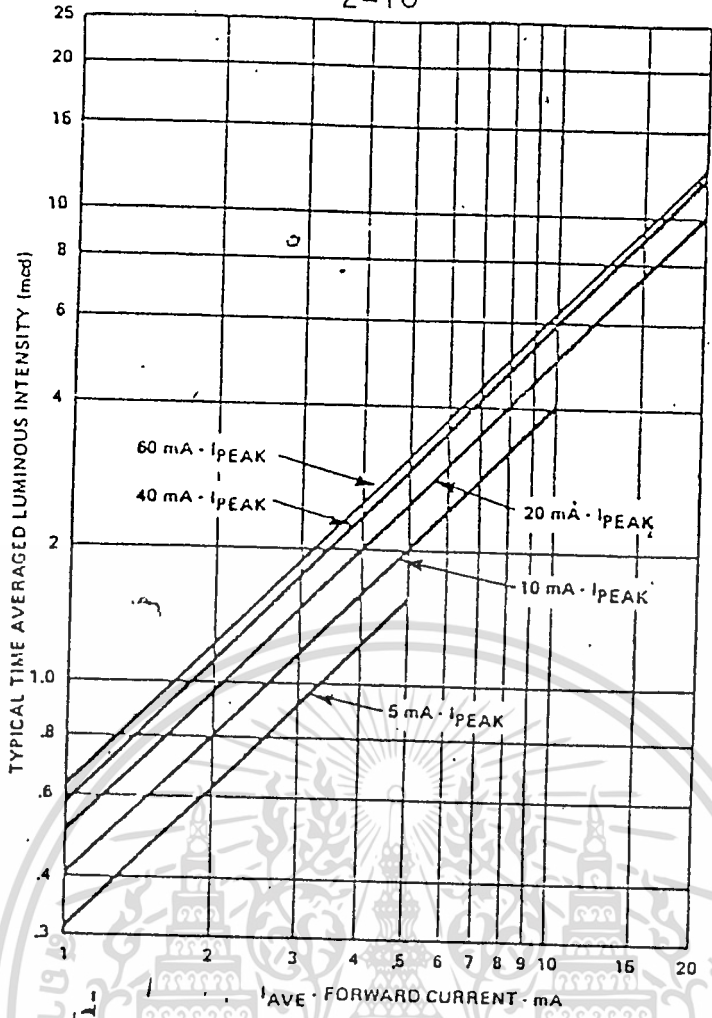
รูปที่ 8 เป็นรูปที่แสดงถึงส่วนประกอบต่าง ๆ ของ plastic LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

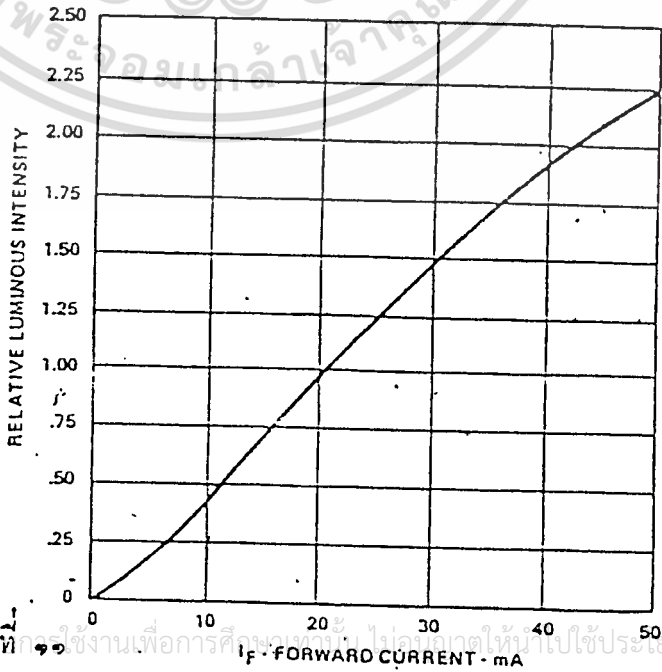
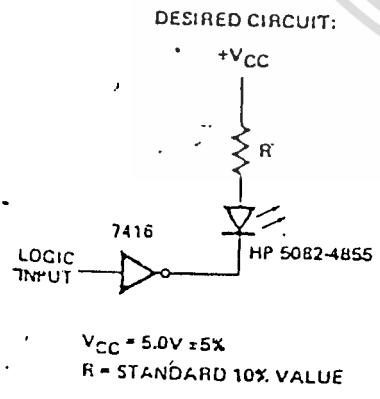
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๙ เป็นรูปของ Hermetic LED ซึ่งเห็น LED ที่มีคุณภาพดีกว่าแบบแรก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่หรือเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

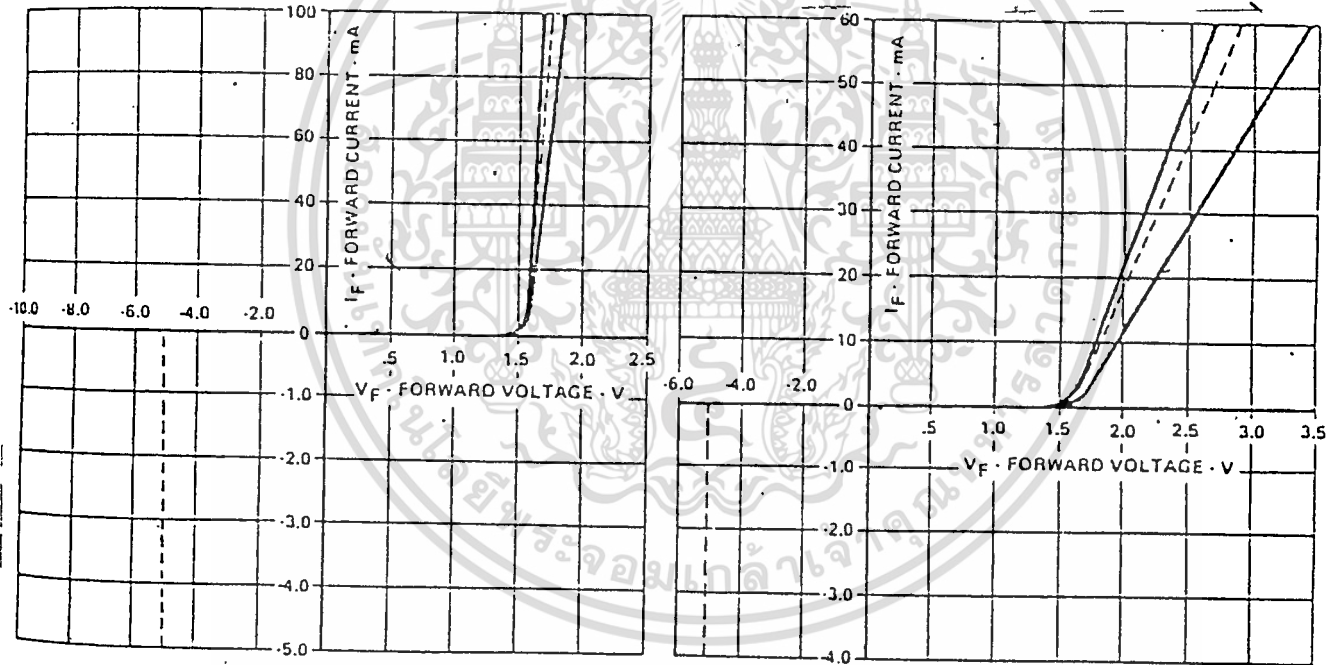


Typical Time Averaged Luminous Intensity vs. Average Current for a High Efficiency Red LED.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก 2 รูปดังกล่าว เป็นรูปที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเข้มของ photon ที่เปล่งออกไป โดยรูปที่ 10 นั้น เป็นค่าความสัมพันธ์ โดยที่ลักษณะกระแสไม่สม่ำเสมอหรือลักษณะเป็นคลื่น ดังนั้นค่ากระแส จึงแสดงออกมาเป็นค่า Iaverage and Ipeak รูปที่ 11 นั้นเป็นลักษณะของกระแสรวมดาหรือกระแส DC และจากทั้ง 2 ภาพทำให้เราทราบว่า ความเข้มของ photon นั้น ขึ้นอยู่กับกระแส



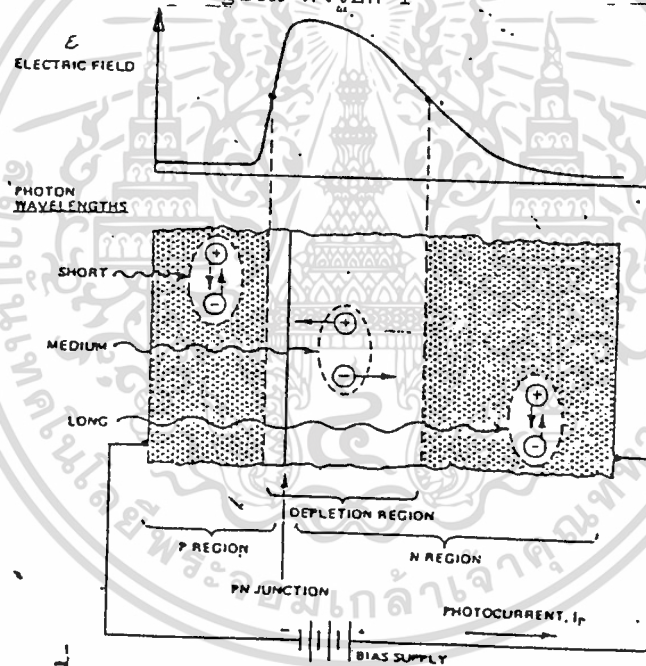
รูปที่ ๑๒ Typical Electrical Characteristics of LED Lamps.

จากกราฟในรูปที่ 12 จะเห็นได้ว่าโดยปกติแล้ว Voltage ที่ตกคร่อม LED จะมีค่าคงที่แน่นอนแม้แต่เพียงกระแสเท่านั้นที่มีการเปลี่ยนแปลง และจากรูปด้านขวาแสดงถึงผลของ High frequency ซึ่งจะส่งผลให้ Voltage มีค่าเปลี่ยนแปลงตามกระแสไปด้วยที่มีการนำไปใช้

Photodiode and Phototransistor (detector)

เมื่อมีการส่งสัญญาณที่เป็น Photon ออกมาแล้ว ทางด้านรับจะต้องรับสัญญาณนั้น แล้วเปลี่ยนกลับมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าอีกทีหนึ่ง โดยจะต้องตัดสัญญาณ Infrared ที่เป็นสัญญาณผวาออกไปโดยจะต้องให้ได้สัญญาณไฟฟ้าเหมือนกับตอนส่งมาด้วย การ detect สัญญาณนี้เราจะใช้ Phototransistor or Photodiode

เมื่อมี Photon มากกระทบ สารกึ่งตัวนำจะทำให้ photon นี้ถ่ายเทพลังงาน ให้กับ electron-hole pair ซึ่งจะทำให้ electron and hole แยกตัวออกจากกัน และถ้ามีการ bias ใบบน Reverse bias จะทำให้ electron เคลื่อนที่ไปยัง N-Region และ hole เคลื่อนที่ไปยัง P-Region ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 P-N Photodiode Junction; Diagram of Internal Field Effect on Detection.

การที่ Photon ทำให้ electron-hole pair แยกตัวจากกันนั้น จะเป็นการง่ายขึ้น ถ้า pair นั้นอยู่ภายในสนามไฟฟ้าที่มีค่าสูง จากรูปจะเห็นได้ว่า สนามไฟฟ้าใน PIN Photodiode นี้ มีค่าไม่สม่ำเสมอเท่ากันตลอด โดยจะมีค่าสนามไฟฟ้าสูงกว่ามาก เพราะฉะนั้นเราจะต้องให้ photon ส่วนใหญ่ ถ่ายเทพลังงานให้กับช่วง Depletion Region นี้ แต่เนื่องจาก photon ที่มีความถี่สูงจะมีอำนาจการทะลุทะลวงต่ำ และถ้าความถี่ต่ำเกินไปก็จะทะลุผ่านช่วง Depletion ไป ทั้งในช่วงความถี่สูงและต่ำนี้ จะสามารถถ่ายเทพลังงานให้กับ electron - hole pair ในสาร P and N ได้ แต่ hole and electron ก็จะไม่เคลื่อนที่ไปไหน จะรวมตัวกันในบริเวณเดิม ซึ่งไม่ทำให้เกิดกระแสขึ้น

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า Photodiode or Phototransistor จะสามารถตอบสนองต่อคลื่นในช่วงหนึ่งเท่านั้น

ช่วง Depletion นี้จะมีอยู่ตลอดเวลา แม้ว่าจะไม่มีการ bias แต่ขนาดของมันจะเปลี่ยนแปลงได้ โดตันขึ้นอยู่กับ Voltage ที่ bias และความต้านทานก็จะเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นกัน โดยถ้าช่อง Depletion กว้างจะมีความต้านทานสูง

ใน transistor นั้น ช่วง Depletion ที่เป็นส่วนรับ photon นั้น เป็นช่วงระหว่างสารของ collector กับสารของ base

รูปที่ 2 เป็นรูปโครงสร้างของ PIN Photodiode ซึ่งเป็น diode ที่มี ความต้านทานสูง และมีช่วง depletion กว้างประมาณครึ่งหนึ่งของ I layer และถ้ามี Reverse bias ประมาณ 5 Volt จะทำให้ช่วง Depletion กว้างถึงเกือบทั้งหมดของ I layer (Intrinsic region)

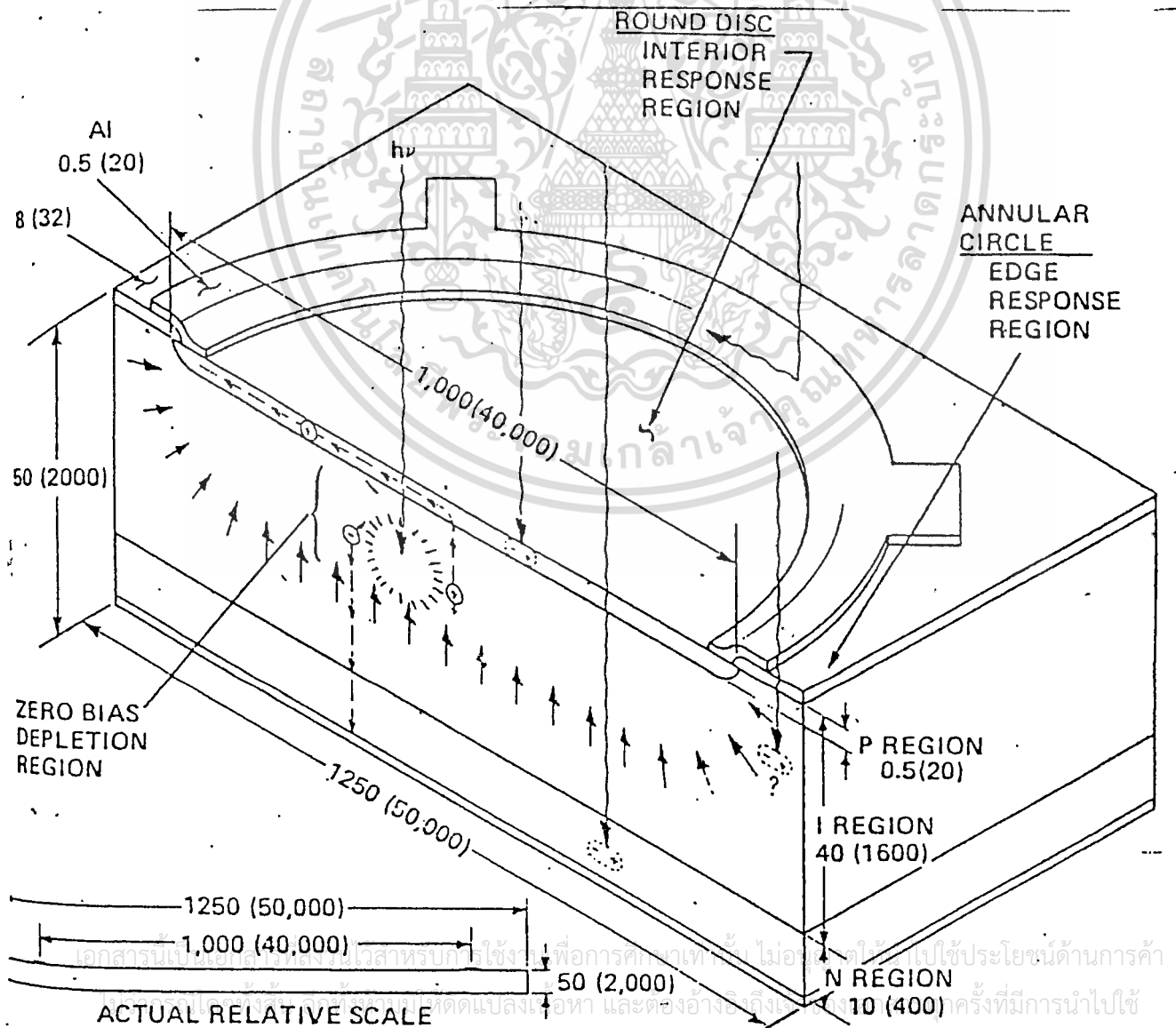
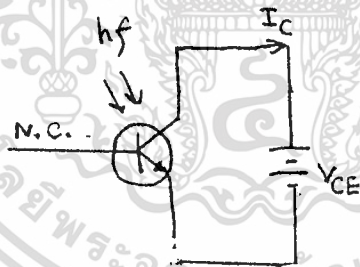


Photo transistor จะมีค่า Sensitivity ดีกว่า PD โดยมีรูปแบบเหมือน Common - Emitter แต่ขา Base ไม่ต้องต่อ ขณะที่ไม่มีแสงนั้นกระแสที่ Collector จะมีค่าเป็น $(h_{FE} + 1) I_{CBO}$ และเมื่อมีแสงมากระทบที่ขา Collector-Base Junction ดังรูป A จะทำให้ I_{CBO} มีค่าเพิ่มขึ้นโดย Photo current ดังนั้นที่ขา C จะมีกระแสเพิ่มเป็น $(h_{FE} + 1) I_{CBO} + h_{FE} I_{PC}$ ประมาณ $h_{FE} (I_{CBO} + I_{PC})$ เนื่องจาก Gain ของทรานซิสเตอร์ทำให้ Photocurrent มีค่ามากกว่าใน Photodiode ซึ่งมีลักษณะเฉพาะดังรูปที่ ๖ ใน Data sheet หน้าที่ ๔ ในขา Base นั้นเราอาจต่อจากขา Emitter ด้วยการต่อ R คร่อมก็ได้ เพื่อจะเป็นการลด Dark Current $(h_{FE} + 1) I_{CBO}$



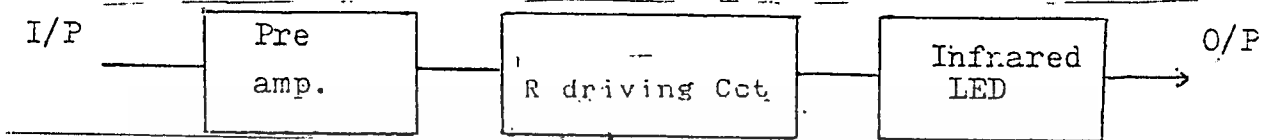
N.C. = NO EXTERNAL CONNECT

บทที่ ๓

การออกแบบ INFRARED IN OPTIC TRANSCEIVER

๓.๑ การออกแบบวงจรส่ง

ลักษณะการทำงาน

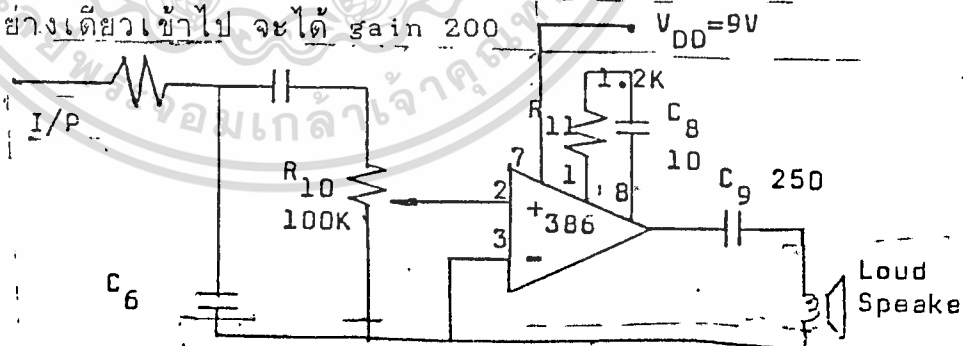


สัญญาณไฟฟ้าทางอินพุตได้จากการเปลี่ยนสัญญาณเสียง แล้วทำการขยายโดย pre-amp วงจร driving จะทำให้ infrared LED เปล่งแสงที่มีขนาดความเข้มเปลี่ยนแปลงตามขนาดกระแสของสัญญาณจาก pre-amp ซึ่งเป็นหลักการของการผสมแสงแบบ IM

การออกแบบ

การเปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยใช้ microphone แบบ condenser MIC 2 ขา

วงจร pre-amp เลือกใช้ LM 386 : Low Voltage Audio Power Amplifier ซึ่งใช้ในวงจรขยายเสียงทั่วไป LM 386 สามารถหับ gain ได้ตั้งแต่ 20-200 โดยการปรับค่า R และ C ที่ต่ออยู่ระหว่างขา 1 และ 8 ตามรูป 10 ถ้าขา 1 และ 8 Open gain จะเท่ากับ 20 แต่ถ้าต่อ C อย่างเดียวเข้าไป จะได้ gain 200



infrared LED ใช้ MLED 930 (TIL 31) เป็น PN Gallium Arsenide ซึ่งมีรายละเอียดตาม sheet ด้านหลัง เมื่อพิจารณาจากการพล็อต Forward Characteristic แล้วเลือกเอาช่วงที่ linear มาใช้งาน จะได้ forward voltage 1.035 volt ซึ่งมี forward current 70 mA ($T_c = 25^{\circ}C$)

driving circuit ซึ่งใช้งานกับสัญญาณอนาล็อก มีวิธี drive ได้ ๒ วิธี คือใช้ resistor drive และใช้ transistor drive

ในการทดลองนี้เราเลือกใช้วิธีแรกเหตุผลในการเลือกก็คือ วิธีนี้ให้กำลังสำหรับการส่งข่าวสารในระยะใกล้เพียงพอ ไม่จำเป็นต้องใช้ transistor drive ซึ่งจะมีกำลังส่งสูงกว่า

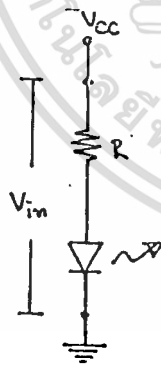
$$I_f = (V_{cc} - V_f) / R$$

เช่นเมื่อ $V_{cc} = 9 \text{ volt}$, $I_f = 80 \text{ mA}$, $V_f = 1.35 \text{ volt}$

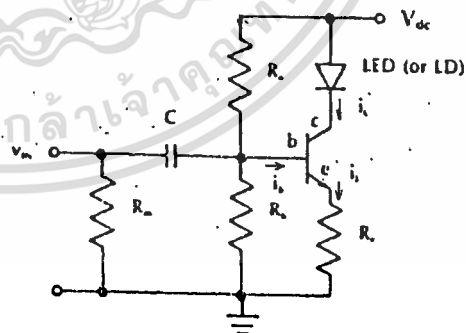
$$80 \text{ mA} = (9 - 1.35) / R$$

$$R = 95 \text{ ohm}$$

ดังนั้น เพื่อให้ได้ forward voltage 1.35 volt เมื่อ $V_{cc} = 9 \text{ volt}$ ต้องใช้ความต้านทานที่ drive LED ที่มีค่าประมาณ 100 ohm เราจะได้วงจรดังรูป (บทที่ 4 ภาพ CCT.)



R driving Cct



transistor drive

3.2 การออกแบบวงจรรับ

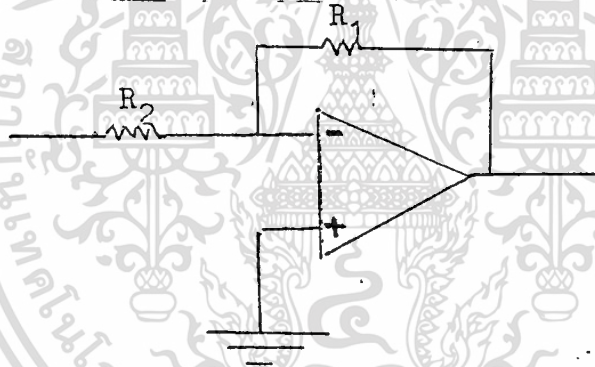
ลักษณะการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเข้าทางอินพุตคือสัญญาณแสงที่ผ่านอากาศมา เราใช้ photo transistor ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงให้กลับเป็นสัญญาณไฟฟ้า ส่งเข้าภาค pre-amp และ power amp เพื่อขยายสัญญาณให้แรงขึ้นตามลำดับ แล้วส่งผ่านลำโพงเปลี่ยนเป็นสัญญาณเสียงออกมา

การออกแบบ

ใช้ photo transistor เบอร์ TIL 81 ซึ่งเป็นเบอร์ที่ใช้คู่กับ TIL 31 เป็น NPN Silicon เนื่องจาก output ของ phototransistor มีค่าต่ำ จึงต้องทำการขยายสัญญาณถึง 2 state โดยวงจร pre-amp เลือกใช้ TIL 084 op-amp ซึ่งเมื่อใช้คู่กับ LN 386 power amp จะให้สัญญาณแสงที่มีคุณภาพดี



$$\text{Gain} = V_2 / V_1 = R_2 / R_1$$

ในวงจรเลือกใช้ $R_1 = 1 \text{ k}$ และ $R_2 = 10 \text{ k}$. ทำให้ gain มีค่าเป็น 10

จากการทดลองพบปัญหาคือ มีเสียงซ่าในขณะเปิดวงจร แม้จะไม่มีสัญญาณเข้ามา จึงทำการปรับปรุงโดยเพิ่มวงจร switching เพื่อให้มีการทำงานเฉพาะเมื่อมีสัญญาณแสงทางอินพุต วงจรประกอบด้วย transistor 3 ตัว

บทที่ 4

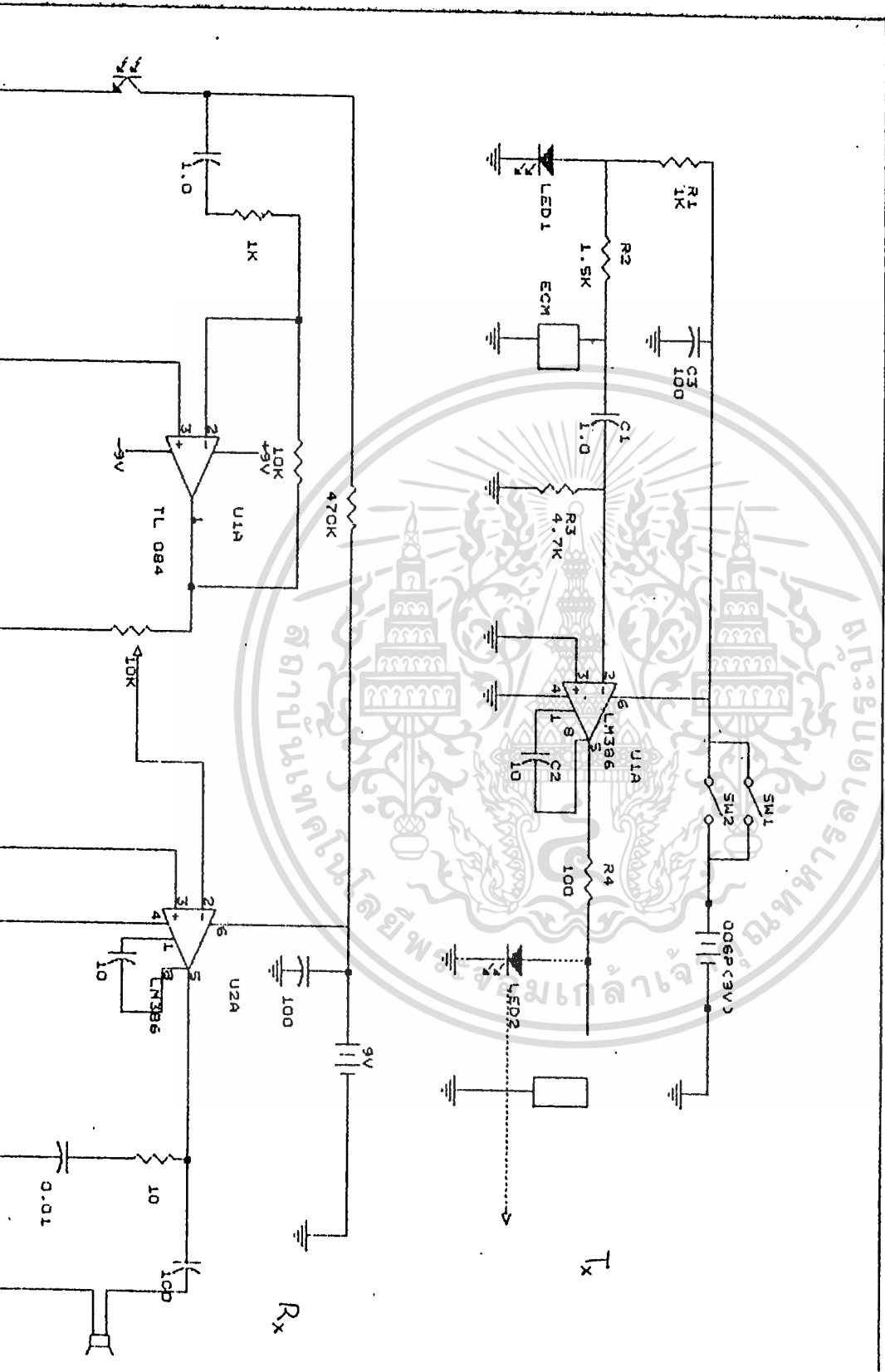
การทดลองและวัดคุณสมบัติ

ในช่วงแรกใช้ LED ช่วงแสงสีแดงในวงจรส่ง เพื่อศึกษาลักษณะการเปล่งแสงของ LED เนื่องจากสามารถมองเห็นแสงที่เปล่งออกมาได้ ส่วนในวงจรรับมีการขยายเพียง state เดียว พบว่า ส่งได้ระยะทางเพียง 4 - 5 เซนติเมตร และสัญญาณถูกรบกวนมาก

ต่อมา จึงได้เพิ่มภาคขยายของวงจรรับเป็น 2 state ทำให้รับสัญญาณได้ไกลขึ้น ประมาณ 20 เซนติเมตร แต่การรบกวนยังมีมาก จึงได้เปลี่ยน red LED เป็น infrared LED สัญญาณรับได้ในระยะที่ไกลประมาณ 3 เมตร แต่สัญญาณรบกวนก็ยังมีมาก และเกิดแม่ในขณะที่ไม่ได้ป้อนสัญญาณผ่านไมค์

ทำการปรับปรุงวงจรอีกครั้ง โดยเพิ่มวงจร switching ทำให้สัญญาณชัดเจนขึ้น และส่งได้ไกลประมาณ 5-6 เมตร

(หมายเหตุ การทดลองทั้งหมดทำบนแผ่นโฟโตบอร์ด ถ้าหากบรรจวงจรถูกส่งผ่านปริน จะได้คุณภาพสัญญาณที่ดีกว่านี้)



CCL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์

การสื่อสารด้วยแสงผ่านอากาศ ถึงแม้จำทำการส่งในระยะใกล้ ก็ยังมีการรบกวนและความเพี้ยนของสัญญาณ ทั้งนี้ อุปกรณ์แสงมีส่วนมากกับคุณภาพการส่งนี้ การเลือกจุดทำงานของ LED ถ้าหากไม่เหมาะสม หรือไม่อยู่ในช่วง linear สัญญาณทางด้านรับจะเพี้ยนมาก และส่งได้ในระยะใกล้มาก ๆ

วิธีการ modulate ก็มีผลสำคัญ การ modulate ทางความเข้มแสงทำให้สัญญาณถูกรบกวนจากคลื่นแสงภายนอกได้ง่าย digital modulation เป็นทางออกที่ดีของปัญหานี้ ซึ่งจะได้ทำการศึกษาต่อไป

นอกจากนี้ ภาวะขยายของวงจรับที่มี bandwidth กว้างจะทำให้ noise ของสัญญาณถูกขยายด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุให้สัญญาณทาง output ไม่ชัดเจน

วงจรับที่ใช้ LED เพียงตัวเดียว ทำให้ระบบมีข้อจำกัด เครื่องรับและเครื่องส่งต้องวางในตำแหน่งที่มุมของ LED และ photo transistor ตรงกัน การคลาดเคลื่อนของตำแหน่งจะทำให้สัญญาณทาง output ลดลง การเพิ่มจำนวน LED ในวงจรับจะทำให้ตำแหน่งของ photo transistor ยึดหยุ่นได้มากขึ้น

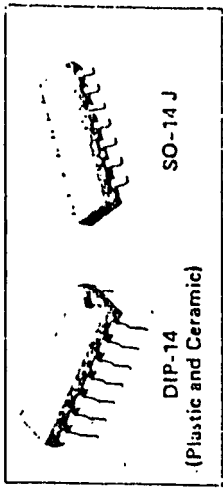
ถ้าหากได้มีการปรับปรุงระบบในรายละเอียดต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมา ก็จะนำไปสู่การใช้งานได้จริงของ Infrared Optic Fiber Intercom

JFET-INPUT QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

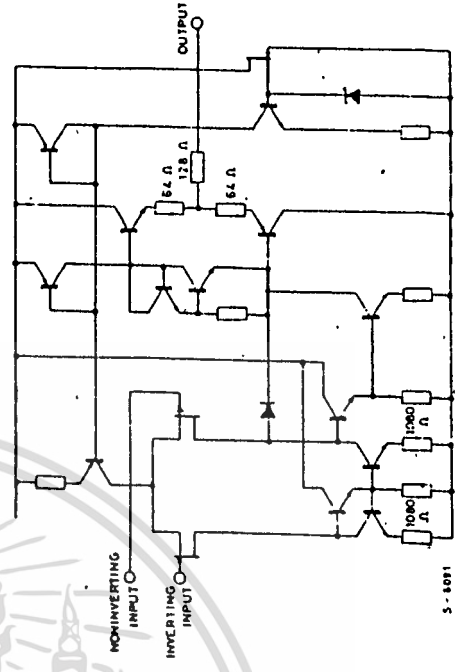
ational amplifier incorporates well-matched, high-voltage JFET and bipolar transistors in a monolithic integrated circuit. Devices with an "I" suffix are characterized for operation from -25°C to 85°C, and those with a "C" suffix are characterized for operation from 0°C to 70°C. The "M" devices are characterized for operation from -55 to 125°C.

- HIGH SLEW-RATE . . . 13V/μs TYP.
- LOW POWER CONSUMPTION
- WIDE COMMON-MODE AND DIFFERENTIAL VOLTAGE RANGES
- LOW INPUT BIAS AND OFFSET CURRENTS
- OUTPUT SHORT-CIRCUIT PROTECTION
- HIGH INPUT IMPEDANCE . . . JFET-INPUT STAGE
- LATCH-UP-FREE OPERATION

The TL084 JFET-input operational amplifiers are designed to offer high slew-rate, low input bias and offset current, and low offset voltage temperature coefficient. Each JFET-input oper-



SCHEMATIC DIAGRAM (one section)



S-8081

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

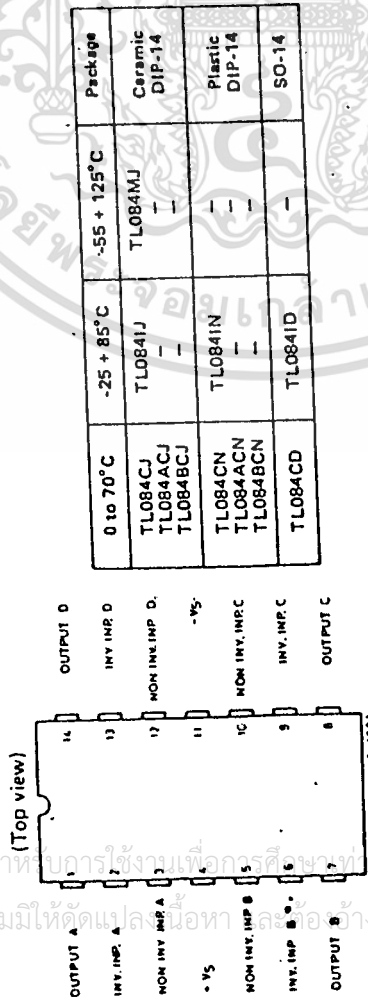
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_s = \pm 15V$, $T_{amb} = 25^\circ C$, otherwise specified)

Parameter	Test Conditions	"T"		"C"		"A1"			
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.
V _{OS} Input offset voltage	R _i = 50Ω		3	6	5	15	3	3	
		TL084							
		TL084A							
		TL084B							
ΔV _{OS} Input offset voltage drift ΔT	R _i = 50Ω T _{amb} = full range		10		10		10		
		TL084							
		TL084A							
		TL084B							
I _{OS} Input offset current	T _{amb} = full range		5	100	5	200	5	100	
		TL084							
		TL084A							
		TL084B							
I _b Input bias current	T _{amb} = full range		30	200	30	400	30	200	
		TL084							
		TL084A							
		TL084B							
V _{CM} Common mode input voltage range	T _{amb} = full range		± 11	± 12	± 10	± 11	± 11	± 12	
		TL084							
		TL084A							
		TL084B							
V _{OPP} Large signal voltage gain	T _{amb} = full range		24	27	24	27	24	27	
		TL084							
		TL084A							
		TL084B							
G _V Large signal voltage gain	R _L > 2KΩ V _O = ± 10V		50	200	25	200			
		TL084							
		TL084A							
		TL084B							
B Unity gain bandwidth	R _L > 2KΩ V _O = ± 10V T _{amb} = full range		25		15		15		
		TL084							
		TL084A							
		TL084B							
R _i Input resistance	T _{amb} = full range		3		3		3		
		TL084							
		TL084A							
		TL084B							
CMR Common mode rejection	R _i > 10KΩ		80	86	70	76	80	86	
		TL084							
		TL084A							
		TL084B							
SVR Supply voltage rejection	R _i > 10KΩ		80	86	70	76	80	86	
		TL084							
		TL084A							
		TL084B							
I _S Supply current	R _L = ∞		5.6	11.2	5.6	11.2	5.6	11.2	
		TL084							

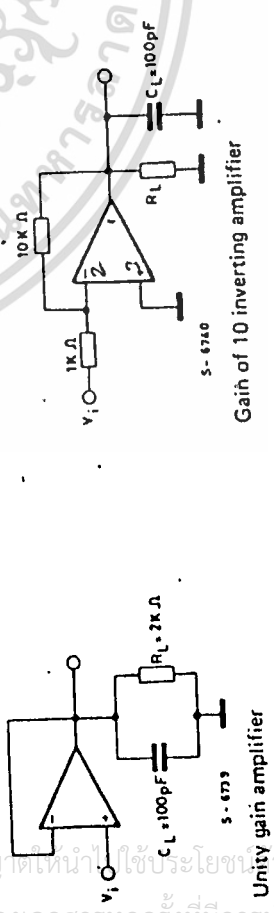
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V _S Supply voltage	± 18 V
V _{OS} Differential input voltage	± 30 V
V _I Input voltage	± 15 V
T _{OP} Operating temperature (TL0841)	-25 to 85 °C
T _{OP} Operating temperature (TL084C)	0 to 70 °C
T _{OP} Operating temperature (TL084M)	-55 to 125 °C
T _J Junction temperature	150 °C
T _{STG} Storage temperature	-55 to 150 °C

CONNECTION DIAGRAM AND ORDERING NUMBERS



TEST CIRCUIT



Gain of 10 inverting amplifier

Thermal resistance junction-ambient	max	150 °C/W	165 °C/W	200 °C/W
Ceramic DIP-14				
SO-14				
Plastic DIP-14				

THERMAL DATA

R _{th J-amb}	Thermal resistance junction-ambient	max	150 °C/W	165 °C/W	200 °C/W
-----------------------	-------------------------------------	-----	----------	----------	----------

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

Parameter	Test Conditions	"I"		"C"		"M"		Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
CS Channel separation	$G_V = 100$		120		120		120	dB
SR Slew-rate at unity gain	$V_I = 10V$ $C_L = 100pF$		13		12		8	V/ μs
t_r Rise time	$V_I = 20mV$ $C_L = 100pF$		0.1		0.1		0.1	μs
OH Overhoot factor			10		10		10	%
EN Total input noise Voltage	$R_S = 100\Omega$ $f = 1kHz$		25		25		25	nV/ \sqrt{Hz}

Fig. 7 - Input bias current vs. temperature

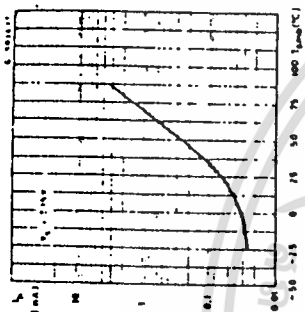


Fig. 8 - Voltage follower large signal pulse response

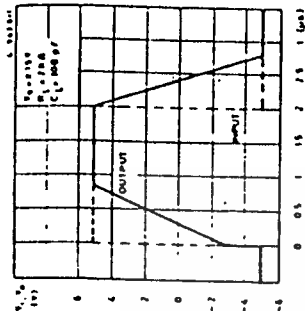


Fig. 9 - Output voltage vs. elapsed time

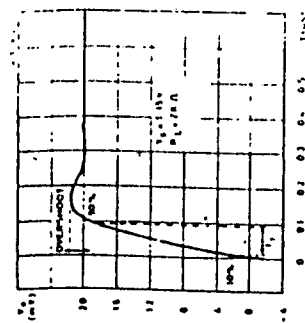


Fig. 1 - Maximum peak to peak output voltage vs. frequency

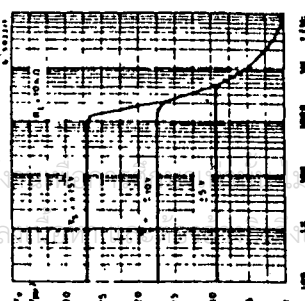


Fig. 2 - Maximum peak to peak output voltage vs. frequency

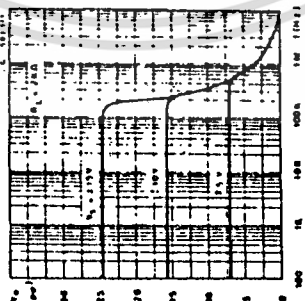


Fig. 3 - Maximum peak to peak output voltage vs. load resistance.

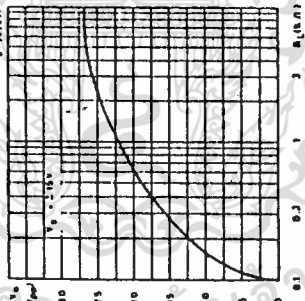


Fig. 10 - Equivalent input noise voltage vs. frequency

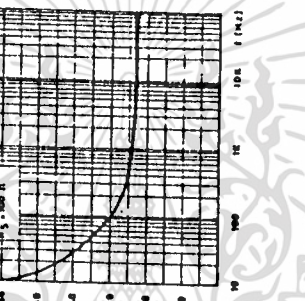


Fig. 11 Total harmonic distortion vs. frequency

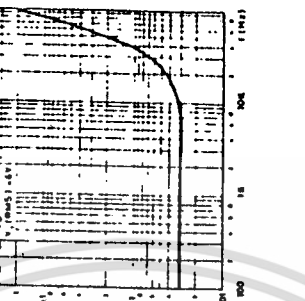


Fig. 12 - Common mode rejection vs. temperature

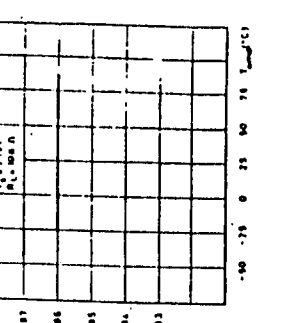


Fig. 4 - Large signal voltage gain and phase shift vs. frequency

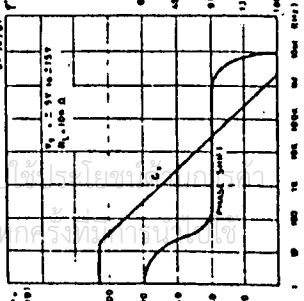


Fig. 5 - Supply current vs. temperature

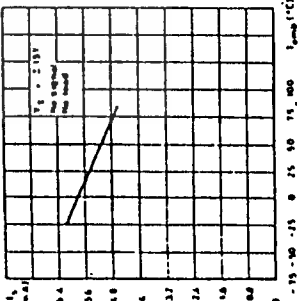
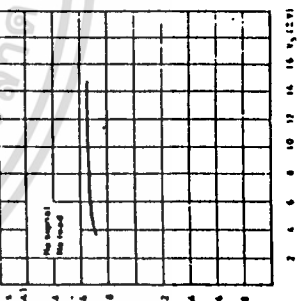


Fig. 6 - Supply current vs. supply voltage



APPLICATION INFORMATION

Fig. 13 - Second order high Q band pass filter ($f_0 = 100kHz$, $Q = 30$, gain = 4)

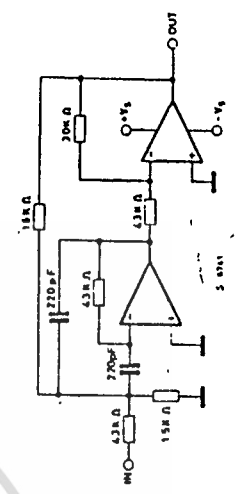


Fig. 19 — Unity-gain absolute-value circuit

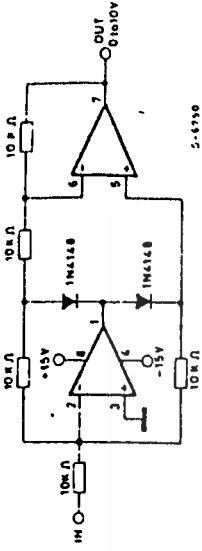
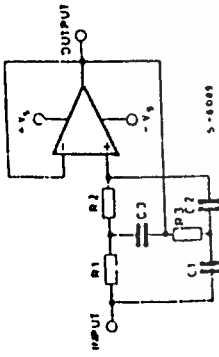


Fig. 15 — High Q Notch filter

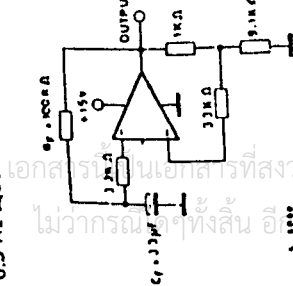


$$R1 = R2 = 2R3 = 1.5M\Omega$$

$$C1 = C2 = \frac{C3}{2} = 110\text{ pF}$$

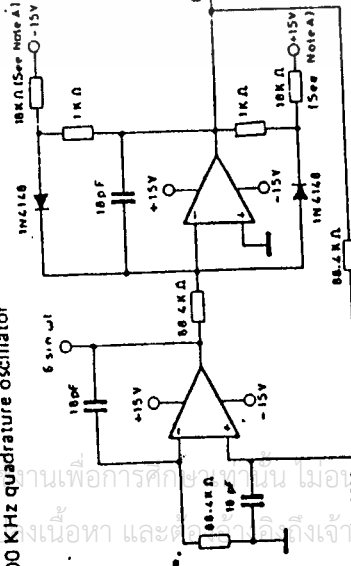
$$f_0 = \frac{1}{2\pi R1 C1} = 1\text{ KHz}$$

CATION INFORMATION
- 0.5 Hz square wave oscillator



$$f = \frac{1}{2\pi R F C F}$$

- 100 KHz quadrature oscillator



Note A: These resistor values may be adjusted for a symmetrical output.

7 - 20 Hz to 200 Hz variable High-pass filter ($G_v = 3\text{ dB}$)

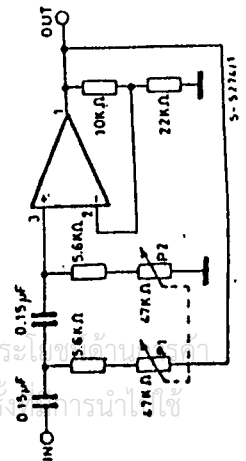


Fig. 18 - Frequency response of the high-pass filter of Fig. 17

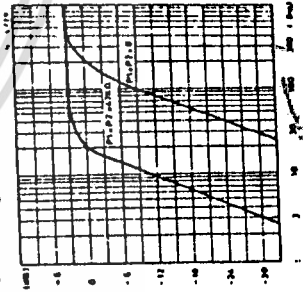


Fig. 20 — Single supply sample and hold

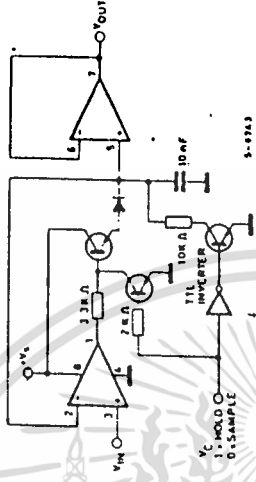
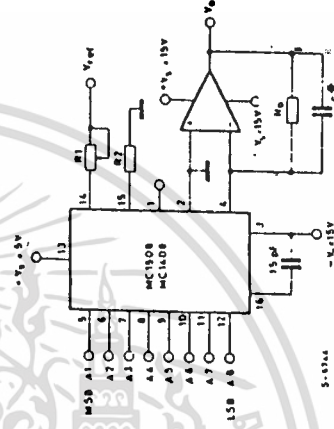


Fig. 21 — Output current to voltage transformation for a DA converter



(*) The value of C may be selected to minimize overshoot and ringing ($C \approx 68\text{ pF}$).

Settling time to within 1/2 LSB (± 19.5 mV) is approximately 4.0 µs from the time all bits are switched.

$$V_{ref} = 2.0\text{ Vdc}$$

$$R1 = R2 \approx 1.0\text{ k}\Omega$$

$$R0 \approx 5.0\text{ k}\Omega$$

Theoretical V_0 :

$$V_0 = \frac{V_{ref}}{R1} \left[\frac{A1}{7} + \frac{A2}{4} + \frac{A3}{8} + \frac{A4}{16} + \frac{A5}{32} + \frac{A6}{64} + \frac{A7}{128} + \frac{A8}{256} \right]$$

$$V_0 = \frac{2.0\text{ V}}{1\text{ k}} \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \frac{1}{64} + \frac{1}{128} + \frac{1}{256} \right] = 10\text{ V} \left[\frac{255}{256} \right] = 9.961\text{ V}$$

Adjust V_{ref} , $R1$ or $R0$ so that V_0 with all digital inputs at high level is equal to 9.961 volts.

TYPES TIL31, TIL33, TIL34 P-N GALLIUM ARSENIDE INFRARED-EMITTING DIODES

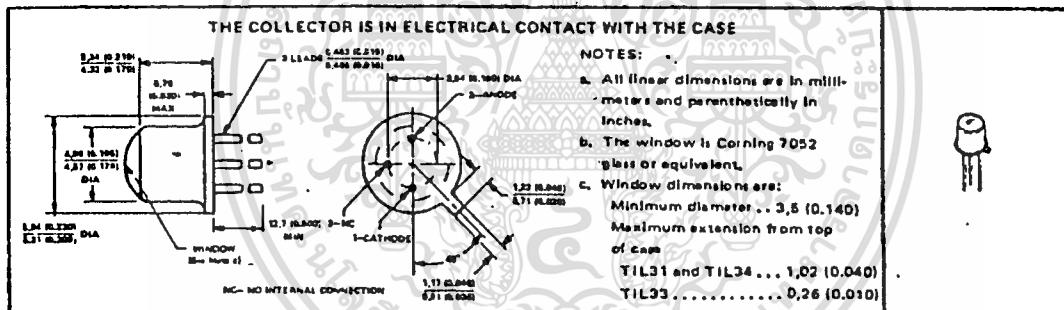
BULLETIN NO. DL-S 12209, NOVEMBER 1974—REVISED MARCH 1976

DESIGNED TO EMIT NEAR-INFRARED RADIATION WHEN FORWARD BIASED

- Output Spectrally Compatible with Silicon Sensors
- Mechanically Compatible with TIL81
- Typical Applications Include Card Readers, Encoders, Intrusion Alarms, Sector Sensors, Level Indicators, and Beginning-of-Tape/End-of-Tape Indicators

mechanical data

Each device is in a hermetically sealed welded case similar to JEDEC TO-18 with window. The TIL31 and TIL34 have convex lenses while that of the TIL33 is essentially flat. A coin header is used to increase dissipation capability. All TO-18 registration notes also apply to this outline. Approximate weight: is 0.35 gram. All metal surfaces are gold plated.



absolute maximum ratings

Reverse Voltage at 25°C Case Temperature	2 V
Continuous Forward Current at 25°C Case Temperature (See Note 1)	200 mA
Operating Case Temperature Range	-65°C to 150°C
Storage Temperature Range	-65°C to 150°C
Lead Temperature 1,6 mm (1/16 Inch) from Case for 10 Seconds	240°C

operating characteristics at 25°C case temperature

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TIL31		TIL33		TIL34		UNIT
		MIN	TYP MAX	MIN	TYP MAX	MIN	TYP MAX	
P_O Radiant Power Output	$I_f = 100 \text{ mA}$	3.3	6	2.5	5	1.6	3	mW
λ_p Wavelength at Peak Emission		915	940 975	915	940 975	915	940 975	nm
$\Delta\lambda$ Spectral Bandwidth		50	75	50	75	50	75	nm
θ_{HI} Half-Intensity Beam Angle		10°		80°		10°		
V_F Static Forward Voltage		1.4 1.75		1.4 1.75		1.4 1.75		V
t_r Radiant Pulse Rise Time†	$I_{FM} = 50 \text{ mA}, t_w = 2 \mu\text{s}$	600		600		600		ns
t_f Radiant Pulse Fall Time‡	$f = 45 \text{ kHz}$	350		350		350		

† Radiant intensity is calculated from $I_\theta = P_O/2\pi(1 - \cos \theta_{HI})$. One steradian is the solid angle at the center of a sphere subtended by a portion of the surface area equal to the square of the radius of the sphere. There are 4π steradians in a complete sphere.

‡ Radiant pulse rise time is the time required for a change in radiant intensity from 10% to 90% of its peak value for a step change in current; radiant pulse fall time is the time required for a change in radiant intensity from 90% to 10% of its peak value for a step change in current.

NOTE 1: Derate linearly to 150°C case temperature at the rate of 1.6 mA/°C.

TYPES TIL31, TIL33, TIL34 P-N GALLIUM ARSENIDE INFRARED-EMITTING DIODES

TYPICAL CHARACTERISTICS

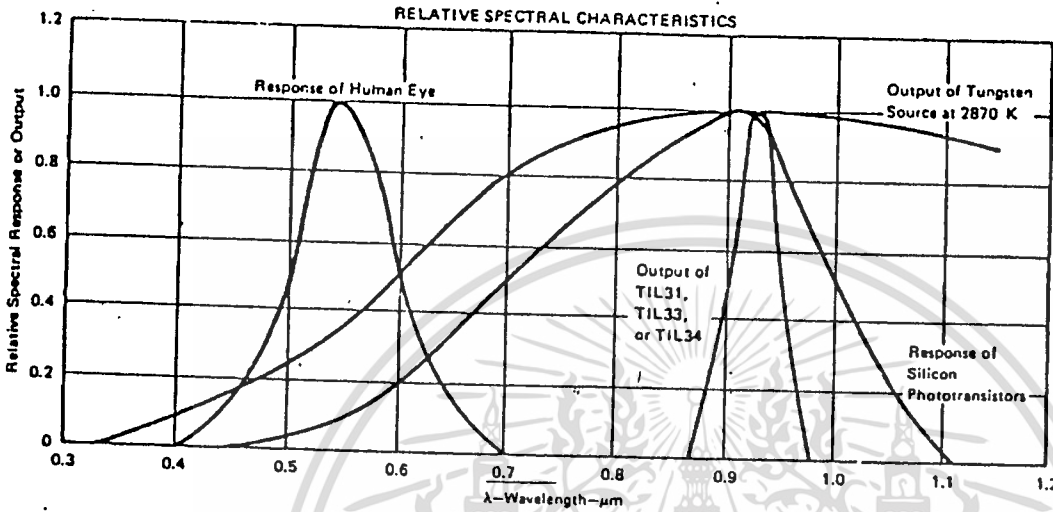


FIGURE 1

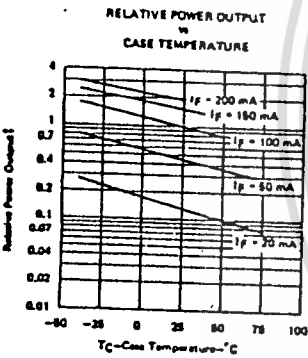


FIGURE 2

TIL31, TIL34

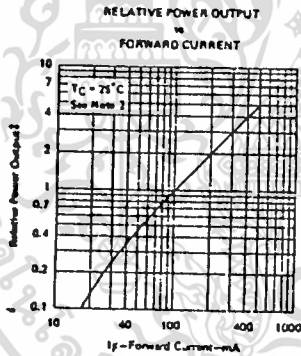


FIGURE 3

TIL33

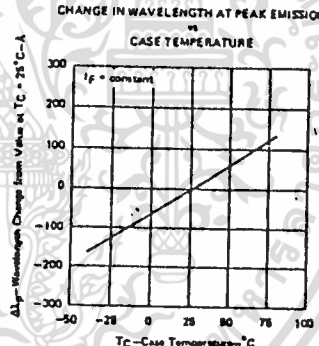


FIGURE 4

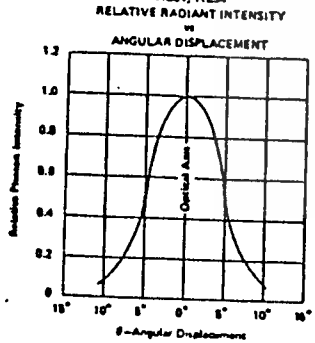


FIGURE 5

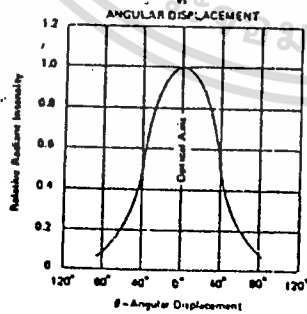


FIGURE 6

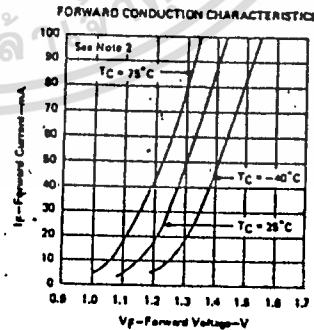
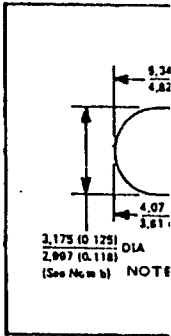


FIGURE 7

NOTE 2: This parameter must be measured using pulse techniques. $t_w = 0.04$ ms, duty cycle $< 10\%$.
 † Normalized to output at $I_f = 10$ mA, $T_c = 25^\circ\text{C}$.

mechanical data

This device has a gr



absolute maximum ra

Reverse Voltage at
 Continuous Forwa
 Operating Free-Air
 Storage Temperatu
 Lead Temperature

operating characteris

P_O	Radiant Pow
λ_p	Wavelength
$\Delta\lambda$	Spectral Bai
θ_{HI}	Half-Intensi
V_F	Static Forw
t_f	Radiant Pul
τ_f	Radiant Pul

† Radiant intensity is calcu
 portion of the surface are
 ‡ Radiant pulse rise time i
 current; radiant pulse fall
 in current.

NOTE 1: Derate linearly to

TEXAS INSTRUMENTS
 INCORPORATED
 POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75225

TYPE TIL81

N-P-N PLANAR SILICON PHOTOTRANSISTOR

TYPICAL CHARACTERISTICS

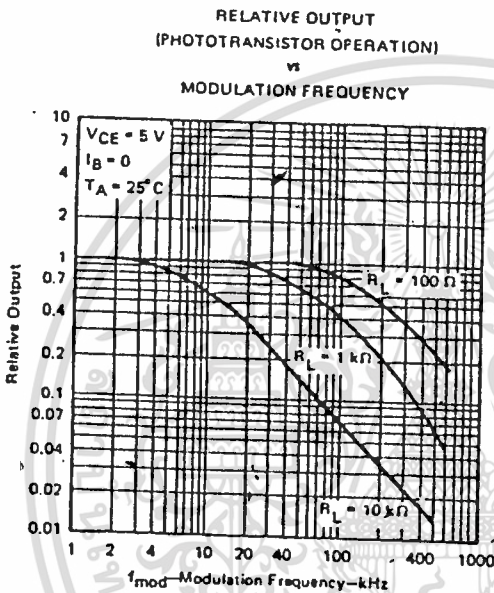


FIGURE 8

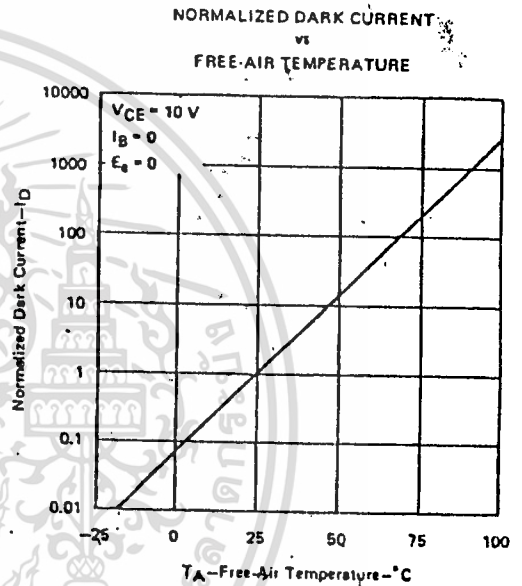


FIGURE 9

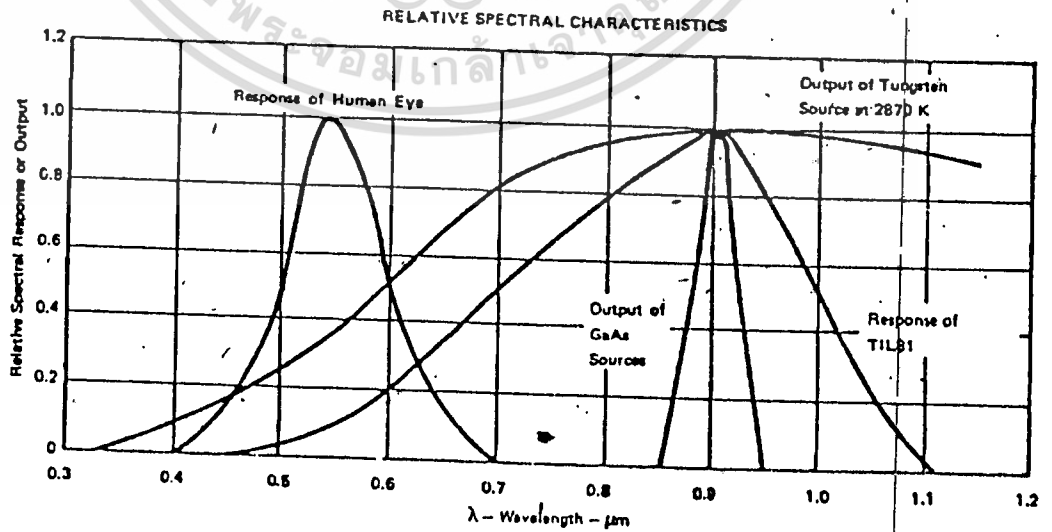


FIGURE 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ให้ผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไขเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75285

TYPE T1L81

N-P-N PLANAR SILICON PHOTOTRANSISTOR

electrical characteristics at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

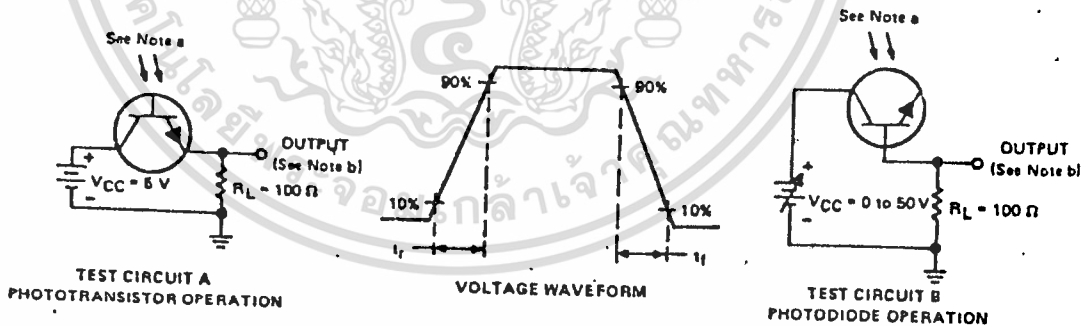
PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 100 \mu A, I_E = 0, E_g = 0$	50			V
$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 100 \mu A, I_B = 0, E_g = 0$	30			V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = 100 \mu A, I_C = 0, E_g = 0$	7			V
$V_{(BR)ECO}$	Emitter-Collector Breakdown Voltage	$I_E = 100 \mu A, I_B = 0, E_g = 0$	7			V
I_D	Dark Current	Phototransistor Operation	$V_{CE} = 10 V, I_B = 0, E_g = 0$		0.1	μA
		Photodiode Operation	$V_{CB} = 10 V, I_E = 0, E_g = 0$		0.01	
I_L	Light Current	Phototransistor Operation	$V_{CE} = 5 V, I_B = 0, E_g = 5 \text{ mW/cm}^2$	5	22	mA
		Photodiode Operation	$V_{CB} = 0 \text{ to } 50 V, I_E = 0, E_g = 20 \text{ mW/cm}^2$		170	
h_{FE}	Static Forward Current Transfer Ratio	$V_{CE} = 5 V, I_C = 1 \text{ mA}, E_g = 0$		200		
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 2 \text{ mA}, I_B = 0, E_g = 20 \text{ mW/cm}^2$	0.2			V

NOTE 2: Irradiance (E_g) is the radiant power per unit area incident upon a surface. For these measurements the source is an unfiltered tungsten filament lamp operating at a color temperature of 2870 K.

switching characteristics at 25°C free-air temperature

PARAMETER		TEST CONDITIONS	TYPICAL	UNIT
t_r	Rise Time	Phototransistor Operation $V_{CC} = 5 V, I_L = 800 \mu A, R_L = 100 \Omega$ See Test Circuit A of Figure 1	8	μs
t_f	Fall Time		6	
t_r	Rise Time	Photodiode Operation $V_{CC} = 0 \text{ to } 50 V, I_L = 50 \mu A, R_L = 100 \Omega$ See Test Circuit B of Figure 1	350	ns
t_f	Fall Time		500	

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



NOTES: a. Input irradiance is supplied by a pulsed gallium arsenide infrared emitter with rise and fall times less than 50 ns. Incident irradiance is adjusted for specified I_L .

b. Output waveform is monitored on an oscilloscope with the following characteristics: $t_s < 25 \text{ ns}, R_{in} > 1 \text{ M}\Omega, C_{in} < 20 \text{ pF}$.

FIGURE 1

TYPE TIL81 N-P-N PLANAR SILICON PHOTOTRANSISTOR

TYPICAL CHARACTERISTICS

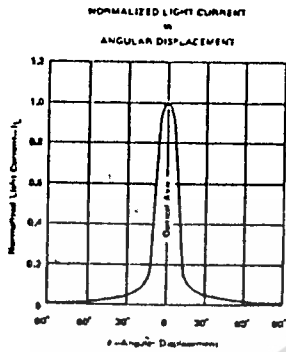


FIGURE 2

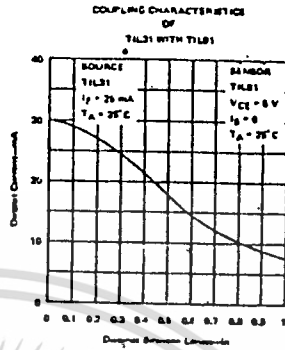


FIGURE 3

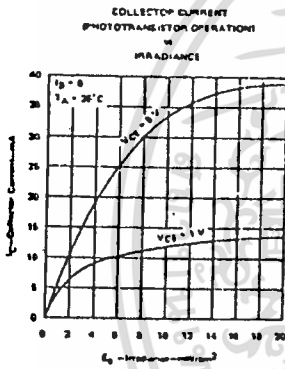


FIGURE 4

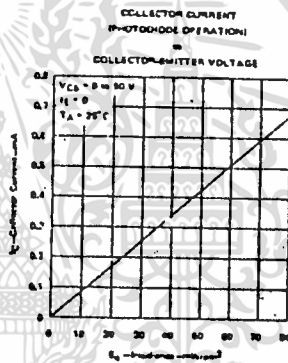


FIGURE 5

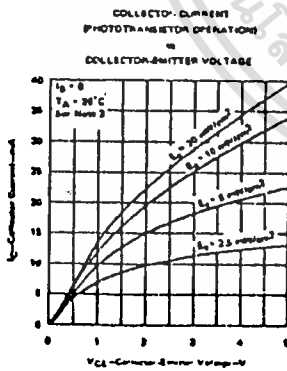


FIGURE 6

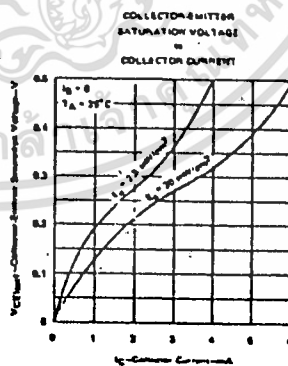


FIGURE 7

NOTE 2: Irradiance (E_0) is the radiant power per unit area incident upon a surface. For these measurements the source is an unfiltered tungsten linear filament lamp operating at a color temperature of 2670 K.

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 228012 • DALLAS, TEXAS 75268

TYPE T1L81 N-P-N PLANAR SILICON PHOTOTRANSISTOR

TYPICAL CHARACTERISTICS

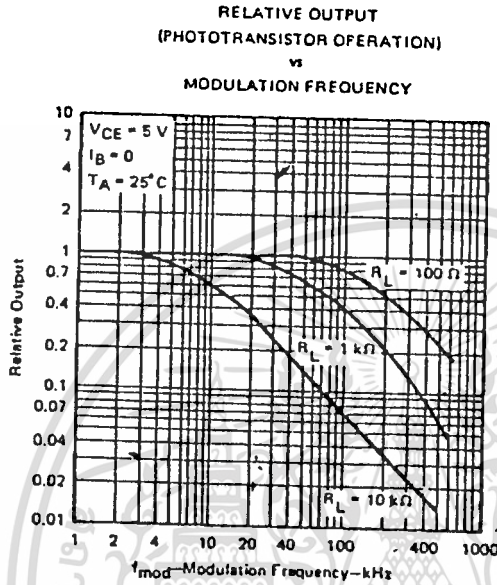


FIGURE 8

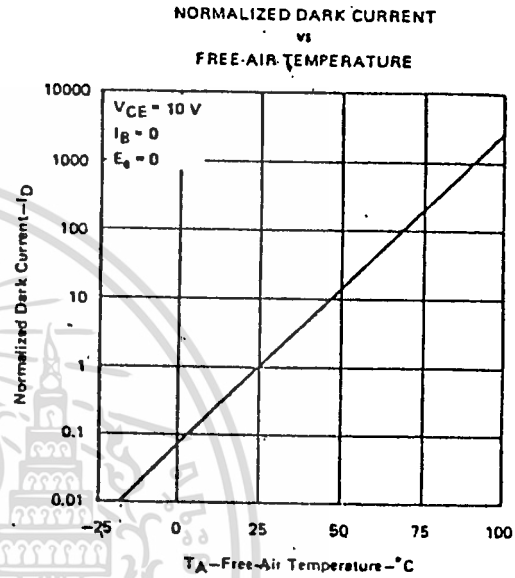


FIGURE 9

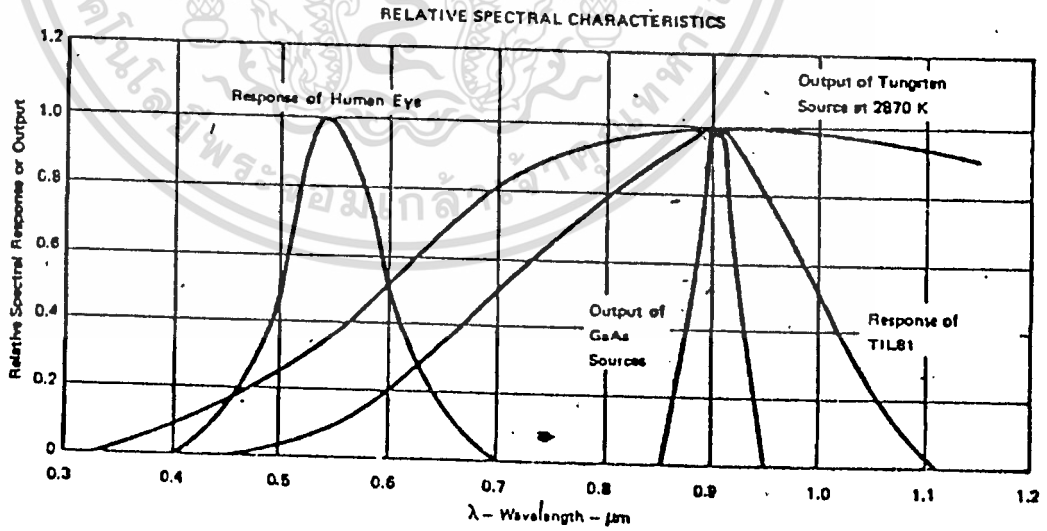


FIGURE 10

หนังสืออ้างอิง

เอกสารที่เป็นหนังสือภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

1. อภินันท์ มัญยานนท์ "การสื่อสารเส้นใยแสง", คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 234 หน้า, 2532
2. Joseph C. Palais, 'FIBER OPTIC COMMUNICATION', Prentice-hall
283 p, 1988
3. Gloge, D., ed. 'OPTICAL FIBER TECHNOLOGY' Newyork, IEEE PRESS,
178 P, 2530
4. Arnaudd, J. A. 'BEAM & OPTIC FIBER' New york academic press,
INC 1976



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้ สำเร็จลงได้ดี ก็เพราะได้รับคำปรึกษาแนะนำ และ การดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี จากท่านอาจารย์ อภิเนทน์ มีนยานนท์ และ อาจารย์ กอบชัย เตชะหาญ และขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้มาตลอด ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและ ค.ญ. ออด เป็นกำลังใจให้งานประสบความสำเร็จ

สุดท้ายขอขอบคุณบุพการีที่ได้ให้การสนับสนุน ส่งเสริม และได้ให้กำลังใจในขณะกำลังศึกษามาโดยตลอด

