



เอกสารอ้างอิง

1. W. Pongsapichaya, private communication (with thankful appreciation to assistant professor Wasant Pongsapichaya, Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University).
2. H.J. Hovel, Solar Cells, vol.11, of Semiconductors and Semimetals, A.C. Beer and R.K. Willardson Eds., Academic Press, New York, 1975.
3. R.A. Smith, Semiconductors, Cambridge University Press, Cambridge, 1964.
4. E.S. Yang, Fundamentals of Semiconductor Devices, McGraw-Hill, New York, 1978.
5. S.M. Sze, Physics of Semiconductor Devices, 2nd Ed., Wiley, New York, 1981.
6. W. Ruppel and P. Würfel, "Upper limit for the conversion of solar energy", IEEE Trans. Electron Devices, vol.ED-27, No.4, p.877-882, 1980.
7. A.S. Grove, Physics and Technology of Semiconductor Devices, Wiley, New York, 1967.
8. J.H. Hauser and P.M. Dunbar, "Performance limitation of silicon solar cell", IEEE Trans. Electron Devices, vol.ED-24, No.4, p.305-321, 1977.
9. T. Nunoi, N. Nishimura, H. Sawai and A. Suzuki, "High performance BSF silicon solar cell with fire through contacts printed on AR coating", Japan. J. Appl. Phys., vol.19, suppl.19-2, p.67-70, 1980.

10. J.J. Loferski, "Theoretical considerations governing the choice of the optimum semiconductor for photovoltaic solar energy conversion", J. Appl. Phys., vol.27, No.7, p.777-784, 1956.
11. D. Redfield, "Unified model of fundamental limitations on the performance of silicon solar cells", IEEE Trans. Electron Devices, vol.ED-27, No.4, p.766-771, 1980.
12. M. Wolf, "Updating the limit efficiency of silicon solar cells", IEEE Trans. Electron Devices, vol.ED-27, No.4, p.751-759, 1980.
13. R.J. Handy, "Theoretical analysis of the series resistance of a solar cell", Solid State Electron., vol.10, No.8, p.765-775, 1967.
14. C. Goradia, "A one dimensional theory of high base resistivity tandem junction solar cells in low injection", IEEE Trans. Electron Devices, vol.ED-27, No.4, p.777-784, 1980.
15. V. der Ziel, Solid State Physical Electronics, Prentice-Hall, Englewood Cliff, 1968.
16. A.G. Milnes and D.L. Feucht, Heterojunctions and Metal-Semiconductor Junctions, Academic Press, New York, 1972.
17. H.C. Gard and E.H. Rhoderick. "Studies of tunnel MOS diode I : interface effect in silicon Schottky diodes", J. Phys. D, vol.4, No.10, p.1589-1601, 1971.
18. H.C. Card and E.S. Yang, "MIS-Schottky theory under conditions of optical carrier generation in solar cells", Appl. Phys. Lett., vol.29, No.1, p.51-53, 1976.
19. J. Shewchun, D. Burk, R. Singh, M. Spitzer and J. Dubow, "The semiconductor insulator semiconductor (indium tin oxide on silicon) solar cell : Characteristics and loss mechanisms", J. Appl. Phys., vol.50, No.10, p.6524-6533, 1979.

20. J. Shewchun and J. Dubow, "The operation of the semiconductor-insulator semiconductor (SIS) solar cell : theory", J. Appl. Phys., vol.49, No.2, p.855-863, 1978.
21. J. Shewchun, D. Burk and M.B. Spitzer, "MIS and SIS solar cells", IEEE Trans. Electron Devices, vol.ED-27, No.4, p.705-715, 1980.
22. D. Burk, J. Shewchun, M. Spitzer, R. Singh, J. Kukulka, J. Hadrevi and J.J. Loferski, "Semiconductor-insulator-semiconductor (SIS) solar cell : Indium tin oxide on silicon", IEEE Trans. Electron Devices, vol.ED-27, No.8, p.1376-1383, 1980.
23. A.K. Ghosh, C. Fishman and T. Feng, "Theoretical efficiency of SnO_2/Si solar cell", J. Appl. Phys., vol.50, No.5, p.3454-3458, 1979.
24. B.L. Sharma and R.K. Purohit, Semiconductor Heterojunctions, Pergamon Press, Oxford, 1974.
25. Z.M. Jarzebski and J.P. Marton, "Physical properties materials I. preparation and defect structure", J. Electrochem. Soc., vol. 123, No.7, p.199c-204c, 1976.
26. W.H. Baur, "Über die verfeinerung der kristallstrukturbestimmung einiger vertreter des rutiltyps : TiO_2 , SnO_2 , GeO_2 and MgF_2 ", Acta Cryst, vol.9, part 6, p.515-520, 1956.
27. L. Pauling, The Nature of the Chemical Bond, Cornell University Press, Ithaca, 1960.
28. J.A. Marley and T.C. McAvoy, "Growth of SnO_2 crystals from the vapor phase", J. Appl. Phys., vol.31, No.12, p.2504-2505, 1961.
29. D.F. Crabtree, R.N.S.M. Mehdi and D.A. Wright, "Electron mobility and infrared absorption in reduced tin oxide crystals", J. Phys. D, vol.2, No.2, p.1503-1505, 1969.
30. H.F. Kunkle and E.E. Kohnke, "Flux growth of SnO_2 crystals", J. Appl. Phys., vol.36, No.4, p.1489, 1965.

31. D.F. Morgan and D.A. Wright, "Electrical properties of single crystals of Sb-doped SnO₂", Brit. J. Appl. Phys., vol.17, No.3, p.337-340, 1966.
32. C.G. Fonstad, A. Linz and R.H. Rediker, "Vapour phase growth of stannic oxide single crystals", J. Electrochem. Soc., vol.116, No.9, p.1269-1272, 1969.
33. V. Caslavská and R. Roy, "Epitaxial growth of SnO₂ on rutile single crystals", J. Appl. Phys., vol.40, No.8, p.3414, 1969.
34. E. Shanti, V. Dutta, A. Banejee and K.L. Chopta, "Electrical and optical properties of undoped and Sb-doped tin oxide films", J. Appl. Phys., vol.50, No.12, p.6243-6251, 1980.
35. A.F. Carroll and L.H. Slack, "Effect of additions to SnO₂ thin films", J. Electrochem Soc., vol.123, No.12, p.1889-1893, 1976.
36. H. Kim and H.A. Laitinen, "Composition and conductivity of tin oxide films prepared by pyrohydrolytic decomposition of tin (IV) compounds", J. Am. Ceram. Soc., vol.58, No.1, p.23-25, 1975.
37. H. Watanabe, "Preparation of SnO₂ films by oxidizing evaporated tin films", Japan. J. Appl. Phys., vol.9, No.12, p.1551-1552, 1970.
38. H. Ogawa, A. Abe, M. Nishikawa and S. Hayakawa, "Preparation of tin oxide films from ultrafine particles", J. Electrochem. Soc., vol.128, No.3, p.685-689, 1981.
39. H.W. Lehmann and R. Widmer, "Preparation and properties of reactively co-sputtered transparent conductive films", Thin Solid Films, vol.27, No.2, p.359-368, 1975.
40. D.E. Carlson, "The deposition of tin oxide films from a DC glow discharge", J. Electrochem. Soc., vol.122, No.10, p.1334-1337, 1975.

41. J. Kane, H.P. Schweizer and W. Kern, "Chemical vapor deposition of transparent, electrically conductive tin oxide films formed from dibutyl tin diacetate", J. Electrochem. Soc., vol.122, No.8, p.1144-1147, 1975.
42. R.N. Ghoshtagore, "Mechanism of CVD thin film SnO₂ formation", J. Electrochem. Soc., vol.125, No.1, p.110-117, 1978.
43. Y.S. Hsu and S.K. Ghandhi, "The preparation and properties of As-doped tin oxide film", J. Electrochem. Soc., vol.126, No.8, p.1434-1435, 1979.
44. K.B. Sundaram and G.K. Bhagavat, "Chemical vapour deposition of tin oxide films and their electrical properties", J. Phys. D, vol.14, No.2, p.338-348, 1981.
45. J.L. Jacquemin, C.Raisin and S. Robin-Kandare, "Spectre due pouvoir reflecteur du Sn⁴⁺ O₂²⁻ et comparaison avec sa structure de bande", J. Phys. C, vol.9, No.4, p.593-598, 1976.
46. J.L. Jacquemin and G. Bordue, "Band structure and optical properties of intrinsic tetragonal dioxides of groups-IV elements", J. Phys. Chem. Solids, vol.36, No.10, p.1081-1087, 1975.
47. J.M. Ziman, Principles of the Theory of Solids, Cambridge University Press, Cambridge, 1965.
48. J. Callaway, Energy Band Theory, Academic Press, New York, 1964.
49. J.C. Slater, "Electronic energy bands in metals", Phys. Rev., vol.45, No.11, p.794-801, 1934.
50. J.C. Slater, "An augmented plane wave method for the periodic potential problem", Phys. Rev., vol.92, No.3, p.603-608, 1953.
51. J.O. Dimmock, "The calculation of electronic energy bands by the augmented plane wave method", vol.26, of Solid State Physics, F. Seitz, H. Ehrenreich and D. Turnbull, Eds. Academic Press, New York, 1971.

52. W. Kohn and N. Rostoker, "Solution of the Schrödinger equation in periodic lattices with application to metallic lithium", Phys. Rev., vol.94, No.5, p.1111-1120, 1954.
53. B. Segall, "Calculation of the band structure of complex crystals", Phys. Rev., vol.105, No.1, p.108-115, 1957.
54. C. Herring, "A new method for calculating wave functions in crystals", Phys. Rev., vol.57, No.12, p.1169-1177, 1940.
55. J. Robertson, "Electronic structure of SnO_2 , GeO_2 , PbO_2 , TeO_2 and MgF_2 ", J. Phys. C, vol.12, No.22, p.4767-76, 1979.
56. F.J. Arlinghaus, "Energy bands in stannic oxide (SnO_2)", J. Phys. Chem. Solids, vol.35, No.8, p.931-935, 1974.
57. L.H. Hall, J. Bardeen and F.J. Blatt, "Infrared absorption spectrum of germanium", Phys. Rev., vol.95, No.3, p.559-560, 1954.
58. H.Y. Fan, "Infra-red absorption in semiconductors", Rept. Progr. Phys., vol.19, p.107-155, 1956.
59. F. Wooten, Optical Properties of Solids, Academic Press, New York, 1972.
60. F.J. Blatt, Physics of Electronics Conduction in Solids, McGraw-Hill, New York, 1968.
61. R.A. Smith, Wave Mechanics of Crystalline Solids, Chapman & Hall, London, 1961.
62. R.J. Elliot, "Intensity of optical absorption by excitons", Phys. Rev., vol.108, No.6, p.1384-1389, 1957.
63. W. Spence, "The UV absorption edge of tin oxide thin films", J. Appl. Phys., vol.39, No.9, p.3767-3770, 1967.
64. J.T. Cox and G. Hass, "Antireflection coatings for optical and infrared optical materials", vol.2, of Physics of Thin Films, G. Hass and R.E. Thun, Eds., Academic Press, New York, 1964.

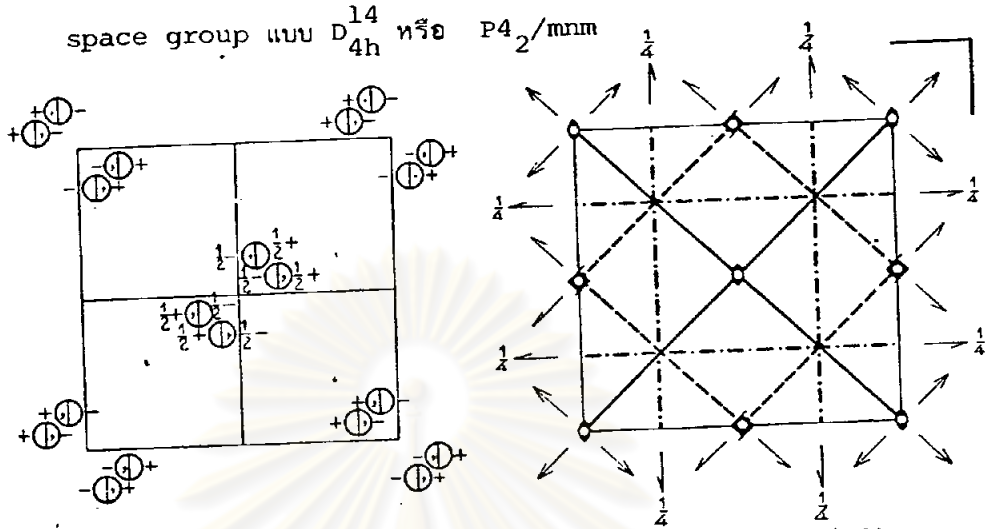
65. A. Musset and A. Thelen, "Multilayer antireflection coatings", vol.8, of Progress in Optics, E. Wolf, Ed., North-Holland, Amsterdam, 1970.
66. W.J. Anderson and W.N. Hansen, "Optical characterization of thin films", J. Opt. Soc. Am., vol.67, No.8, p.1051-1058, 1977.
67. E.E. Kohnke, "Electrical and optical properties of natural stannic oxide crystals", J. Phys. Chem. Solids, vol.23, No.11, p.1557-1562, 1962.
68. M. Nagasawa, S. Shionoya and S. Makishima, "Vapor reaction growth of SnO_2 single crystals and their properties", Japan. J. Appl. Phys., vol.4, No.3, p.195-202, 1965.
69. M. Nagasawa and S. Shionoya, "Weak-field magnetoresistance in SnO_2 single crystals", J. Phys. Chem. Solids, vol.29, No.11, p.1959-1972, 1968.
70. D.F. Crabtree, R. N. S. M. Mehdi and D. A. Wright, "Electron mobility and infrared absorption in reduced tin oxide crystals", Brit. J. Appl. Phys., vol.2, No.11, p.1519-1521, 1969.
71. C. G. Fonstad and R.H. Rediker, "Electrical properties of high-quality stannic oxide crystals", J. Appl. Phys., vol.42, No.7, p.2911-2918, 1971.
72. K.J. Button, C.G. Fonstad and W. Dreybrodt, "Determination of the electron masses in stannic oxide by submillimeter cyclotron resonance", Phys. Rev. B, vol.14, No.12, p.4539-4542, 1971.
73. T. Arai, "The study of optical properties of conducting tin oxide films and their interpretation in terms of a tentative band scheme", J. Phys. Soc. Japan, vol.15, No.5, p.916-927, 1961.
74. R. Summit, J.A. Marley and N.F. Borrelli, "The ultraviolet absorption edge of stannic oxide (SnO_2)", J. Phys. Chem. Solids, vol.25, No.12, p.1465-1469, 1964.

75. S.F. Reddaway and D.A. Wrigth, "The optical properties of tin oxide crystals", Brit. J. Appl. Phys., vol.16, No.2, p.195-198, 1965.
76. J.E. Houston and E.E. Kohnke, "Photoelectronic analysis of imperfections in grown stannic oxide single crystals", J. Appl. Phys., vol.36, No.2, p.3931-3938, 1965.
77. R. Summit and N.F. Borrelli, "Temperature dependence of the ultraviolet absorption edges in SnO_2 ", J. Appl. Phys., vol.37, No.5, p.2200, 1966.
78. H.J. Van Daal, "Polar optical-mode scattering of electrons in SnO_2 ", Solid State Commun., vol.6, No.1, p.5-9, 1968.
79. R.D. McRoberts, C.G. Fonstad and D.Hubert, "Thermoabsorption in SnO_2 ", Phys. Rev. B, vol.10, No.12, p.5213-5219, 1974.
80. H. Takakura and Y. Hamakawa, "Low-cost high efficiency $\text{SnO}_2/\text{n}^+\text{-pSi}$ heteroface solar cell", Japan. J. Appl. Phys., vol.18, suppl. 18-2, p.123-128, 1979.
81. H. Takakura, M.S. Choe and Y. Hamakawa, "Paint-on-diffusant $\text{SnO}_2/\text{n}^+\text{-pSi}$ heteroface solar cell", Japan. J. Appl. Phys., vol.19, suppl. 19-2, p.61-65, 1980.
82. A.K. Ghosh, C. Fishman and T.Feng, " SnO_2/Si solar cells heterostructure or Schottky-barrier or MIS type device", J. Appl. Phys., vol.49, No.6, p.3490-3498, 1978.
83. T. Feng, A.K. Ghosh and C. Fishman, "Angle-of-incidence effects in electron-beam deposited SnO_2/Si solar cells", J. Appl. Phys., vol.34, No.3, p.198-199, 1979.
84. T. Feng, A.K. Ghosh and C. Fishman, "Spray-deposited high efficiency $\text{SnO}_2/\text{n-Si}$ solar cells", J. Appl. Phys., vol.35, No.3, p.266-268, 1979.

85. K. Kajiyama, K. Onuki and Y. Seki, "Complementary Schottky barriers to n-and p-type Si with SnO₂ electrodes", Solid State Electron., vol.22, No.5, p.525-526, 1979.
86. M. Fujinaka, Y. Machi, T. Goto and M. Nakano, "Highly photo-sensitive diodes (SnO₂ and In₂O₃-Si) and their applications", Japan. J. Appl. Phys., vol.16, No.12, p.2211-2215, 1977.
87. W.G. Thomson, S.L. Franz, R.L. Anderson and O.H. Winn, "Intensity effects in SnO₂-Si heterojunction solar cells", IEEE Trans. Electron Devices, vol.ED-24, No.4, p.463-467, 1977.
88. T.R. Nash and R.L. Anderson, "Accelerated life tests of SnO₂-Si heterojunction solar cells", IEEE Trans. Electron Devices, vol.ED-24, No.4, p.468-472, 1977.
89. T. Nagamoto, S.Katsuta and O. Omoto, "Life tests of SnO₂/n-Si and ITO/p-Si solar cells", Japan J. Appl. Phys., vol.19, suppl. 19-2, p.71-74, 1980.
90. J. Murayama, K. Kawajiri, Y. Mizobushi and Y. Nakajima, "Electron beam deposited SnO₂/α-Si(H) photovoltaic device", Japan. J. Appl. Phys., vol.19, suppl.19-2, p.127-130, 1980.
91. G. Radaelli, "Semitransparent tin oxide films on Pyrex plates : measurement of reflectivity", Appl.Opt., vol.15, No.5, p.1122-1123, 1976.
92. C.M. Lampert, "Heat mirror coatings for energy conserving windows", Solar Energy Mater., vol.6, No.1-41, p.1-39, 1981.
93. H.T. Tien and J. Higgins, "Phorphyrin modified tin oxide semiconductor as photocathode", J. Electrochem. Soc., vol.127, No.7, p.1475-1478, 1980.
94. M. Nitta, S. Kanefusa and M. Haradome, "Propane gas detector using SnO₂ doped with Nb, V, Ti or Mo", J. Electrochem. Soc., vol.125, No.10, p.1676-1679, 1978.

95. H. Pink, L. Treitinger and L. Vite, "Preparation of fast detecting SnO₂ gas sensors", Japan. J. Appl. Phys., vol.19, No.3, p.513-517, 1980.
96. J.F. Boyle and K.A. Jenas, "The effect of CO, H₂O vapor and surface temperature on conductivity of a SnO₂ gas sensor", J. Electron. Mater., vol.6, No.6, p.717-733, 1974.
97. M. Nitta and M. Haradome, "CO gas detection by ThO₂-doped SnO₂", J. Electron. Mater., vol.8, No.5, p.571-581, 1979.
98. D. Elliot, D.L. Zellmer and H.A. Laitinen, "Electrochemical properties of polycrystalline tin oxide", J. Electrochem. Soc., vol.117, No.11, p.1343-1348, 1970.
99. N.F. . Henry and K. Lonsdale, International Table for X-ray crystallography vol.1 Symmetry Groups, p.236, Kynoch Press, Birmingham, 1952.
100. An introduction to the Determination of Accurate Data Read from Diffractogram Obtained by the Guinier-Hägg type Camera XDC 700.
101. Powder Diffraction File, Inorganic volume, Set 1-5 (Revised), 3rd printing by Joint Committee on Powder Diffraction Standards, Philadelphia, 1974.
102. Veeco Instrument Inc., Operation & Maintenance for Four Point Probe Model FPP-100, New York.
103. Perkin-Elmer Inc., Operation & Maintenance for Double Beam Spectrometer Model 124, New York.
104. Jobin Yvon, Instruction Manual for Monochrometer Model H.25, Paris, 1980.
105. Hamamatsu TV Co., Ltd., Photomultiplier Tubes Characteristics, Model R406, Tokyo, 1979.
106. E G & G Princeton Applied Research, Operating and Service Manual for Lock-In Amplifier Model 5101, Princeton, 1980.

ภาคผนวก ก.



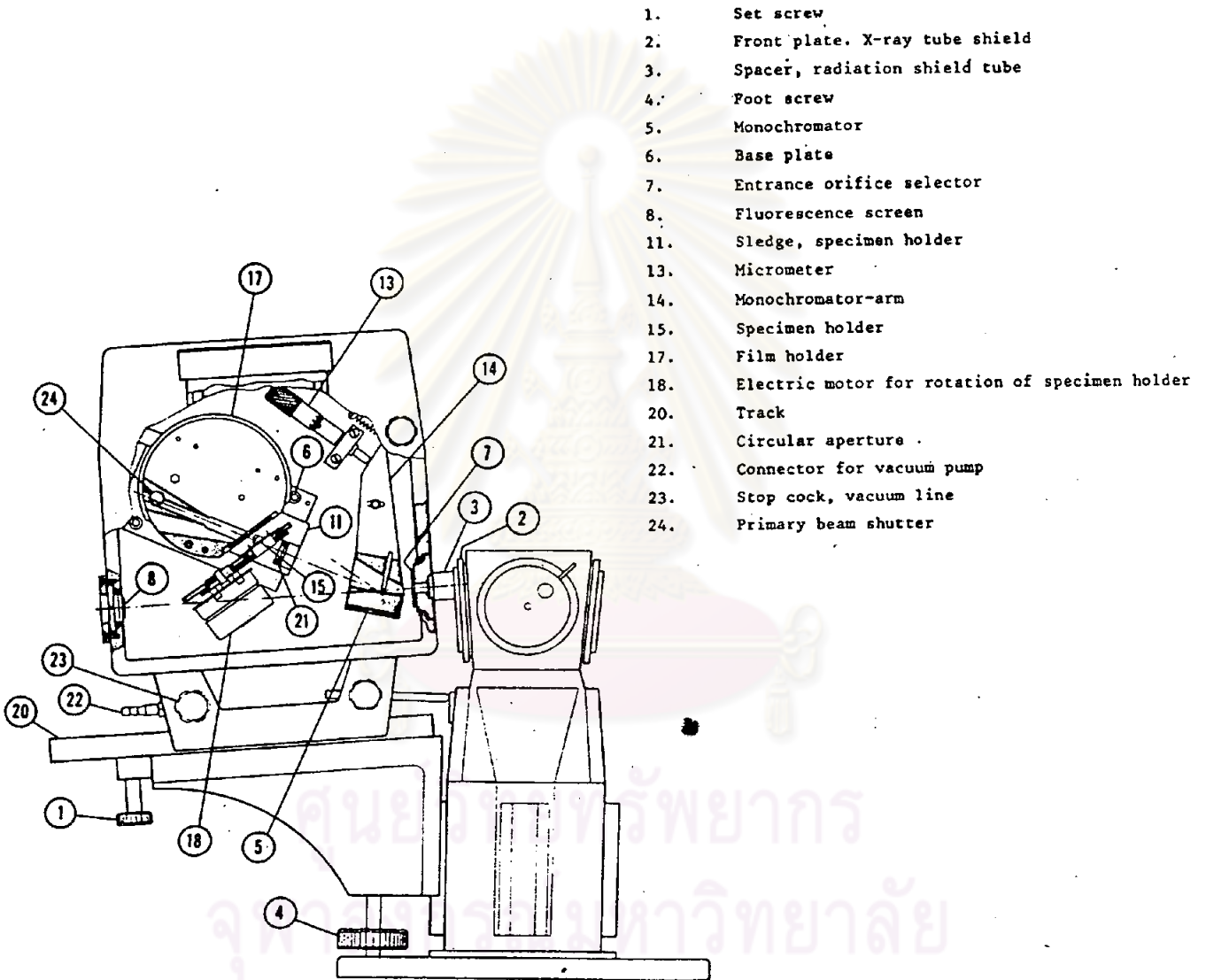
รูปที่ ผ.ก 1 เป็นรูปของแบบของ space group แบบ D_{4h}^{14} หรือ $P4_2/mnm$ (99)

ตารางที่ ผ.ก 1 เป็นรายละเอียดของตำแหน่งอะตอมที่เงื่อนไขต่างๆ (99)

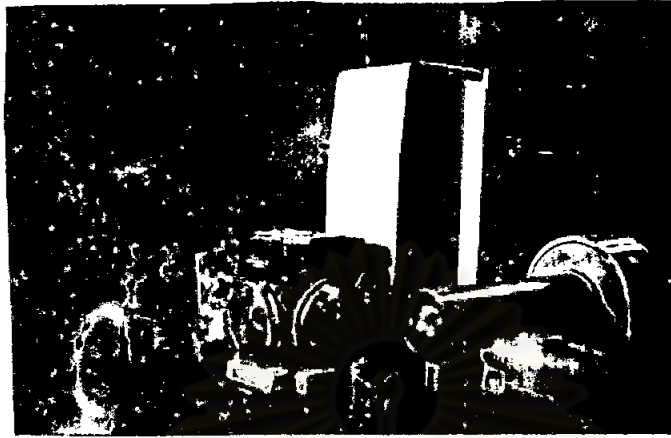
Number of positions, Wyckoff notation, and point symmetry			Co-ordinates of equivalent positions				Conditions limiting possible reflections
							General:
16	<i>k</i>	1	$x, y, z;$ $x, y, \bar{z};$ $y, x, z;$ $y, x, \bar{z};$	$\bar{x}, \bar{y}, z;$ $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z};$ $\bar{y}, \bar{x}, z;$ $\bar{y}, \bar{x}, \bar{z};$	$\frac{1}{2} + x, \frac{1}{2} - y, \frac{1}{2} + z;$ $\frac{1}{2} + x, \frac{1}{2} - y, \frac{1}{2} - z;$ $\frac{1}{2} + y, \frac{1}{2} - x, \frac{1}{2} + z;$ $\frac{1}{2} + y, \frac{1}{2} - x, \frac{1}{2} - z;$	$\frac{1}{2} - x, \frac{1}{2} + y, \frac{1}{2} + z;$ $\frac{1}{2} - x, \frac{1}{2} + y, \frac{1}{2} - z;$ $\frac{1}{2} - y, \frac{1}{2} + x, \frac{1}{2} + z;$ $\frac{1}{2} - y, \frac{1}{2} + x, \frac{1}{2} - z;$	$hkl:$ No conditions $hk0:$ No conditions $0kl:$ $k+l=2n$ $hhl:$ No conditions
8	<i>j</i>	<i>m</i>	$x, x, z;$ $x, x, \bar{z};$	$\bar{x}, \bar{x}, z;$ $\bar{x}, \bar{x}, \bar{z};$	$\frac{1}{2} + x, \frac{1}{2} - x, \frac{1}{2} + z;$ $\frac{1}{2} + x, \frac{1}{2} - x, \frac{1}{2} - z;$	$\frac{1}{2} - x, \frac{1}{2} + x, \frac{1}{2} + z;$ $\frac{1}{2} - x, \frac{1}{2} + x, \frac{1}{2} - z;$	} no extra conditions
8	<i>i</i>	<i>m</i>	$x, y, 0;$ $y, x, 0;$	$\bar{x}, \bar{y}, 0;$ $\bar{y}, \bar{x}, 0;$	$\frac{1}{2} + x, \frac{1}{2} - y, \frac{1}{2};$ $\frac{1}{2} + y, \frac{1}{2} - x, \frac{1}{2};$	$\frac{1}{2} - x, \frac{1}{2} + y, \frac{1}{2};$ $\frac{1}{2} - y, \frac{1}{2} + x, \frac{1}{2};$	
8	<i>h</i>	2	$0, \frac{1}{2}, z;$ $\frac{1}{2}, 0, z;$	$0, \frac{1}{2}, \bar{z};$ $\frac{1}{2}, 0, \bar{z};$	$0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2} + z;$ $\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2} + z;$	$0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2} - z;$ $\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2} - z;$	
4	<i>g</i>	<i>mm</i>	$x, \bar{x}, 0;$	$\bar{x}, x, 0;$	$\frac{1}{2} + x, \frac{1}{2} + x, \frac{1}{2};$	$\frac{1}{2} - x, \frac{1}{2} - x, \frac{1}{2};$	} no extra conditions
4	<i>f</i>	<i>mm</i>	$x, x, 0;$	$\bar{x}, \bar{x}, 0;$	$\frac{1}{2} + x, \frac{1}{2} - x, \frac{1}{2};$	$\frac{1}{2} - x, \frac{1}{2} + x, \frac{1}{2};$	
4	<i>e</i>	<i>mm</i>	$0, 0, z;$	$0, 0, \bar{z};$	$\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2} + z;$	$\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2} - z;$	$hkl:$ $h+k+l=2n$
4	<i>d</i>	$\bar{4}$	$0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2};$	$\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2};$	$0, \frac{1}{2}, \frac{3}{4};$	$\frac{1}{2}, 0, \frac{3}{4};$	} $hkl:$ $h+k=2n; l=2n$
4	<i>c</i>	$2/m$	$0, \frac{1}{2}, 0;$	$\frac{1}{2}, 0, 0;$	$0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2};$	$\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2};$	
2	<i>b</i>	<i>mmm</i>	$0, 0, \frac{1}{2};$	$\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0;$			} $hkl:$ $h+k+l=2n$
2	<i>a</i>	<i>mmm</i>	$0, 0, 0;$	$\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2};$			

ภาคผนวก ข.

การถ่ายภาพรังสีเอกซ์พหุสัจนสารใช้กล้องถ่ายภาพผลึกผง Guinier-Hägg XDC 700 ของ Philips แบบและรูปร่างของกล้องเป็นดังรูปที่ ผ.ข 1a, 1b



รูปที่ ผ.ข 1a เป็นชิ้นส่วนต่างๆของกล้องถ่ายภาพผลึกผง Guinier-Hägg XDC 700



รูปที่ ผ.ข 1b เป็นรูปถ่ายของกล้องเมื่อปิดฝาครอบ

ข้อมูลของกล้องและข้อมูลเบื้องต้นของซิลิกอน⁽¹⁰⁰⁾

เส้นผ่าศูนย์กลางของตัวยึดฟิล์ม (film holder)	100.00	มิลลิเมตร
ค่าคงที่ของกล้อง (camera constant)	0.286000	องศาต่อมิลลิเมตร
มุมของแบรกก์ (Bragg angle)	(0.286000) · (s-S ₀)	องศา
ความยาวคลื่นของทองแดง K _{α1} (CuK _{α1})	0.154051	นาโนเมตร
ความยาวแกน a ของซิลิกอน SRM 640	0.357054	นาโนเมตร

ตารางที่ ผ.ข 1 ข้อมูลของซิลิกอนซึ่งคำนวณจากค่าข้างบนโดยใช้รังสีเอ็กซ์ CuK_{α1}⁽¹⁰⁰⁾

θ (องศา)	(s-S ₀) calc. (มิลลิเมตร)	hkl
14.2215	49.726	111
23.6518	82.699	220
28.0617	98.118	311
34.5656	120.859	400
38.1889	133.528	331
44.0161	153.903	422

ในการถ่ายพิสูจน์สาร นำเอาสารมาดัดให้ละเอียดจากนั้นเอาผลึกผงซิลิกอนมาผสมประมาณ 1 ใน 3 ของสารโดยปริมาตร คนให้สารทั้งสองกระจายสม่ำเสมอจึงเอาสารใส่ในที่ใส่สารตั้งรูปที่ ผ.ข 2 จากนั้นนำที่ใส่สารไปวางตรงตำแหน่งที่ในกล้อง เอาฟิล์มใส่ตรงที่ใส่ฟิล์มแล้วปล่อยให้รังสี เอ็กซ์เข้าไปตรงๆ ประมาณ 2 วินาที จากนั้นดูดอากาศออกจากกล้องจนภายในกล้องเป็นสุญญากาศ ซึ่งมีความดันต่างจากข้างนอก 1 kP/cm^2 จึงเริ่มถ่ายภาพรังสีเอ็กซ์เป็นเวลา $2\frac{1}{2}$ ชั่วโมง แล้ว นำฟิล์มไปล้าง (develop) ตามวิธีการล้างฟิล์มรังสีเอ็กซ์



รูปที่ ผ.ข 2 เป็นภาพถ่ายของที่ใส่สารซึ่งมีสารใส่อยู่



S₀

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ผ.ข 3 เป็นฟิล์มภาพถ่ายของสารซึ่งถ่าย 2 ชั่วโมง 30 นาที

จากนั้นเอาฟิล์มที่ได้ไปวัดค่า S₀ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่รังสีเอ็กซ์เข้ามาตรงๆ และค่า S ของ เส้นแบบต่างๆ ที่เกิดบนฟิล์มเนื่องจากการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์เมื่อผ่านผลึกผงของสาร วัดค่า S-S₀ ได้ดังตารางที่ ผ.ข 2

ตารางที่ ผ.ข 2 เป็นค่า $(S-S_o)_{obs.}$ ซึ่งวัดจากฟิล์ม

$(S-S_o)$ (mm.)	$(S-S_o)$ (mm.)
46.50	108.10
49.80	113.10
59.15	115.25
66.30	120.85
68.00	124.40
82.65	133.45
90.50	137.40
95.65	142.50
98.10	146.25
100.95	153.60

ค่าของ $(S-S_o)_{obs.}$ จากตารางที่ ผ.ข 2 นี้ของซิลิกอนจะมี 6 ค่า ซึ่งใกล้เคียงกับค่าในตารางที่ ผ.ข 1 คือ 49.80, 82.65, 98.10, 120.85, 133.45 และ 153.60 มิลลิเมตร เอาค่า $(S-S_o)_{obs.}$ ทั้งหมดเข้าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้คำนวณหาค่ามุม θ_{hkl} โดยมีหลักการคำนวณหา ดังนี้ คือ จากค่า $(S-S_o)_{obs.}$ และค่า $(S-S_o)_{calc.}$ ของซิลิกอนหาค่า ΔS จาก $\Delta S = (S-S_o)_{calc.} - (S-S_o)_{obs.}$ จากนั้นเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ΔS กับ $(S-S_o)_{obs.}$ จากกราฟอันนี้ค่า $(S-S_o)_{obs.}$ ของสารที่เอามาถ่ายพิสูจน์เอาค่า ΔS บวกเข้าไป ก็จะได้ค่า $(S-S_o)_{cor.}$ ซึ่งค่าอันนี้สามารถหาค่ามุม θ ได้จาก $\theta = (0.286000) \cdot (S-S_o)_{cor.}$ องศา และหาค่าระยะระหว่างระนาบเลี้ยวเบน (d) จาก $d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$ ผลจะเป็นดังตารางที่ ผ.ข 3

ตารางที่ ผ.ข 3 แสดงค่า d ที่ได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์

* SNO2 *		CARD DATE						
COMPUTED*****				TIME=***.***.11	NO PUNCH	NO PLOT	DO MATRIX	
CAL=STAND ST	A= 5.43054	S(0)= 0.00	WAVE LENGTH 1.54051	CUK1 PAD				
CAMERA G9	METHOD S=DIFF	5 CAL POINTS	CORR=FUNCT OF DEGREE 3					
S(OBS)	S=S(0) OBS	S=S(0) CORRECTED	S=S(0) CALC.	CALC- CORR	CALC THETA	K	CALC-OBS	
49.80	49.80	49.784	49.726	-5.80	14.2215	285571	-7.47	
82.65	82.65	82.625	82.699	7.48	23.6518	286166	4.85	
98.10	98.10	98.090	98.118	2.85	28.0617	286052	1.78	
120.85	120.85	120.905	120.859	-4.46	34.5657	286021	0.90	
133.45	133.45	133.568	133.528	-3.95	38.1889	286166	7.76	
153.60	153.60	153.871	153.903	3.18	44.0161	285563	30.23	
S(OBS)	S-S(0)	DELTA	K	D (A)	THETA	WI INT	SINSQ	NR
46.50	46.50	-1.4	285914	3.3494	13.2950	1.00	0.05298	1
59.15	59.15	-2.2	285892	2.6480	16.9105	1.00	0.08461	2
66.30	66.30	-2.6	285889	2.3714	18.9544	1.00	0.10551	3
68.00	68.00	-2.6	285889	2.2143	19.4405	1.00	0.11077	4
90.50	90.50	-2.0	285936	1.7648	25.3772	1.00	0.19048	5
95.65	95.65	-1.4	285958	1.6765	27.3519	1.00	0.21110	6
100.95	100.95	-0.5	285985	1.5953	28.8702	1.00	0.23312	7
108.10	108.10	1.1	286029	1.4990	30.9197	1.00	0.26403	8
113.10	113.10	2.6	286064	1.4393	32.3539	1.00	0.28638	9
115.25	115.25	3.3	286081	1.4154	32.9709	1.00	0.29617	10
124.40	124.40	7.0	286169	1.3232	35.5983	1.00	0.33884	11
137.40	137.40	14.2	286296	1.2151	39.3371	1.00	0.40181	12
142.55	142.55	17.3	286357	1.1733	40.8203	1.00	0.42731	13
146.25	146.25	20.7	286404	1.1537	41.9867	1.00	0.44577	14

นำค่า d ที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่า d ของตึกออกไซด์มาตรฐาน ซึ่งเป็นที่ยอมรับกัน และตรวจดูเปรียบเทียบความเข้มของเส้นแบบกับความเข้มจากตาราง ผ.ข 4 ด้วย ตารางที่ ผ.ข 4 เป็นค่าต่างๆ ของตึกออกไซด์จาก ASTM (101)

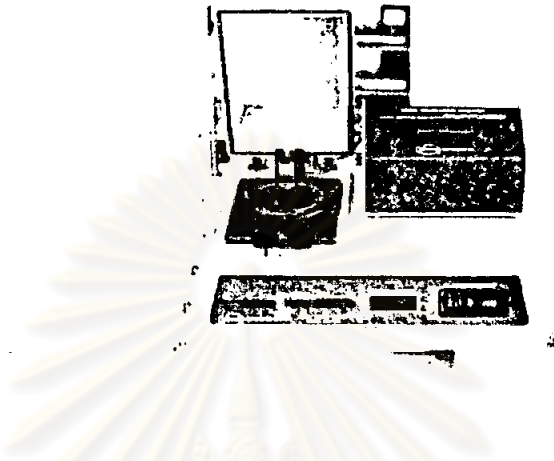
d	3.35	2.54	1.77	3.351	TiO_2
hkl	100	011	010	100	Iron Oxide (GASPERITE)
Red. Cr_2O_3	A 1.5405	Fuller Ni			
Dia.	Cut off	Coll.			
hkl , DIFFRACTOMETER	d core, Å	d core, Å			
Ref. SWANSON AND LARGE, 1935 CIRCULAR 539 YUL 51 (1935)					
Sys. TETRAGONAL	S.G. D_{4h}	P_4/mm			
$a = 4.738$	$c = 3.180$	A	C 0.673		
β	Y	Z 2			
Ref. Intd.					
h	k	l	Sign		
2V	D_{50} 995 mp	Color			
Ref. Intd.					
SAMPLE FROM JOHNSON, MATNEY AND CO., LTD.					
SPECT. ANAL. SHOWS NO LINES FOR IMPURITIES					
STRONGER THAN FAINTLY VISIBLE					
X-RAY PATTERN TAKEN AT 26°C.					
TO REPLACE 1-0625, 1-0657, 2-1337, 2-1340, 3-0439,					
3-1114, 3-1116					
d Å	hkl	hkl	d Å	hkl	hkl
3.351	100	110	0.2505	0	402
2.544	011	101	0.2291	3	310
2.369	211	200	0.2143	3	332
2.309	5	111	0.2003	0	501
2.120	2	210	0.1819	7	422
1.765	63	211	0.1614	6	103
1.675	63	220	0.1470	6	521
1.593	0	002	0.1325	1	140
1.499	13	310	0.1261	4	323
1.439	17	112	0.1123	2	530
1.415	15	301	0.1026	6	512
1.322	7	202			
1.215	11	321			
1.194	0	400			
1.155	0	222			
1.137	3	330			
1.092	0	312			
1.081	0	411			
1.059	3	420			
1.036	4	103			

จากค่า d_{hkl} และความเข้มของเส้นแบบของสารเทียบกับของตึกออกไซด์ของ ASTM สรุปได้ว่าสารที่ตรวจสอบอยู่เป็นตึกออกไซด์

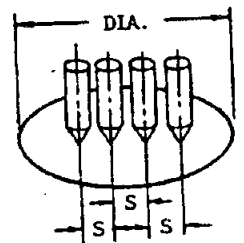
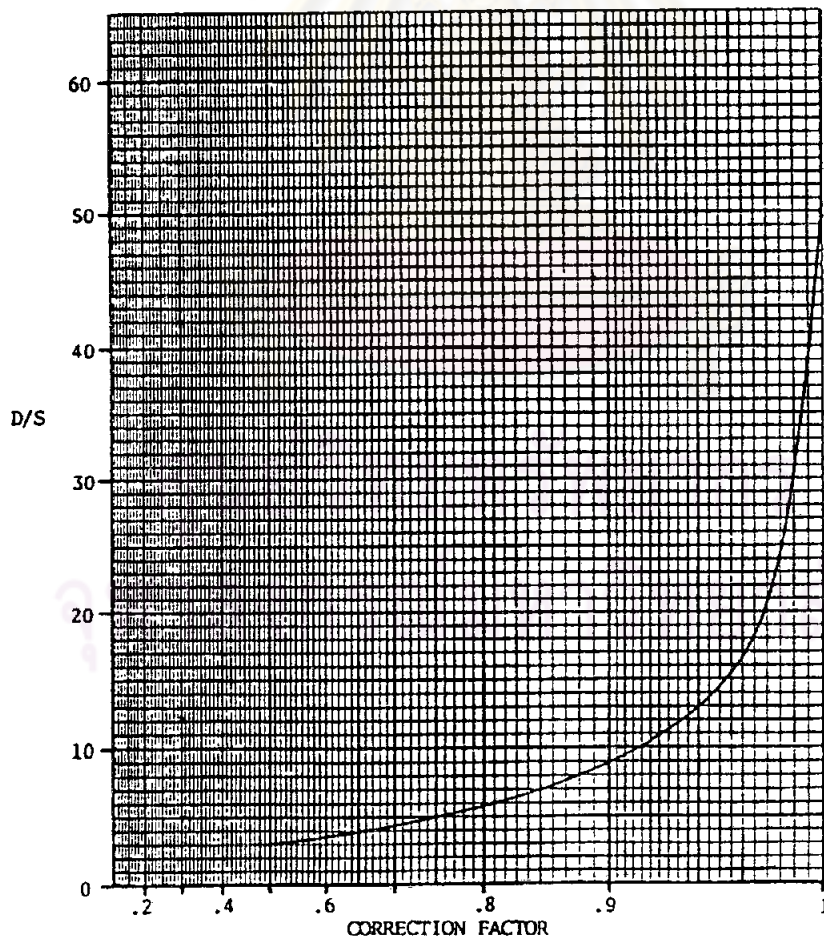
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

เครื่อง four point probe

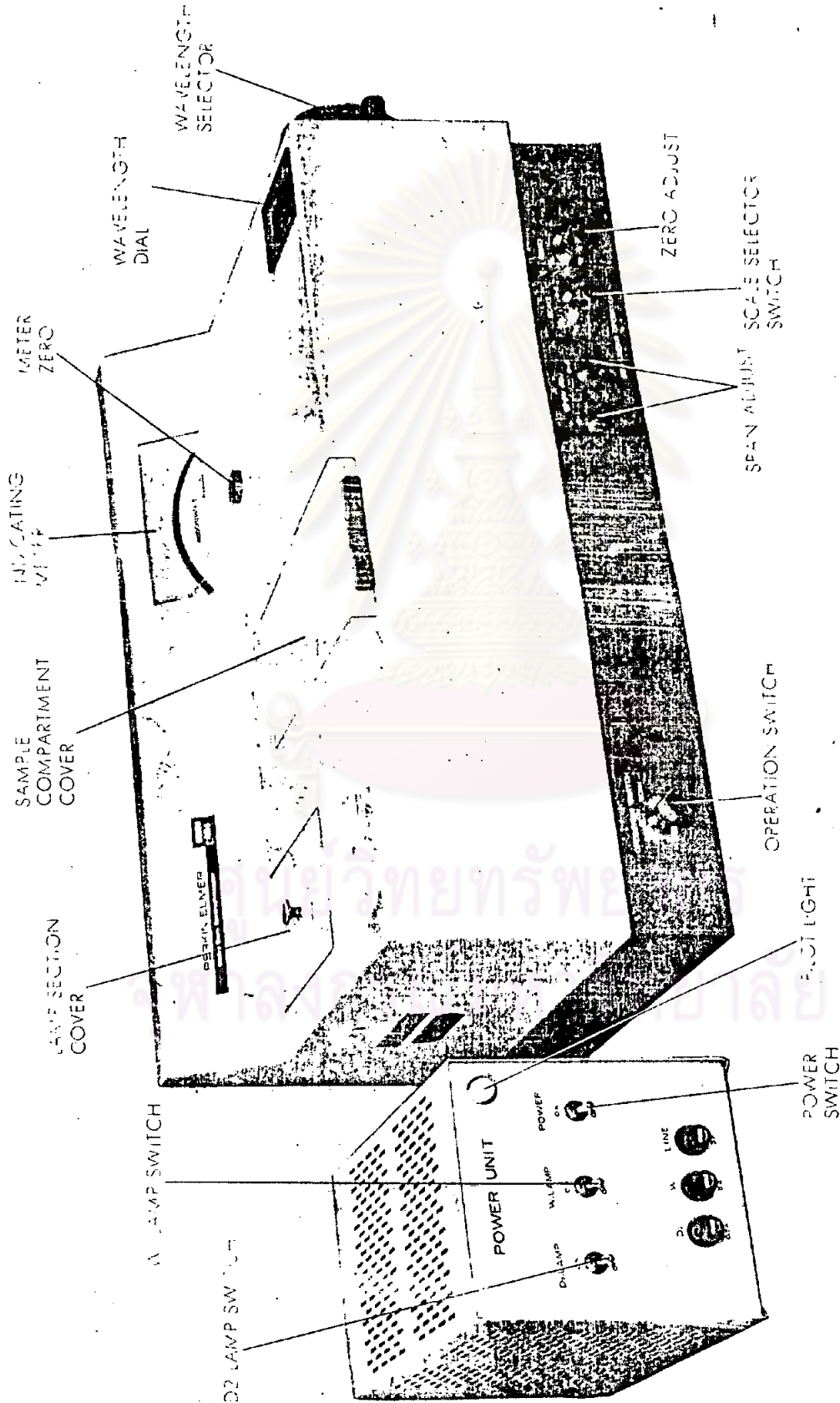


รูปที่ ผ.ค 1 เป็นภาพถ่ายของเครื่อง four point probe Veeco model FPP-100

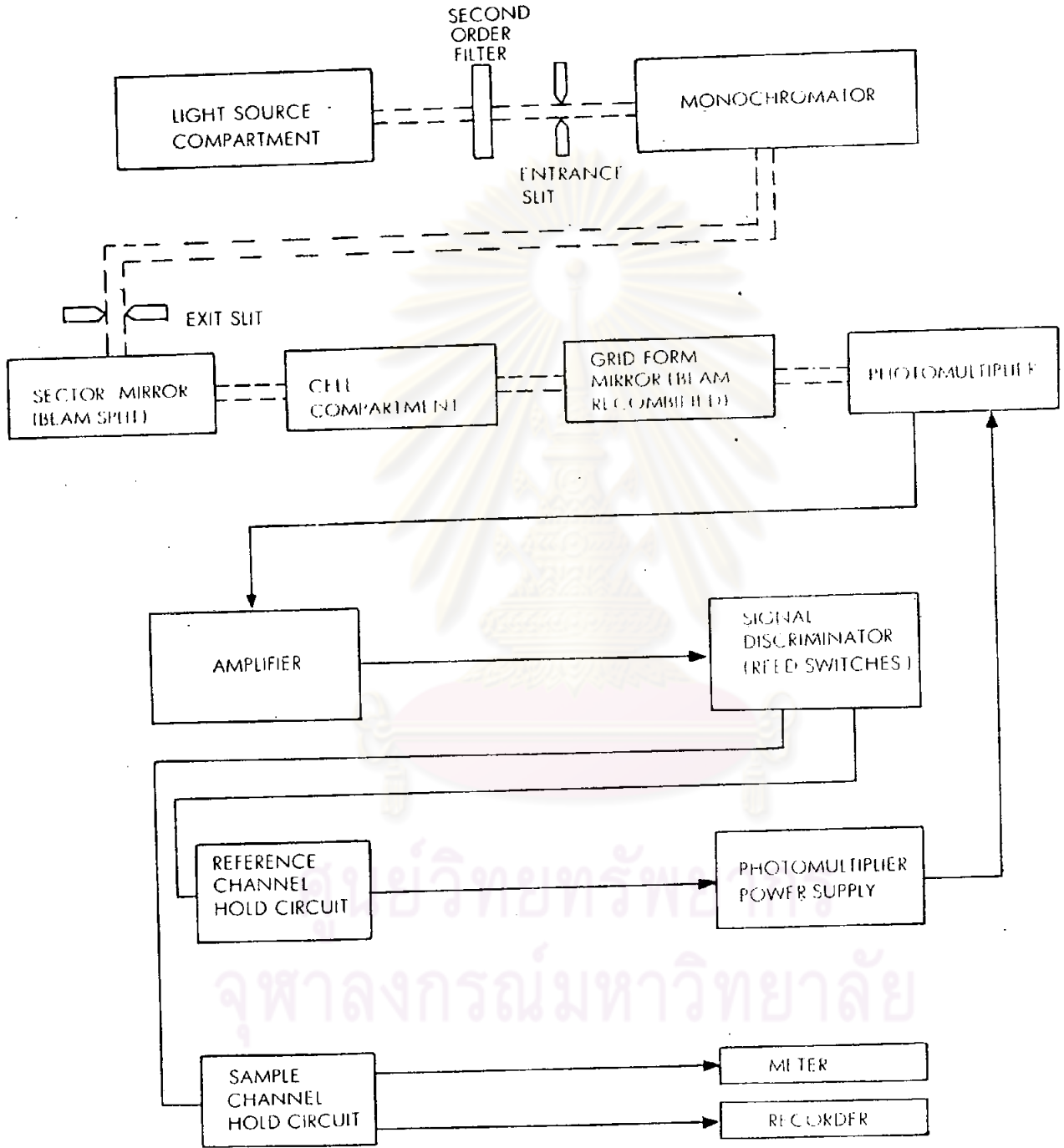


รูปที่ ผ.ค 2 เป็นรูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแก้ทางรูปทรง (Geometrical correction) กับค่า D/S ของแวนผลิก (102)

เครื่อง Double beam spectrometer



รูปที่ ผ.ง 1 เป็นภาพถ่ายของเครื่อง Double beam spectrometer Perkin-Elmer model 124 (103)



รูปที่ ผ.ง 2 เป็นแผนภาพเบื้องต้นของเครื่อง (103)

ภาคผนวก จ.

ภาพเครื่องมือที่ใช้วัดการสะท้อนของแสง และการตอบสนองของเซลล์



รูปที่ ผ.จ 1 เป็นเครื่องมือวัดการสะท้อนแสง ซึ่งประกอบด้วย

- 1) หลอดทังสเตน
- 2) แว่นผลึกที่มีและไม่มีชั้นกันการสะท้อน
- 3) ตัวตัดแสง
- 4) เครื่องมือแยกความถี่แสง (monochrometer) (104)
- 5) หลอดขยายสัญญาณแสง (photomultiplier) (105)
- 6) เครื่องขยายสัญญาณตามเฟส (Lock-in amplifier) (106)
- 7) ตัวจ่ายกำลังไฟฟ้าให้หลอดขยายสัญญาณแสง
- 8) ตัวควบคุมการ เปลี่ยนความถี่ของ เครื่องมือแยกความถี่แสง



รูปที่ ผ.จ 2 เป็นเครื่องมือวัดการตอบสนองต่อแสงของเซลล์แสงอาทิตย์
ซึ่งประกอบด้วย

- 1) หลอดทังสเตน
- 2) ตัวตัดแสง (light chopper)
- 3) เครื่องมือแยกความถี่แสง (monochrometer) (104)
- 4) ที่ยึดเซลล์แสงอาทิตย์
- 5) เครื่องขยายสัญญาณตามเฟส (Lock-in amplifier) (106)
- 6) เซลล์แสงอาทิตย์

ภาคผนวก ฉ.

การทำความสะอาดแว่นผลึกขั้นสุดท้าย (final cleaning)

เอาแว่นผลึกซิลิกอนมาทำความสะอาดตามขั้นตอนต่อไปนี้

Trichloroethylene สั่นด้วยเครื่องสั่น Ultrasonic	15	นาที
Acetone สั่นด้วยเครื่องสั่น Ultrasonic	15	"
Trichloroethylene เดือด	5	"
Acetone เดือด	10	"
น้ำ DI เดือด	5	"
เป่าแว่นผลึกให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน		
HNO ₃ (conc.) เดือด	10	"
น้ำ DI เดือด	5	"
เป่าแว่นผลึกให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน		
HF 50 %	2	"
น้ำ DI เดือด	5	"
เป่าแว่นผลึกให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติ

นายสุรพล ศรีแก้ว เกิดเมื่อวันที่ 26 กรกฎาคม พ.ศ. 2499 ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี (ฟิสิกส์) จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2521 เข้าศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา เมื่อ พ.ศ. 2522 ในขณะที่ศึกษาได้มีโอกาสเสนอผลงานทางด้านวิชาการ ในการประชุมวิชาการเรื่อง วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาชนบท ณ มหาวิทยาลัยมหิดล ระหว่างวันที่ 16-17 ธันวาคม พ.ศ. 2523 ในการประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 4 ของภาควิชาชีพวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันอุดมศึกษา ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าวิทยาเขตเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างวันที่ 27-28 สิงหาคม พ.ศ. 2524 และในการประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 5 ของภาควิชาชีพวิศวกรรมไฟฟ้า ณ สถาบันอุดมศึกษา ณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 2-3 พฤศจิกายน พ.ศ. 2525 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ ได้รับทุนจากโครงการผลิตและพัฒนาอาจารย์ในปี พ.ศ. 2522-2524



ศูนย์วิทยพัชการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย