

เอกสารอ้างอิง

1. Runyan, W.R. in Semiconductor Measurements and Instrumentation p.p. 21-35, McGRAW-HILL KOGAKUSHA, LTD., Tokyo, 1975.
2. อารีย์ วิเชียรฉาย. "ผิวสัมผัสสร้างโดยวิธีชุบนิเกิลและทองแดงบนเซลล์แสงอาทิตย์ และหัววัดรังสีอัลฟา" วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาฟิสิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.
3. บรรยง โดประเสริฐพงศ์, สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว. "การทำผิวสัมผัส Ni/n-Si ให้เป็นโอห์มมิกโดยเทคนิคการชุบนิเกิลแบบไร้ไฟฟ้า" การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 4 ของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า 8 สถาบันอุดมศึกษา เล่ม 1
4. Young, R.T., Wood, R.F., Narayan, J., White, C.W. and Chistic, W.H. "Plused laser techniques for solar cell processing" IEEE Transactions on Electron Devices. 27(4), (1980) : 807-814.
5. Grum, F. and Becherer, R.J. in Optical Radiation Measurement. vol.1 p.p.261-269, Academic Press, New York, 1979.
6. Martinich, S.J., Johnson, C.J. and Akitt, D.P. "Measurement of far-infrared laser power" The Review of Scientific Instrument. 40(2), (1969) : 359-360.
7. Jennings, D.A., and West, E.D. "A laser power meter of large beam" The Review of scientific instrument. 41(4), (1970) : 565-567.
8. Offenberger, A.A. "Analysis of a thermocouple laser power meter" Applied Optics. 9(11), (1970) : 2594-2597.
9. Schmidt, L.B., and Case, W.E. "Comparison of the laser power and total irradiance scales maintained by the National Bureau of Standards" Applied Optics. 12(11), (1973) : 2773-2776.
10. Brown, W.L. "Superfast annealing" IEEE Spectrum. 4(1981) : 50-54.
11. Young, R.T., and Narayan, J. "Laser annealing of diffusion-induced imperfection in silicon" Applied Physics Letters. 33(1), (1978) : 14-15.

12. Lau, S.S., Tseng, W.F., Nicolet, M-A., and Mayer, J.W., "Epitaxial growth of deposited amorphous layer by laser annealing" Applied Physics Letters, 33(2), (1978) : 130-131.
13. Affolter, K., Lüthy, W., and Von Allmen, M. "Properties of laser-assisted doping in silicon" Applied Physics Letters, 33(2), (1978) : 185-187.
14. Charschan, S.S. in Laser in industry p.p. 24, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1972.
15. Young, R.T., White, C.W., Clark, G.J., Narayan, J. Christie, W.H., Murakami, M., King, P.W., and Kromer, S.D. "Laser annealing of boron-implanted silicon" Applied Physics Letters. 32(3), (1978) : 139-141.
16. Gat, A., and Gibbon, J.F., "A laser apparatus for annealing of ion-implantation damage in semiconductor" Applied Physics Letters. 32(3), (1978) : 142-143.
17. Celler, G.K., Poate, J.M., and Kimerling, L.C., "Spatially controlled crystal regrowth of ion-implanted silicon by laser irradiation" Applied Physics Letters. 32(8), (1978) : 464-466.
18. Muller, J.C., Fogarassy, E., Salles, D., Stuck, R., and Siffert, P.M. "Laser processing in the preparation of silicon solar cells" IEEE Transactions on Electron Devices. 27(4), (1980) : 815-821.
19. Young, R.T., and Wood, R.F. "Laser processing for high silicon solar cells" Journal of Applied Physics. 53(3), (1982) : 1178-1188.
20. Bae, M.S., and D'Aiello, R.V. "P⁺/N high-efficiency silicon solar cells" Applied Physics Letters. 31(5), (1977) : 285-287.
21. Woodall, J.M., and Hovel, H.J., "An isothermal etchback-regrowth method for high-efficiency Ga_{1-x}Al_xAs-GaAs solar cell" Applied Physics Letter. 33(9), (1978) : 800-802.

22. Narayan, J., Young, R.T., and Wood, R.F. "P-N junction formation in boron deposited silicon by laser-induced diffusion" Applied Physics Letters. 33(4), (1978) : 338-340.
23. Stuck, R., Fogarassy, E., Muller, J.C., Hodeau, M., Wattiaux, A., and Siffert, P. "Laser-induced diffusion by irradiation of silicon into an organic solution of the dopant" Applied Physics Letters. 38(9), (1981) : 715-717.
24. Oraby, A.H., Murakmi, K., Yuba, Y., Gamo, K., and Namba, S. "Laser annealing of ohmic contacts on GaAs" Applied Physics Letters. 38(7), (1980) : 562-563.
25. Smit, L., De Jong, T., Hoonhout, D., and Saris, F.W. "Silicon molecular beam epitaxy on arsenic-implanted and laser-processed silicon" Applied Physics Letters. 40(1), (1982) : 64-66.
26. Wittmer, M., Lüfhy, W., Sluder, B., and Melchior, H. "Electrical Characteristics of laser-contacted diode" Solid-state Electronics. 24(3), (1981) : 141-144.
27. Han-Sheng Lee. "The field effect electron mobility of laser-annealed polycrystalline silicon MOSFETS" Solid-State Electronics. 24(11), (1981).
28. บุญมาก ศิริเนาวกุล. "การวิเคราะห์กระแสไฟโตนในเซลล์แสงอาทิตย์แบบหัวต่อพี-เอ็น"
วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524.
29. ประมวล วงศ์ภูวา. "การศึกษาและการใช้แอนโนคิออกซิเดชันเพื่อหาอิมเพียวริตี้โปรไฟล์"
วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2523.



ภาคผนวก ก.

ทฤษฎีเลเซอร์

เลเซอร์ (laser) เป็นแหล่งที่กำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความเพียบพร้อม (Coherent electromagnetic wave) แสงเลเซอร์นี้มีคุณสมบัติดังนี้

- 1) มีความเพียบพร้อม (Coherency) คลื่นที่ปลดปล่อยออกมาจะมีเฟสเท่ากัน
- 2) มีทิศทางแน่นอน (Directional) ไปตามทิศทางของแกนออปติก (Optical axis) และเป็นลำขนาน
- 3) ให้ความยาวคลื่นเดียว (Single wavelength)
- 4) มีความเข้มสูง (High intensity) เพราะเป็นการปลดปล่อยพลังงานแสงในพื้นที่หน้าตัดแคบๆ จึงทำให้มีความเข้มสูงกว่าแสงธรรมดาที่กระจายจากจุดกำเนิดทุกทิศทาง

การสร้างเลเซอร์นั้นสามารถทำได้โดย การกระตุ้นตัวกลางเลเซอร์ (Laser medium) ซึ่งอาจเป็นไอออน (Ion) อะตอม (Atom) หรือโมเลกุล (Molecule) ให้ขึ้นไปอยู่ในสภาวะกระตุ้น (Excited state) แล้วค้างอยู่ในสภาวะนั้นเนื่องจากมีอายุชีวิตที่ยาวมาก และไม่ตกกลับไปยังสภาวะเดิม สภาวะนี้เรียกว่า Metastable state การที่ทำให้ไอออน อะตอม หรือโมเลกุล ของตัวกลางเลเซอร์ขึ้นไปอยู่ในสภาวะถูกกระตุ้นแล้วค้างอยู่นั้น จะทำให้เกิดสภาพที่เรียกว่า Population inversion ขึ้น คือเมื่อเวลาผ่านไปจะทำให้จำนวน ไอออน อะตอม หรือโมเลกุลที่อยู่ในสภาวะถูกกระตุ้น มีจำนวนมากกว่าจำนวน ไอออน อะตอม หรือโมเลกุลที่อยู่ในสภาวะปกติ (Ground state) ปรากฏการณ์นี้เป็นเงื่อนไขที่สำคัญที่สุดในการทำให้เกิดแสงเลเซอร์ (Lasing) สมการแสดงอัตราส่วนของ ไอออน อะตอม หรือโมเลกุล ที่สภาวะปกติเป็นไปดังนี้

$$\frac{N_n}{N_m} = \exp\left(-\frac{E_n - E_m}{kT}\right) \dots\dots(1)$$

เมื่อ k = ค่าคงที่ของ Boltzman ($1.3806 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$)

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์

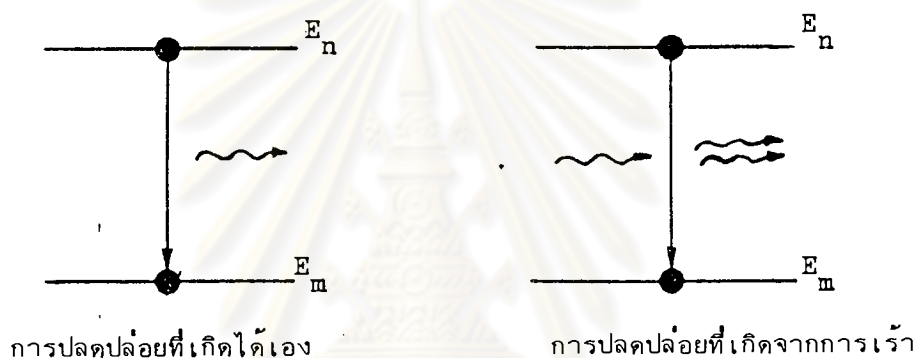
E_m = พลังงานที่สภาวะถูกกระตุ้น

E_n = พลังงานที่สภาวะปกติ

จากสมการที่ (1) เมื่อแทนค่า k , T , E_n และ E_m ของตัวกลางเลเซอร์เข้าไปจะพบว่า ที่อุณหภูมิปกติอัตราส่วน N_n/N_m มีค่าน้อยมาก นั่นคือ อิออน อะตอม หรือโมเลกุลส่วนใหญ่จะอยู่ในสภาวะปกติ

การตกลงมาสภาวะปกติจากสภาวะถูกกระตุ้น และปลดปล่อยพลังงานออกมาโดยธรรมชาติจะมี 2 แบบ คือ

- 1) การปลดปล่อยที่เกิดได้เอง (Spontaneous emission) เกิดขึ้นเมื่อ อิออน อะตอม หรือโมเลกุลถูกกระตุ้นให้ขึ้นไปอยู่ในสภาวะถูกกระตุ้นจนหมดอายุชีวิตแล้วก็ตกลงมายังสภาวะปกติ โดยปลดปล่อยพลังงานออกมา



รูปที่ 1

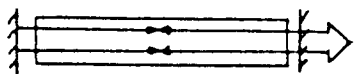
- 2) การปลดปล่อยที่เกิดจากการเร้า (Stimulated emission) เกิดขึ้นโดยการที่มีโฟตอน ซึ่งมีพลังงานเท่ากับพลังงานแตกต่างระหว่างสภาวะถูกกระตุ้น และสภาวะปกติ ($E_n - E_m$) เข้ามาเร้าทำให้เกิดการตกจากสภาวะถูกกระตุ้นมายังสภาวะปกติ และปลดปล่อยพลังงานออกมาเป็นโฟตอนที่มีพลังงานและเฟสเท่ากับโฟตอนที่เร้า ทำให้ได้โฟตอนเพิ่มขึ้น จึงเป็นการขยาย (Amplification) จำนวนโฟตอน

จากการที่เกิด Population inversion ขึ้นและตัวกลางเลเซอร์มี Metastable state นั้น เมื่อมีบางอิออน อะตอม หรือโมเลกุลตกลงมาได้เองจะปลดปล่อยโฟตอนออกมามีค่าเท่ากับผลต่างของระดับพลังงานของสภาวะถูกกระตุ้นกับสภาวะปกติ โฟตอนนี้จะวิ่งไปในตัวกลางเลเซอร์ไปเร้า อิออน อะตอม หรือโมเลกุลที่ถูกกระตุ้นและอยู่ใน Metastable state ทำให้เกิดการตกแบบเร้าและปลดปล่อย โฟตอนที่มีพลังงานเท่ากับพลังงานของโฟตอนที่ชน ทำให้เกิดโฟตอนที่มีพลังงานและเฟสเท่ากันเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากสะท้อนกับกระจกเงา (Mirror) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของออปติคคอลลแควิตี (Optical cavity) แล้วสะท้อนกลับเข้ามาในตัวกลางเลเซอร์อีก เป็นการไปกระตุ้นให้เกิดการตกแบบเร้ามากขึ้น ทำให้ได้โฟตอนมากขึ้น โฟตอนนี้จะสะท้อนกลับไปกลับมาอยู่

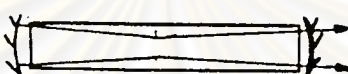
ระหว่างกระจกเงาทั้ง 2 แผ่นที่วางตั้งฉากกับแนวแกนทางแสง ทำให้เกิดโฟตอนมากขึ้นตามลำดับ แสงส่วนหนึ่งจะทะลุผ่านออกจากออปติกคอลแลคร์ดี ทางด้านที่มีกระจกเงาครึ่งสะท้อน (Partially transmission & reflection mirror) เป็นแสงเลเซอร์ในที่สุด

Optical cavity ที่นิยมใช้กันมี 3 แบบ คือ

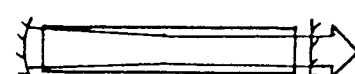
- 1) แบบกระจกเงาขนาน (Plane Parallele)
- 2) แบบโฟกัสร่วม (Confocal)
- 3) แบบกึ่งกระจกเงากับแบบกระจกเว้า (Hermispherical)



แบบที่ 1

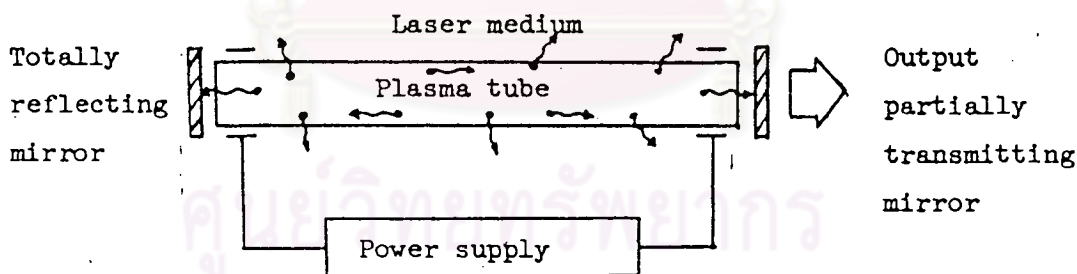


แบบที่ 2



แบบที่ 3

Optical cavity ทั้ง 3 แบบนี้มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับระบบที่ออกแบบ เราสามารถเขียนแผนภาพแสดงโครงสร้างของระบบเลเซอร์ได้ ดังนี้



รูปที่ 3 แผนภาพโครงสร้างของระบบเลเซอร์

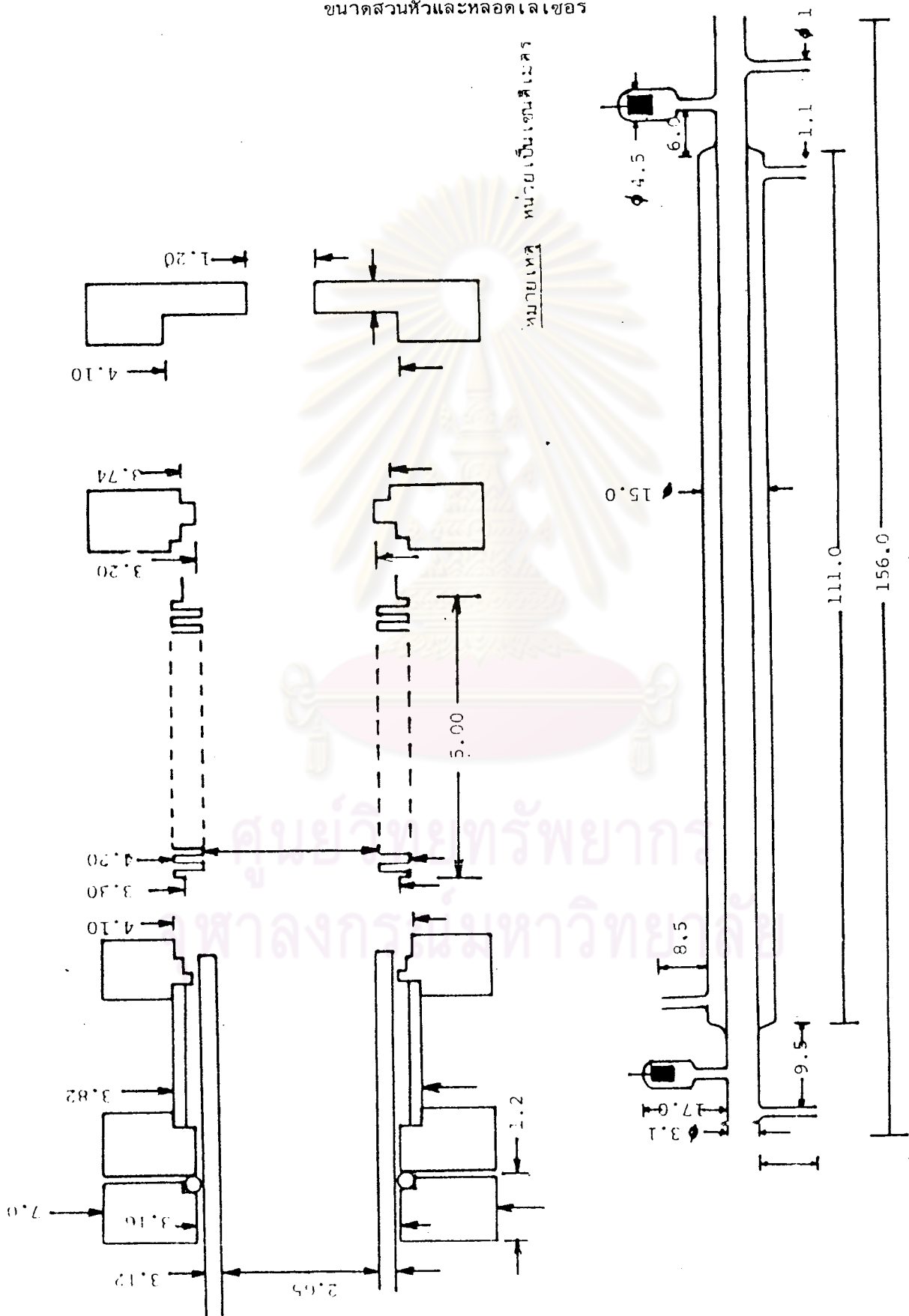
นอกจากนี้คุณสมบัติของเลเซอร์ยังขึ้นอยู่กับค่า Q (Quality factor) ของเลเซอร์ ซึ่งมีสมการ ดังนี้

$$Q = w \times \frac{\text{พลังงานที่สะสมใน Resonant cavity}}{\text{พลังงานที่สูญเสียไป}}$$

การที่เลเซอร์จะเกิดการ Lasing ได้ นั้นค่า Q ของเลเซอร์จะต้องมีค่าสูงถึงค่าหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า Threshold condition ขึ้นกับระบบเลเซอร์แต่ละระบบที่ออกแบบ

ภาคผนวก ข.

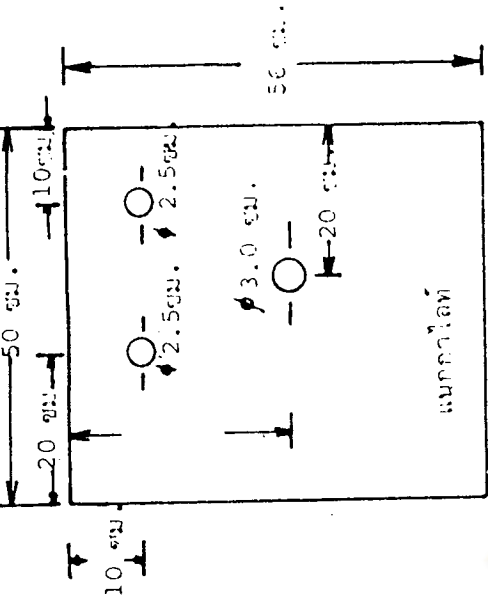
ขนาดส่วนหัวและหลอดเลเซอร์



หน่วยเทต หน่วยเป็นเซนติเมตร

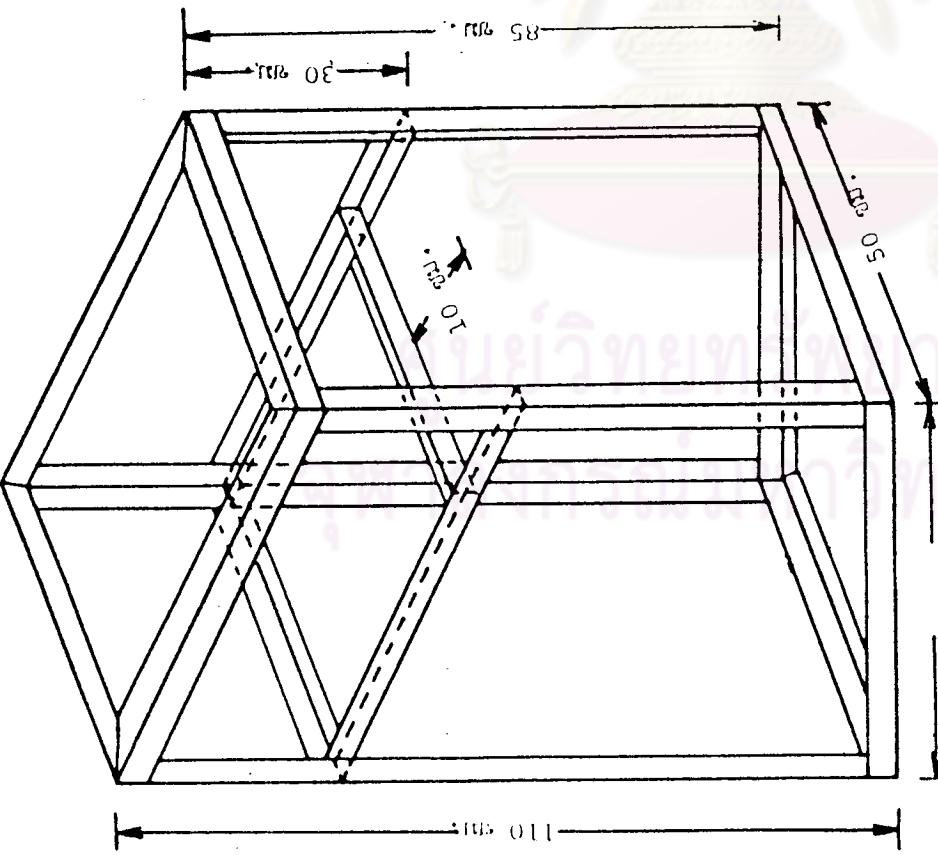
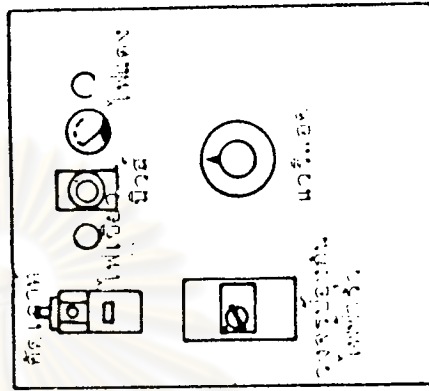
ภาคผนวก ค.

ขนาดตู้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำ



รายละเอียดการเจาะรูก่อนติดตั้งอุปกรณ์

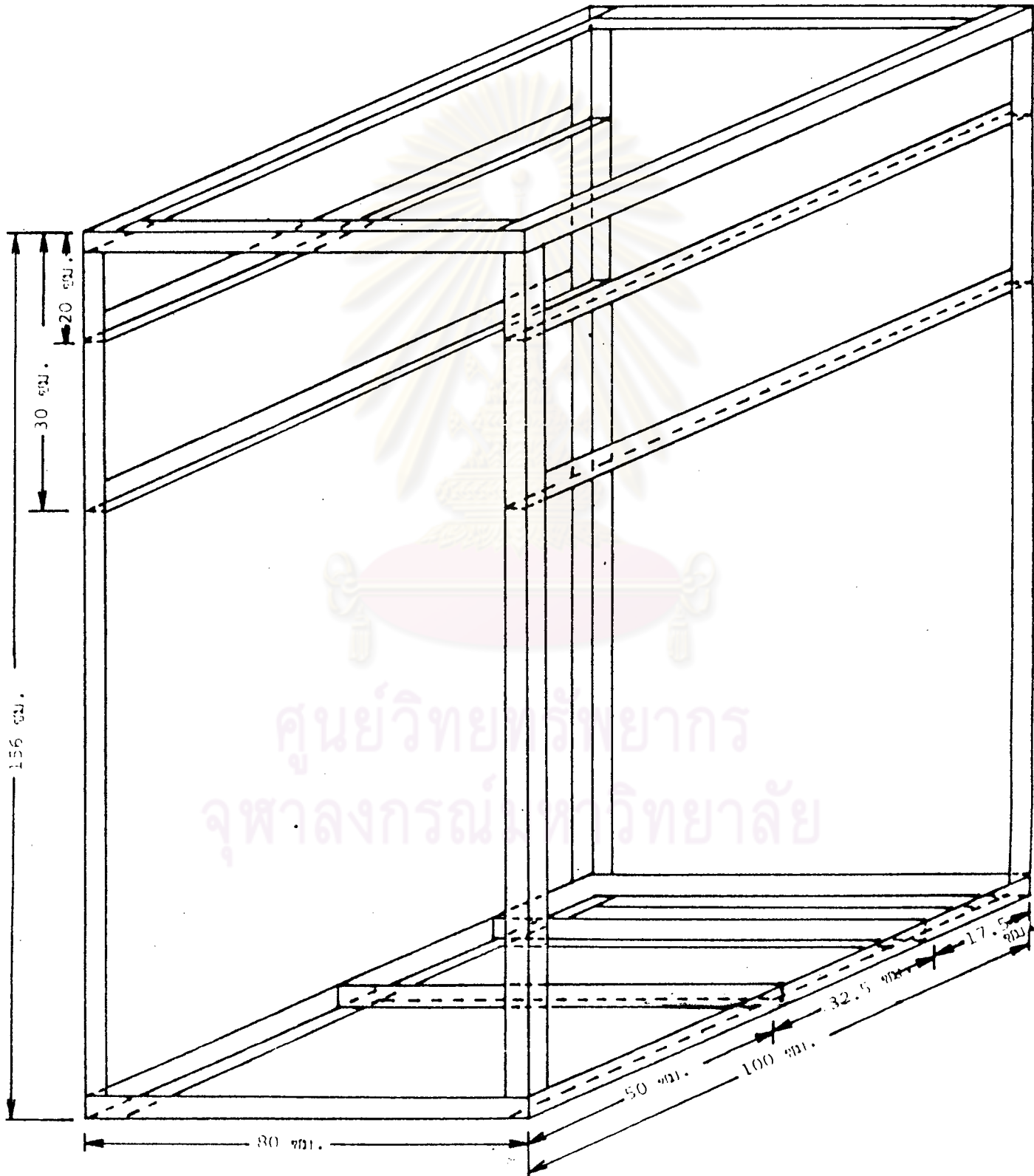
รายละเอียดของแผนผังหน้าด้านบน



สัดคือ 4 มม ด้านล่าง
 ความยาวตรงด้านนอกถึงด้านนอก
 เหล็กฉากใช้ขนาดกว้าง 15 นิ้ว หนาหนึ่งครึ่ง
 สัดส่วนพร้อมโครงสร้างของโรงรับ โถงฉาย

ภาคผนวก ง.

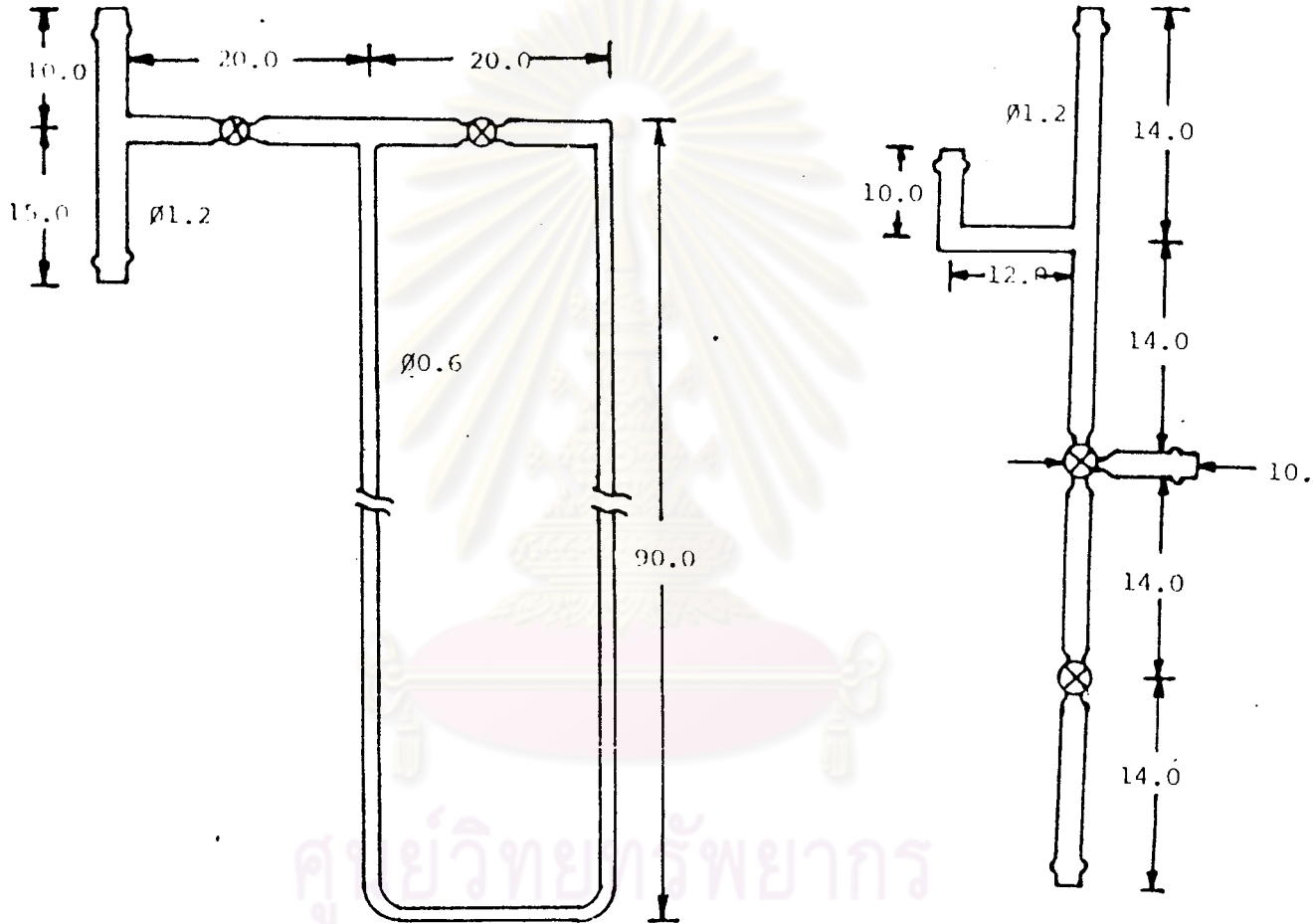
ขนาดตู้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูง



ศูนย์วิทยุวังยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.

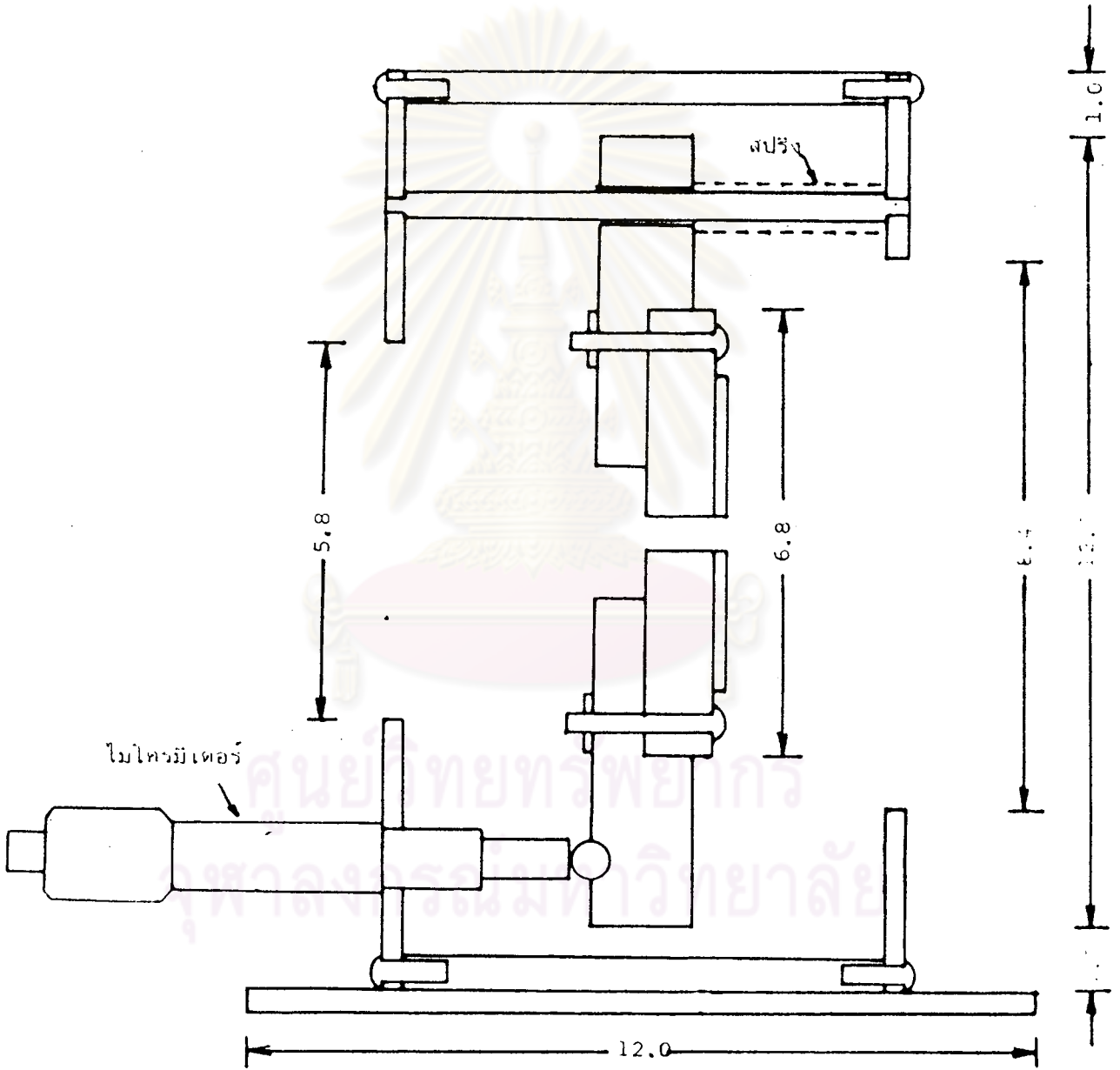
ขนาดบาโรมิเตอร์ปรอทและท่อแก้วชุดวาล์วหรือแรงดูดปั๊มสูญญากาศ



หมายเหตุ หน่วยเก็บเศษดี เมตร

ภาคผนวก ฉ

ขนาดชุดกระจกแควีตีแบบคั่นต่อเนื่อง



หมายเหตุ หน่วยเป็นเซนติเมตร

ภาคผนวก ช.

การคำนวณประสิทธิภาพของหลอดเลเซอร์

เมื่อ P = กำลังเอาต์พุตของแสงเลเซอร์ที่วัดด้วยเทอร์โมคัพเพอริล (วัตต์)

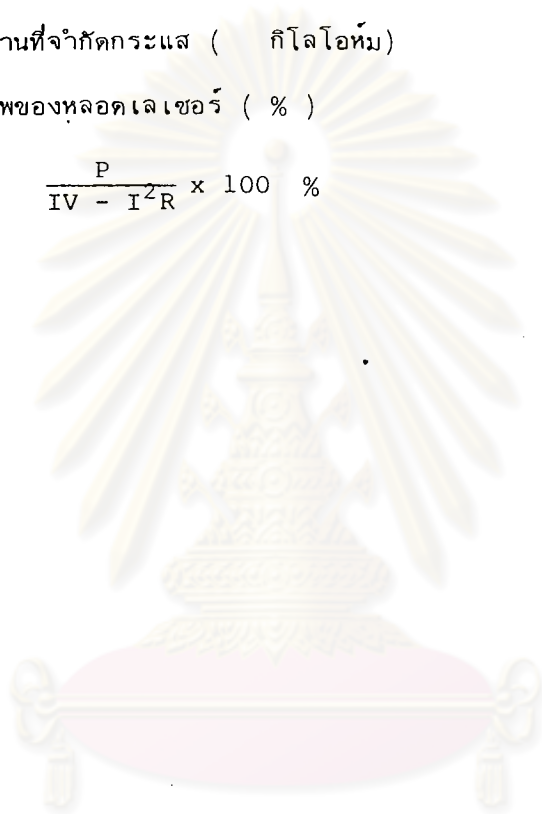
I = กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดเลเซอร์ (แอมป์)

V = แรงเคลื่อนไฟฟ้าแรงสูงที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์ (โวลต์)

R = ความต้านทานที่จำกัดกระแส (กิโลโอห์ม)

eff = ประสิทธิภาพของหลอดเลเซอร์ (%)

โดย
$$eff = \frac{P}{IV - I^2R} \times 100 \%$$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

การคำนวณพลังงานของแสงเลเซอร์แบบคิว-สวิตช์

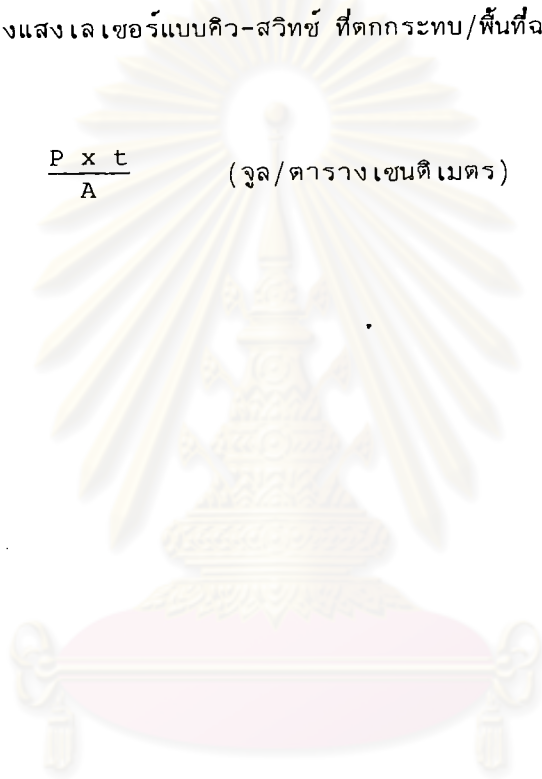
เมื่อ P = กำลังเอาต์พุตของแสงเลเซอร์ที่ตกกระทบบ (วัตต์)

t = ระยะเวลาในการแอนนัล (วินาที)

A = พื้นที่ฉายแสงเลเซอร์แบบคิว-สวิตช์ (ตารางเซนติเมตร)

E = พลังงานของแสงเลเซอร์แบบคิว-สวิตช์ ที่ตกกระทบบ/พื้นที่ฉายแสง (จูล/ตารางเซนติเมตร)

โดย $E = \frac{P \times t}{A}$ (จูล/ตารางเซนติเมตร)



ศูนย์วิทยพัทยาการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ.

ตารางแสดงแรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสองของเทอร์โมคัพเพอร์ชนิด J ที่อุณหภูมิ

ต่างๆ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IRON vs. COPPER-NICKEL

TYPE J

Temperature in Degrees F

Reference Junction at 32°F

Table with columns for temperature in degrees Fahrenheit (0 to 10) and thermoelectric voltage in absolute millivolts (-330 to 0). Includes a sub-table for negative temperatures from -330 to -150.



Main table with columns for temperature in degrees Fahrenheit (0 to 10) and thermoelectric voltage in absolute millivolts (0 to 600). Includes a sub-table for negative temperatures from -100 to -300.

DEG F 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 DEG F

* CONVERTED FROM DEGREES CELSIUS 1968:1

TYPE J



NEW REFERENCE TABLES SUPERSEDES N.B.S. CIRCULAR #561

IRON vs. COPPER-NICKEL
(Iron-Constantan)

TYPE J

Temperature in Degrees F

Reference Junction at 32°F

DEG F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DEG F
THERMOELECTRIC VOLTAGE IN ABSOLUTE MILLIVOLTS												
600	17.186	17.217	17.267	17.278	17.309	17.339	17.370	17.401	17.432	17.462	17.493	600
610	17.493	17.524	17.554	17.585	17.616	17.646	17.677	17.708	17.739	17.769	17.800	610
620	17.800	17.831	17.861	17.892	17.923	17.953	17.984	18.014	18.045	18.076	18.107	620
630	18.107	18.138	18.168	18.199	18.230	18.260	18.291	18.322	18.352	18.383	18.414	630
640	18.414	18.444	18.475	18.506	18.537	18.567	18.598	18.629	18.659	18.690	18.721	640
650	18.721	18.751	18.782	18.813	18.843	18.874	18.905	18.935	18.966	18.997	19.027	650
660	19.027	19.058	19.089	19.119	19.150	19.180	19.211	19.242	19.272	19.303	19.334	660
670	19.334	19.364	19.395	19.426	19.456	19.487	19.518	19.548	19.579	19.610	19.640	670
680	19.640	19.671	19.702	19.732	19.763	19.793	19.824	19.855	19.885	19.916	19.947	680
690	19.947	19.977	20.008	20.039	20.069	20.100	20.131	20.161	20.192	20.222	20.253	690
700	20.253	20.284	20.314	20.345	20.376	20.406	20.437	20.467	20.498	20.529	20.559	700
710	20.559	20.590	20.621	20.651	20.682	20.713	20.743	20.774	20.804	20.835	20.866	710
720	20.866	20.896	20.927	20.958	20.988	21.019	21.050	21.080	21.111	21.141	21.172	720
730	21.172	21.203	21.233	21.264	21.295	21.325	21.356	21.386	21.417	21.448	21.478	730
740	21.478	21.509	21.540	21.570	21.601	21.631	21.662	21.693	21.723	21.754	21.785	740
750	21.785	21.815	21.846	21.877	21.907	21.938	21.968	21.999	22.030	22.060	22.091	750
760	22.091	22.122	22.152	22.183	22.214	22.244	22.275	22.305	22.336	22.367	22.397	760
770	22.397	22.428	22.459	22.489	22.520	22.551	22.581	22.612	22.643	22.673	22.704	770
780	22.704	22.735	22.766	22.796	22.827	22.857	22.888	22.918	22.949	22.980	23.010	780
790	23.010	23.041	23.072	23.102	23.133	23.164	23.194	23.225	23.256	23.286	23.317	790
800	23.317	23.348	23.378	23.409	23.440	23.471	23.501	23.532	23.563	23.593	23.624	800
810	23.624	23.655	23.685	23.716	23.747	23.777	23.808	23.839	23.870	23.900	23.931	810
820	23.931	23.962	23.992	24.023	24.054	24.085	24.115	24.146	24.177	24.207	24.238	820
830	24.238	24.269	24.300	24.330	24.361	24.392	24.423	24.453	24.484	24.515	24.546	830
840	24.546	24.576	24.607	24.638	24.669	24.699	24.730	24.761	24.792	24.822	24.853	840
850	24.853	24.884	24.915	24.946	24.976	25.007	25.038	25.069	25.099	25.130	25.161	850
860	25.161	25.192	25.223	25.254	25.284	25.315	25.346	25.377	25.408	25.438	25.469	860
870	25.469	25.500	25.531	25.562	25.593	25.623	25.654	25.685	25.716	25.747	25.778	870
880	25.778	25.809	25.840	25.870	25.901	25.932	25.963	25.994	26.025	26.056	26.087	880
890	26.087	26.118	26.148	26.179	26.210	26.241	26.272	26.303	26.334	26.365	26.396	890
900	26.396	26.427	26.458	26.489	26.520	26.551	26.582	26.613	26.644	26.675	26.705	900
910	26.705	26.736	26.767	26.798	26.829	26.860	26.891	26.922	26.953	26.984	27.015	910
920	27.015	27.046	27.077	27.108	27.139	27.170	27.201	27.232	27.263	27.294	27.325	920
930	27.325	27.356	27.387	27.418	27.449	27.480	27.511	27.542	27.573	27.604	27.635	930
940	27.635	27.666	27.697	27.728	27.759	27.790	27.821	27.852	27.883	27.914	27.945	940
950	27.945	27.976	28.007	28.038	28.069	28.100	28.131	28.162	28.193	28.224	28.255	950
960	28.255	28.286	28.317	28.348	28.379	28.410	28.441	28.472	28.503	28.534	28.565	960
970	28.565	28.596	28.627	28.658	28.689	28.720	28.751	28.782	28.813	28.844	28.875	970
980	28.875	28.906	28.937	28.968	29.000	29.031	29.062	29.093	29.124	29.155	29.186	980
990	29.186	29.217	29.248	29.279	29.310	29.341	29.372	29.403	29.434	29.465	29.496	990
1000	29.515	29.547	29.578	29.610	29.642	29.673	29.705	29.736	29.768	29.799	29.831	1000
1010	29.831	29.862	29.894	29.926	29.957	29.989	30.020	30.052	30.084	30.115	30.147	1010
1020	30.147	30.179	30.210	30.242	30.274	30.305	30.337	30.369	30.400	30.432	30.464	1020
1030	30.464	30.496	30.527	30.559	30.591	30.623	30.654	30.686	30.718	30.750	30.782	1030
1040	30.782	30.813	30.845	30.877	30.909	30.941	30.973	31.005	31.036	31.068	31.100	1040
1050	31.100	31.132	31.164	31.196	31.228	31.260	31.292	31.324	31.356	31.388	31.420	1050
1060	31.420	31.452	31.484	31.516	31.548	31.580	31.612	31.644	31.676	31.708	31.740	1060
1070	31.740	31.772	31.804	31.836	31.868	31.901	31.933	31.965	31.997	32.029	32.061	1070
1080	32.061	32.093	32.125	32.157	32.190	32.222	32.254	32.287	32.319	32.351	32.384	1080
1090	32.384	32.416	32.448	32.480	32.513	32.545	32.577	32.610	32.642	32.674	32.707	1090
1100	32.707	32.739	32.772	32.804	32.836	32.869	32.901	32.934	32.966	32.999	33.031	1100
1110	33.031	33.063	33.096	33.129	33.161	33.194	33.226	33.259	33.291	33.324	33.356	1110
1120	33.356	33.389	33.422	33.454	33.487	33.519	33.552	33.585	33.617	33.650	33.683	1120
1130	33.683	33.715	33.748	33.781	33.814	33.846	33.879	33.912	33.945	33.977	34.010	1130
1140	34.010	34.043	34.076	34.109	34.141	34.174	34.207	34.240	34.273	34.306	34.339	1140
1150	34.339	34.372	34.405	34.437	34.470	34.503	34.536	34.569	34.602	34.635	34.668	1150
1160	34.668	34.701	34.734	34.767	34.801	34.834	34.867	34.900	34.933	34.966	34.999	1160
1170	34.999	35.032	35.065	35.099	35.132	35.165	35.198	35.231	35.265	35.298	35.331	1170
1180	35.331	35.364	35.398	35.431	35.464	35.498	35.531	35.564	35.598	35.631	35.664	1180
1190	35.664	35.698	35.731	35.764	35.798	35.831	35.865	35.898	35.932	35.965	35.999	1190
1200	35.999	36.032	36.066	36.099	36.133	36.166	36.200	36.233	36.267	36.301	36.334	1200
1210	36.334	36.368	36.401	36.435	36.469	36.502	36.536	36.570	36.603	36.637	36.671	1210
1220	36.671	36.705	36.738	36.772	36.806	36.840	36.873	36.907	36.941	36.975	37.009	1220
1230	37.009	37.043	37.076	37.110	37.144	37.178	37.212	37.246	37.280	37.314	37.348	1230
1240	37.348	37.382	37.416	37.450	37.484	37.518	37.552	37.586	37.620	37.654	37.688	1240
1250	37.688	37.722	37.756	37.790	37.825	37.859	37.893	37.927	37.961	37.995	38.030	1250
1260	38.030	38.064	38.098	38.132	38.167	38.201	38.235	38.269	38.304	38.338	38.372	1260
1270	38.372	38.406	38.441	38.475	38.510	38.544	38.578	38.613	38.647	38.682	38.716	1270
1280	38.716	38.751	38.785	38.819	38.854	38.888	38.923	38.957	38.992	39.027	39.061	1280
1290	39.061	39.096	39.130	39.165	39.199	39.234	39.269	39.303	39.338	39.373	39.407	1290
1300	39.407	39.442	39.477	39.511	39.546	39.581	39.615	39.650	39.685	39.720	39.754	1300
1310	39.754	39.789	39.824	39.859	39.894	39.928	39.963	39.998	40.033	40.068	40.103	1310
1320	40.103	40.138	40.172	40.207	40.242	40.277	40.312	40.347	40.382	40.417	40.452	1320
1330	40.452	40.487	40.522	40.557	40.592	40.627	40.662	40.697	40.732	40.767	40.802	1330
1340	40.802	40.837	40.872	40.908	40.943	40.978	41.013	41.048	41.083	41.118	41.154	1340
1350	41.154	41.189	41.224	41.259	41.294	41.329	41.365	41.400	41.435	41.470	41.506	1350
1360	41.506	41.541	41.576	41.611	41.647	41.682	41.717	41.753	41.788	41.823	41.859	1360
1370	41.859	41.894	41.929	41.965	42.000	42.035	42.071	42.106	42.142	42.177	42.212	1370
1380	42.212	42.248	42.283	42.319	42.354	42.390	42.425	42.460	42.496	42.531	42.567	1380
1390	42.567	42.602	42.638	42.673	42.709	42.744	42.780	42.815	42.851	42.886	42.922	1390

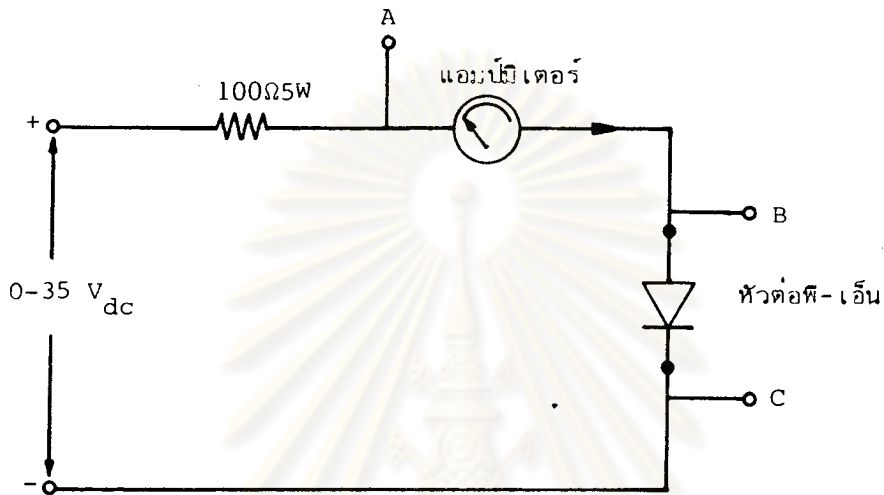
DEG F 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 DEG F
* CONVERTED FROM DEGREES CELSIUS 1988.

TYPE
J

NEW REFERENCE TABLES
PERSEDES N.B.S. CIRCULAR #348

ภาคผนวก ญ.

วงจรและวิธีการวัดคุณลักษณะสมบัติกระแส-แรงเคลื่อนไฟฟ้าของหัวต่อที่ใช้ในการทดลอง เพื่อให้วัดค่ากระแส-แรงเคลื่อนไฟฟ้าให้ถูกต้องที่ค่ากระแสไฟฟ้าต่างๆ

การอ่านค่า

กระแส I ที่ไหลผ่านหัวต่อพี-เอ็น อ่านได้จากแอมป์มิเตอร์โดยตรง

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่คร่อมหัวต่อพี-เอ็น (V_{BC}) หาได้จาก

$$V_{BC} = V_{AC} - V_{AB}$$

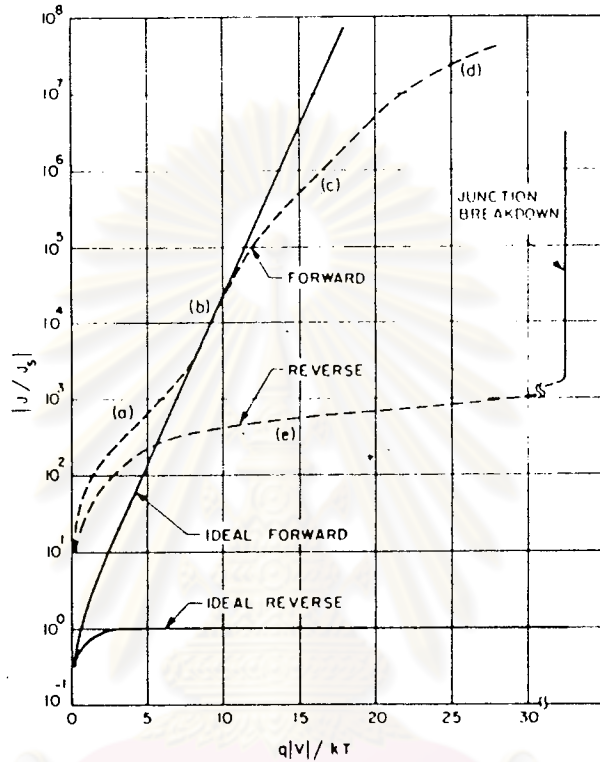
เมื่อ V_{AC} = แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ตกคร่อมแอมป์มิเตอร์กับหัวต่อพี-เอ็น ขณะกระแสไฟฟ้า I ไหลผ่าน

V_{AB} = แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ตกคร่อมแอมป์มิเตอร์ ขณะกระแสไฟฟ้า I ไหลผ่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฎ.

การคำนวณความต้านทานอนุกรมของหัวต่อ



Current-voltage characteristics of a practical Si diode

- (a) generation-recombination current region
- (b) diffusion current region
- (c) high-injection region
- (d) series resistance effect
- (e) reverse leakage current due to generation-recombination and surface effect.

- เมื่อ I = กระแสที่ไหลผ่านหัวต่อพี-เอ็น เมื่อไบแอสตรง (แอมแปร์)
- V_1 = แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ตกคร่อมหัวต่อพี-เอ็น เมื่อไบแอสตรง ขณะมีกระแส ไหลผ่าน (โวลต์)
- V_2 = แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่คร่อมหัวต่อพี-เอ็น แบบโอเดย์ล์เมื่อไบแอสตรงขณะมีกระแส ไหลผ่าน (โวลต์)
- R_s = ความต้านทานอนุกรมของหัวต่อ (โอห์ม)

โดย
$$R_s = \frac{V_1 - V_2}{I}$$

ประวัติผู้เขียน

นายธานี แดงพวงไพลย์ เกิดเมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน 2500 ณ กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ.2523 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทบัณฑิต ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในขณะที่ศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา ได้มีโอกาสเสนอผลงานวิจัย ในการประชุมวิชาการ ทางวิศวกรรมไฟฟ้า 8 สถาบัน ระหว่างวันที่ 1-2 พฤศจิกายน พ.ศ.2525 ณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผลงานที่เสนอต่อที่ประชุม เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย