



รายการอ้างอิง

- Alena Ashkin. Formation of Silicon Nitride Based Materials by Nitridation and Sintering. Doctoral Thesis, Lulea University of Technology, 1995.
- Alena Bartek et.al. Yttrium α -Sialon Ceramics by Hot Isostatic Pressing and Post-Hot Isostatic Pressing. J. Am. Ceram. Soc. 75(1992) : 432-439.
- American Society for Testing and Material (ASTM). Standard Test Method for Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity for Fired Whiteware Products, ASTM C 373, ASTM : NewYork, 1991.
- Artz, E., Ashby, M.F., and Easterling, K.E. Practical Applications of Hot-Isostatic Pressing Diagrams : Four Case Studies. Metall. Trans. A. , 14(1983) : 211-218.
- Crum, A. Control of the Environment within a HIP, Proceedings of 4 th International Conference on Isostatic Pressing, pp. 33.1-33.9. England : MPR Publishing Services Ltd., 1990.
- Dong-Duk Lee, Suk-Joong L. Kang, Gunter Petzow, and Duk N. Yoon. Effect of α to β (β') Phase Transition on the Sintering of Silicon Nitride Ceramics. J. Am. Ceram. Soc., 73(1990) : 767-769.
- Farnjeng Lee, and Keith J. Bowman. Texture and Anisotropy in Silicon Nitride. J. Am. Ceram. Soc., 75(1992) : 1748-1755.
- Giuseppe Pezzotti. Mechanical Properties of HIPed Si_3N_4 . Journal of the Ceramic Society of Japan. 101(1993) : 858-864.
- Hans-Joe Chim Kleebe, et al. Statistical Analysis of the Intergranular Film Thickness in Silicon Nitride Ceramic. J. Am. Ceram. Soc. 76(1993) : 1969-1977.
- Helle, A. S., Easterling, K. E., and Ashby, M. F. Hot Isostatic Pressing Diagrams : New Developments. Acta. Metall. 33(1985) : 2163-2174.
- Hirosaki, N., Akimune, Y., and Mitomo, M. Effect of Grain Growth of β -Silicon Nitride on Strength, Weibull Modulus and Fracture Toughness. J. Am. Ceram. Soc. 76 (1993) : 1892-1894.

- Isao Tanaka, et.al. Impurity Enhanced Intergranular Cavity Formation in Silicon Nitride at High Temperatures. J. Am. Ceram. Soc., 74(1991) : 752-759.
- _____, Giuseppe Pezzotti, Taira Okamoto, and Yoshinari Miyama. Hot Isostatic Press Sintering and Properties of Silicon Nitride without Additives. J. Am. Ceram. Soc. 72(1989) : 1656-1660.
- _____. Calcium Concentration Dependence of the Intergranular Film Thickness in Silicon Nitride. J. Am. Ceram. Soc. 77(1994) : 911-914.
- Jan Adlerborn, and Hans Larker. Method of Manufacturing an Object of Silicon Nitride. United States Patent. Patent Number : 4.112.143 , 1978.
- _____, Method of Manufacturing an Object of Powdered Material by Isostatic Pressing. United States Patent. Patent Number : 4.717.535 , 1988.
- Japanese Industrial Standards (JIS). Method of Vickers Hardness Test, JIS Z 2444 , 1990
- _____, Testing Methods for Fracture Toughness of High Performance Ceramics, JIS R 1607 , 1990.
- Jeffrey T. Neil, and Acton. Hot Isostatic Pressing. United States Patent. Patent Number : 4.952.353 , 1990.
- Joseph M. Wright. Carbon/Boron Nitride Release Coating. United States Patent. Patent Number : 4.987.105 , 1991.
- _____. Encapsulation Method for Hot Isostatic pressing. United States Patent. Patent Number : 4.960.550 , 1990.
- Kamiya, H., Isomura, K., Jimbo, G., Hotta, T., and Tsubaki, J. Influence of Powder Properties and Green Microstructure on the Behavior of Si_3N_4 . Journal of the Ceramic Society of Japan. 101(1992) : 277-282.
- Koizumi, M., and Nishihara, M. Isostatic Pressing Technology and Applications. Translated by IP Center, Kobe Steel Ltd. Japan : Nikkan Kogyo Shimbun, 1987.
- Linda C. Zarnon, and Robin A. L. Drew. Dispersion Methods of Ytria in Silicon Nitride by Communication. J. Am. Ceram. Soc. 72(1989) : 495-498.
- Malgham, S.G., Characterization of Ceramic powders, Metal Handbook, ninth edition, vol. 7, American Society for Metals: New York.

- Mamoru Mitomo, and Satoshi Uenosono. Microstructural development During Gas-Pressure Sintering of α -Silicon Nitride. J. Am. Ceram. Soc. 75(1992) : 103-108.
- McColm, I.J. Ceramic Hardness. New York : Plenum Press, 1990.
- Messier, D.R., Riley, F.L., and Brook, R.J. The α/β silicon nitride phase transformation. Journal of Materials Science, 13(1978) : 1199-1205.
- Montgomery, C. Douglas. Design and Analysis of Experiments, third edition, John Wiley&Sons : New York (1991)
- Natansohn, S., pasto, A.E., and Rourke, W.J. Effect of Powder Surface Modifications on the Properties of Silicon Nitride Ceramics. J. Am. Ceram. Soc. 76(1993) : 2273-2284.
- Niihara, K., Morena, R., and Hasselman, D.P.H. Further Reply to "Comment on 'Elastic/Plastic indentation Damage in Ceramics : The Median/Radial Crack System'". J. Am. Ceram. Soc. ,(1982) : C-116.
- Peter, E. price, and Steven, P.Kohler. Powder Metallurgy, Metals Handbook, ninth edition, volume 7. American Society for Metals : New York.
- Pugh, M.D., and Drew, R.A.L. Fabrication of Si_3N_4 Valve Discs, Proceeding of the Metallurgical Society of the Canadian Institute of Mining and Metallurgy, pp. 139-148.
- Pyzik, A.J., and Carroll, D.F. Technology of Self Reinforced Silicon Nitride. In R.J. Argenault (ed.), Annual Review of Materials Science : Keynote topic Structural Materials, pp. 189-214. New York , 1994.
- Reed, J.S. Introduction to the Principles of Ceramic Processing. John Wiley and Sons : New York, 1988.
- Richard, L. Reaction Sintering and Properties of Silicon Oxynitride Densified by Hot Isostatic Pressing. J. Am. Ceram. Soc. 75(1992) : 62-66.
- Ridha Berriche, and Richard T. Holt. Effect of Load on the Hardness of Hot Isostatically Pressed Silicon Nitride. J. Am. Ceram. Soc. 76(1993) : 1602-1603.
- Robert W. Wolfe, and Dale E. Wittmer. Silicon Nitride Based Cutting Tool. United States Patent. Patent Number : 4.607.017 , 1986.
- Roosen, A. Basic Requirements for Tape Casting of Ceramic Powders, Ceramic Powder Science. The American Ceramic Society : New York, 1989.

- Russell L., Yeckley, and Oakham. Silicon Nitride with Improved High Temperature Strength. United States Patent. Patent Number : 4.904.624 , 1990.
- Sang, S. Kim., and Sunggi Baik. Hot Isostatic Pressing of Sintered Silicon Nitride. J. Am. Ceram. Soc. 74(1991) : 1735-1738.
- Sano, S., Ohshima, K., Oda, K., and Shibasaki, Y. Slip Casting of Silicon Nitride and Mechanical Properties of Sintered Body (Part 4) : Compositions of Sintering Additives and Sintering Conditions. Journal of the Ceramic Society of Japan. 101(1993) : 916-919.
- Schwartz, M. Mel. Handbook of Structural Ceramics. New York : McGraw-Hill, Inc., 1992.
- Swinkels, F. B., and Ashby, M.F. Overview II : A Second Report on Sintering Diagrams. Acta. Metall. 29(1981) : 259-281.
- _____, F. B., Wilkinson, D. S., Arzt, E., and Ashby, M.R. Mechanisms of Hot-Isostatic Pressing. Acta. Metall. 31(1983) : 1829-1840.
- Terkel Rosenquist. Principle of Extractive Metallurgy, second edition, McGraw-Hill Book Company : New York , 1983.
- Thoma M. Shaw. Model for the Effect of Powder Packing on the Driving Force for Liquid-Phase Sintering. J. Am. Ceram. Soc. 76(1993) : 664-670.
- Zeng, J., Tanaka, I., Miyamoto, Y., Yamada, O., and Niihara, K. Densification and Microstructural Development of Silicon Nitride-Silica During Hot Isostatic Pressing. J. Am. Ceram. Soc. 75(1992) : 148-152.
- _____, Yamada, O., Tanaka, I., and Miyamoto, Y. Hot Isostatic Pressing and High-Temperature Strength of Silicon Nitride-Silica Ceramics. J. Am. Ceram. Soc. 73 (1990) : 1095-1097.
- Ziegler, G., Heinrich, J., and Wotting, G. Review Relationships between processing, microstructure and properties of dense and reaction-bonded silicon nitride. Journal of Materials Science. 22(1987) : 3041-3086.
- Zutshi, A. et al. Processing, Microstructure, and Wear behavior of Silicon Nitride Hot-Pressed with Alumina and Ytria. J. Am. Ceram. Soc. 77(1994) : 883-890.



ภาคผนวก ก.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก. 1 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนและไนโตรเจนของ
ชิลิคอนไนไตรด์

ธาตุ	ค่าที่วัดได้ (ร้อยละ)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
O	0.7115	0.7222	0.7480	0.7248
N	3.240	2.598	2.054	2.631

ตารางที่ ก. 2 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนและไนโตรเจนของชิ้น
ตัวอย่างที่ผ่านการแคลไซน์แล้ว

ธาตุ	ค่าที่วัดได้ (ร้อยละ)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
O	1.470	1.574	1.665	1.570
N	1.724	2.061	2.133	1.973

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก. 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอโซสแตติกที่ใช้อัดขึ้นรูป กับ ความหนาแน่นที่วัดได้ของชิ้นงานกรีน

ความดัน (เมกกะปาสคาล)	เวลา (นาที)	ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)			ความหนาแน่น ทางทฤษฎี (ร้อยละ)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	จำนวน ตัวอย่าง
		ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด			
180	5	1.8648	1.8223	1.8895	56.89	0.0261	7
200	5	1.9097	1.8778	1.9414	58.26	0.0205	7
220	3	1.9120	1.8768	1.9469	58.33	0.0244	6
250	3	1.9242	1.8990	1.9460	58.71	0.0157	7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

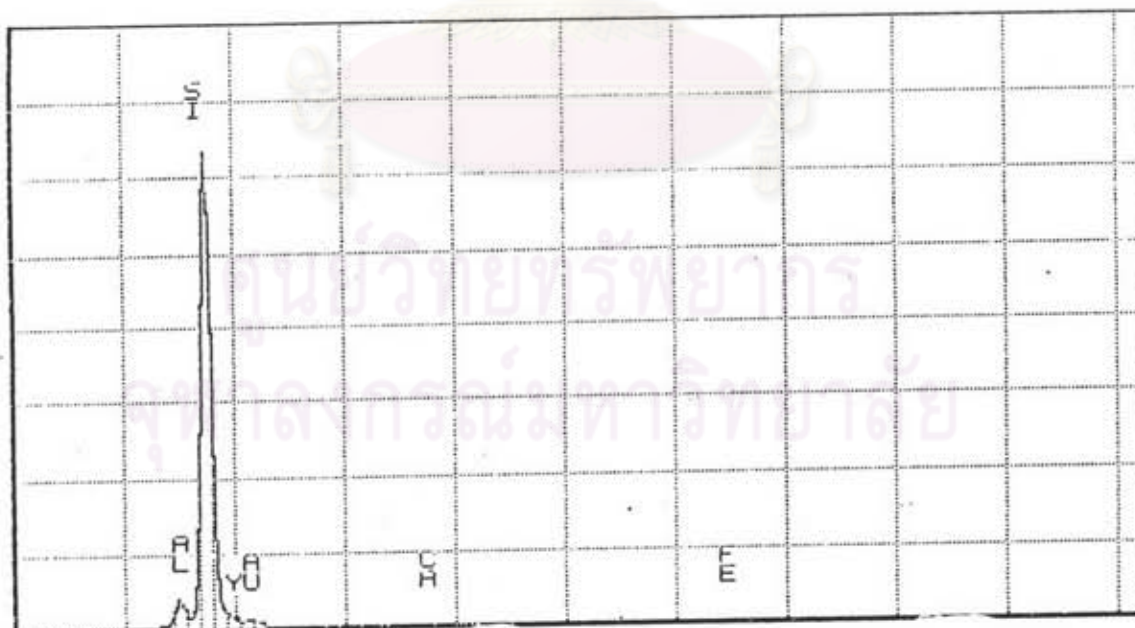
ตารางที่ ก. 4 แสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและมิติของชิ้นงานภายหลังการเคลือบเนชัน

	ค่าที่วัดได้ (ร้อยละ)			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนตัวอย่าง
	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด		
การสูญเสียน้ำหนัก					
- ก่อนการเคลือบ	4.54	4.04	5.37	0.408	7
- หลังการเคลือบ	1.00	0.79	1.26	0.137	13
การหดตัวหลังการเคลือบ					
- แนวนวรัศมี	0.30	0.05	0.60	0.211	13
- ความสูง	0.57	0.00	1.14	0.413	13

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก. 5 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ซิลิคอน
ไนไตรด์ที่ผ่านการ HIP ด้วย Energy Dispersive X-ray
Spectroscopy (EDX)

ธาตุ	ค่าที่วัดได้ (เปอร์เซ็นต์)					ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
Si	91.22	92.85	91.98	92.55	91.90	92.10
Al	4.2	3.54	3.47	3.89	5.08	4.06
Y	3.76	3.16	3.89	3.02	2.65	3.30
Fe	0.27	0.46	0.24	0.36	0.24	0.31
Ca	0.43	0	0.42	0.42	0.12	0.29



รูปที่ ก.1 แสดงพีครูปแบบผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ซิลิคอนไนไตรด์

ตารางที่ ก. 6 แสดงการหดตัวของผลิตภัณฑ์ภายหลังการ HIP

สภาวะการทดลอง			การหดตัว (ร้อยละ)		แฟคเตอร์ การหดตัวเชิงเส้น
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความดัน (เมกะปาสคาล)	เวลา (ชั่วโมง)	แนวรัศมี	ความสูง	
1550	160	2	11.24	15.33	0.8529
1650	160	2	12.71	16.13	0.8413
1750	140	1	14.89	20.96	0.8315
1750	140	2	14.58	18.72	0.8385
1750	160	0.5	14.33	18.94	0.8441
1750	160	1	14.43	17.98	0.8335
1750	160	2	15.37	19.01	0.8362
1850	140	1	14.79	18.89	0.8400
1850	140	2	14.74	19.03	0.8340
1850	160	1	14.65	18.97	0.8381
1850	160	2	14.12	18.76	0.8414

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก. 7 แสดงข้อมูลความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์

สภาวะการทดลอง			ความหนาแน่นก่อน HIP		ความหนาแน่นหลัง HIP	
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความดัน (เมกะปาสคาล)	เวลา (ชั่วโมง)	กรัม/ลบ.ซม.	ร้อยละ	กรัม/ลบ.ซม.	ร้อยละ
1550	160	2	1.8926	57.74	3.0509	93.07
1650	160	2	1.8667	56.95	3.1353	95.65
1750	140	1	1.8527	56.52	3.2232	98.33
1750	140	2	1.9005	57.98	3.2241	98.36
1750	160	0.5	1.9410	59.21	3.2271	98.45
1750	160	1	1.8625	56.82	3.2166	98.13
1750	160	2	1.8880	57.60	3.2285	98.49
1850	140	1	1.9128	58.35	3.2268	98.44
1850	140	2	1.8735	57.15	3.2298	98.53
1850	160	1	1.9011	58.00	3.2292	98.51
1850	160	2	1.9234	58.68	3.2289	98.50

หมายเหตุ : ความหนาแน่นทางทฤษฎี เท่ากับ 3.2780 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก. 8 แสดงข้อมูลการวัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์

สภาวะการทดลอง			ความแข็ง Knoop (GPa)			ความแข็ง HV10 (GPa)		
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความดัน (เมกกะปาสคาล)	เวลา (ชั่วโมง)	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด
1550	160	2	10.04	9.90	10.23	10.72	10.49	11.39
1650	160	2	12.30	12.02	12.60	14.04	13.81	14.25
1750	140	1	13.23	13.06	13.63	15.19	14.98	15.39
1750	140	2	14.48	14.21	14.82	16.64	16.34	16.90
1750	160	0.5	12.90	12.45	13.31	15.47	15.21	15.68
1750	160	1	13.57	13.39	13.81	16.42	16.13	16.87
1750	160	2	14.73	13.72	15.16	16.96	16.57	17.23
1850	140	1	14.27	13.81	14.49	16.17	15.82	16.44
1850	140	2	14.30	14.19	14.35	15.88	15.48	16.38
1850	160	1	13.63	13.06	14.07	15.78	15.36	16.10
1850	160	2	13.49	12.99	13.97	16.30	16.05	16.58

หมายเหตุ : ทดสอบซ้ำ จำนวน 5 ครั้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก. 9 แสดงค่า Young's modulus และ Fracture toughness
ของผลิตภัณฑ์

สภาวะการทดลอง			Young's modulus (E) GPa	Fracture toughness(K_C) $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความดัน (เมกะปาสคาล)	เวลา (ชั่วโมง)		
1550	160	2	119	4.3
1650	160	2	187	6.0
1750	140	1	212	7.9
1750	140	2	296	6.7
1750	160	0.5	293	7.4
1750	160	1	239	7.2
1750	160	2	281	7.4
1850	140	1	298	7.4
1850	140	2	329	8.0
1850	160	1	307	7.5
1850	160	2	234	9.1

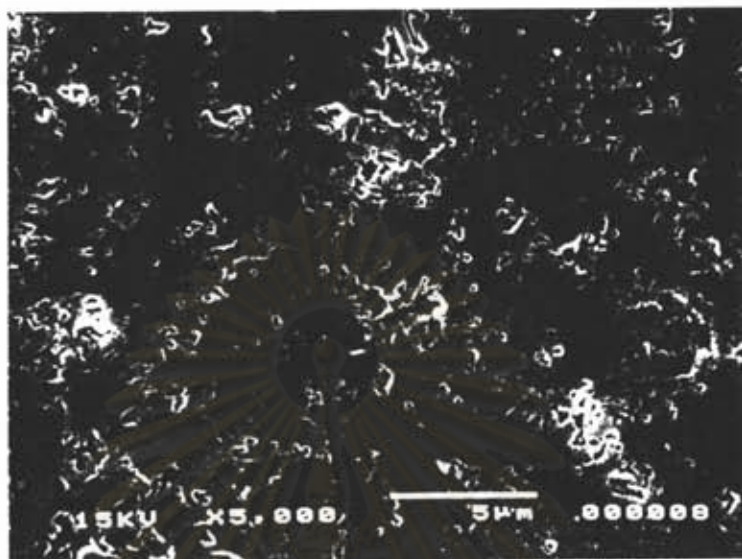
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก. 10 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์สมบัติด้านความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์
ซิลิคอนไนไตรด์ เซิงสถิติ L_8

Basic Indication	a	b	a b	c	a c	b c	a b c	
Column (i)								
Experiment No.	1	2	3	4	5	6	7	x
1	1	1	1	1	1	1	1	3.2232
2	1	1	1	2	2	2	2	3.2241
3	1	2	2	1	1	2	2	3.2166
4	1	2	2	2	2	1	1	3.2285
5	2	1	2	1	2	1	2	3.2268
6	2	1	2	2	1	2	1	3.2298
7	2	2	1	1	2	2	1	3.2292
8	2	2	1	2	1	1	2	3.2289
Plotting	A	B	e	C	AxC	e	AxBxC	T = 25.8071
$X_1 = \sum x_i$ (Note)	12.8924	12.9039	12.9054	12.8958	12.8985	12.9074	12.9107	Note) x indicates
$2X_1$	25.7848	25.8078	25.8108	25.7916	25.7970	25.8148	25.8214	data at one level
$T-2X_1$	0.0223	-0.0007	-0.0037	0.0155	0.0101	-0.0077	-0.0143	F(1,2,0.05)=18.5
$(T-2X_1)^2$	4.9729×10^{-4}	4.9×10^{-7}	1.369×10^{-6}	2.4025×10^{-4}	1.0201×10^{-4}	5.929×10^{-6}	2.0449×10^{-4}	F(1,2,0.01)=98.5
$S = 1/8 (T-2X_1)^2$	0.6216×10^{-4}	0.6125×10^{-7}	0.1711×10^{-6}	0.3003×10^{-4}	0.1275×10^{-4}	0.674×10^{-6}	0.2556×10^{-4}	$S_T = 1.3969 \times 10^{-4}$
Factor	A	B	e	C	AxC	e	AxBxC	Error
S	0.6216×10^{-4}	0.6125×10^{-7}		0.3003×10^{-4}	0.1275×10^{-4}		0.2556×10^{-4}	$S_e = 0.2385 \times 10^{-5}$
ϕ	1	1		1	1		1	$\phi_e = 2$
$V = S/\phi$	0.6216×10^{-4}	0.6125×10^{-7}		0.3003×10^{-4}	0.1275×10^{-4}		0.2556×10^{-4}	$S_e = 0.1193 \times 10^{-5}$
$F = V/V_e$	52.13	0.051		25.18	10.69		21.43	-
$Q = (S-\phi V_e)/S_T$	43.64	0.81		20.64	8.27		17.44	$Q_e = 9.20$

ตารางที่ ก. 11 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์สมบัติด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์
ซิลิคอนไนไตรต์ เซิงสถิติ L_8

Basic Indication	a	b	a b	c	a c	b c	a b c	
Column (i)								
Experiment No.	1	2	3	4	5	6	7	x
1	1	1	1	1	1	1	1	15.19
2	1	1	1	2	2	2	2	16.64
3	1	2	2	1	1	2	2	16.42
4	1	2	2	2	2	1	1	16.96
5	2	1	2	1	2	1	2	16.17
6	2	1	2	2	1	2	1	15.88
7	2	2	1	1	2	2	1	15.78
8	2	2	1	2	1	1	2	16.30
Plotting	A	B	AxB	C	AxC	BxC	AxBxC	T = 129.34
$X_T = \sum x_i$ (Note)	65.21	63.88	63.91	63.56	63.79	64.62	63.81	Note) x indicates
$2X_T$	130.42	127.76	127.82	127.12	127.58	129.24	127.62	data at one level
$T-2X_T$	-1.08	1.58	1.52	2.22	1.76	1.0	1.72	F(1,2,0.05)=161.4
$(T-2X_T)^2$	1.1664	2.4964	2.3104	4.9284	3.0976	0.0100	2.9584	F(1,2,0.01)=4052
$S = 1/8 (T-2X_T)^2$	0.1458	0.3121	0.2888	0.6161	0.3872	0.0013	0.3698	$S_T = 2.12095$
Factor	A	B	AxB	C	AxC	e	AxBxC	Error
S	0.1458	0.3121	0.2888	0.6161	0.3872		0.3698	$S_e = 0.00125$
ϕ	1	1	1	1	1		1	$\phi_e = 1$
$V = S/\phi$	0.1458	0.3121	0.2888	0.6161	0.3872		0.3698	$S_e = 0.00125$
$F = V/V_e$	116.64	249.64	231.04	492.84	309.76		295.84	-
$Q = (S-\phi V_e)/S_T$	6.81	14.65	13.56	28.99	18.20		17.38	$Q_e = 0.41$

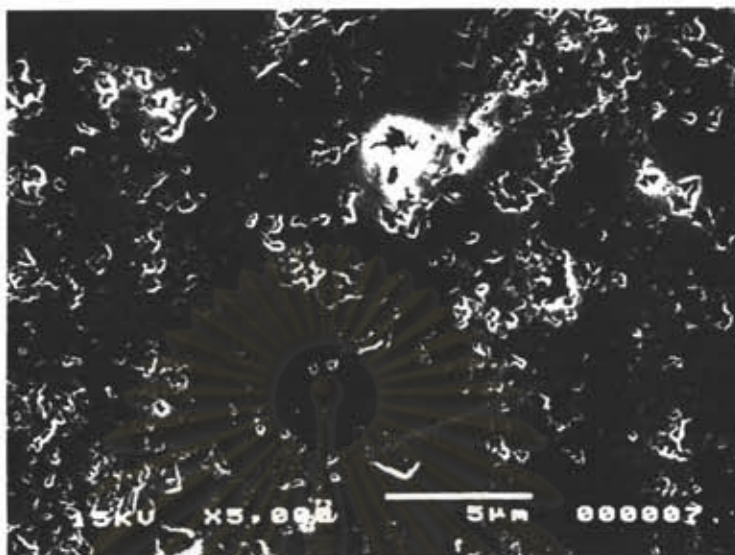


(ก) อุณหภูมิ/ความดัน/เวลา เท่ากับ 1750/140/1

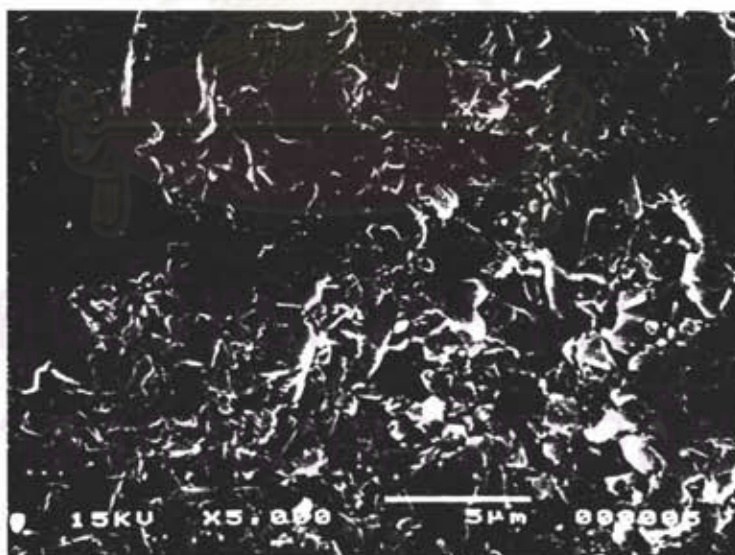


(ข) อุณหภูมิ/ความดัน/เวลา เท่ากับ 1750/140/2

รูปที่ ก. 2 แสดงภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์จากกล่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่อุณหภูมิ HIP เท่ากับ 1750 องศาเซลเซียส

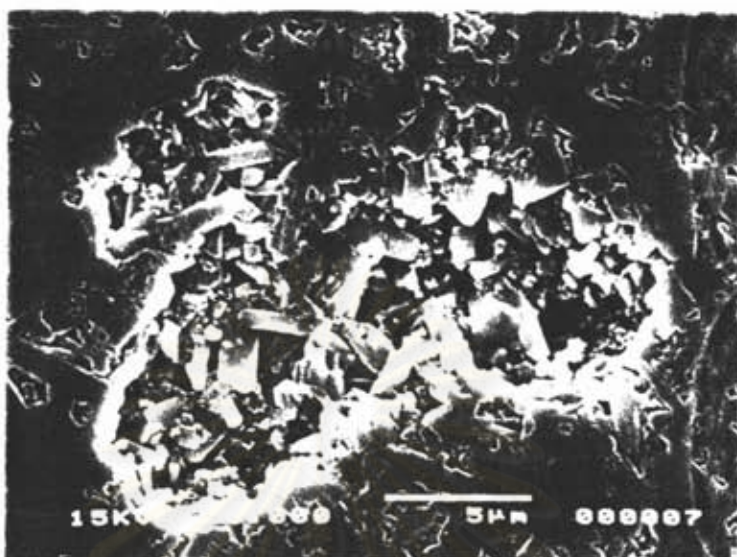


(ก) อุณหภูมิ/ความดัน/เวลา เท่ากับ 1750/160/0.5



(ข) อุณหภูมิ/ความดัน/เวลา เท่ากับ 1750/160/1

รูปที่ ก. 2 (ต่อ) แสดงภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์จากกล่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่อุณหภูมิ HIP เท่ากับ 1750 องศาเซลเซียส

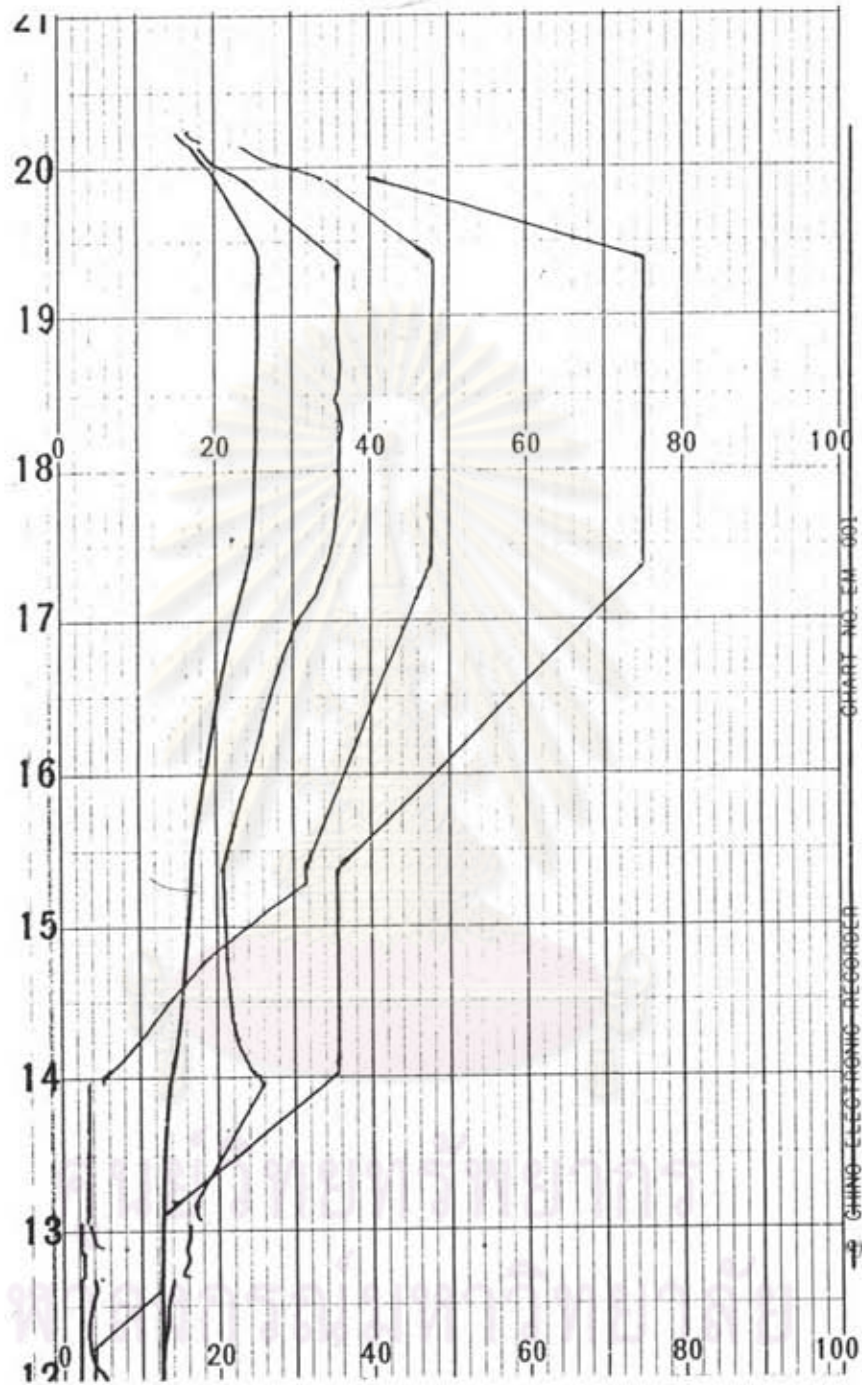


(ก) อุณหภูมิ/ความดัน/เวลา เท่ากับ 1850/160/1



(ข) อุณหภูมิ/ความดัน/เวลา เท่ากับ 1850/140/2

รูปที่ ก. 3 แสดงภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์จากกล่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่อุณหภูมิ HIP เท่ากับ 1850 องศาเซลเซียส



รูปที่ ก.4 แสดงรูปแบบการเพิ่มอุณหภูมิ ความดัน และระยะเวลาที่ใช้ในการ HIP ชิ้นงาน ที่ระดับอุณหภูมิ 1750 องศาเซลเซียส ความดัน 160 เมกกะปาสคาล และ เวลาเท่ากับ 2 ชั่วโมง

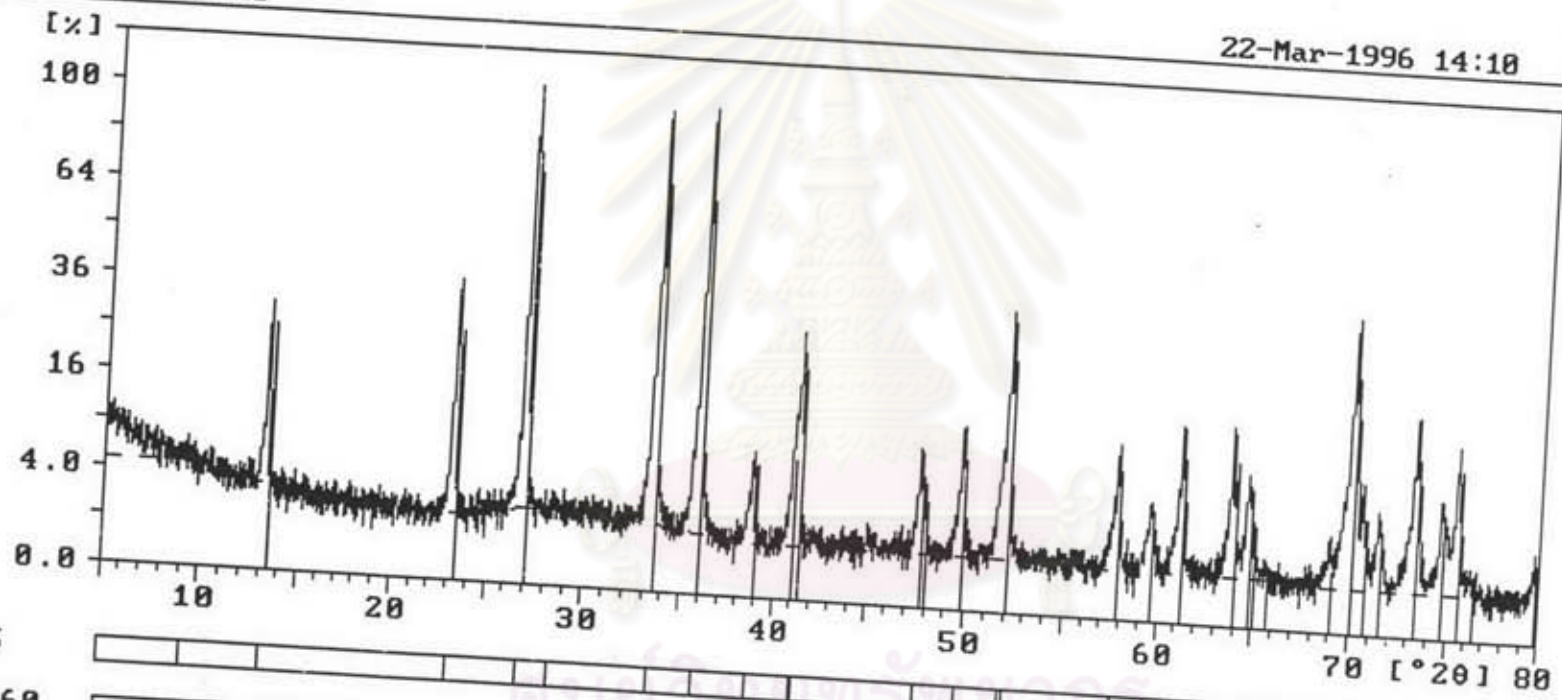


ภาคผนวก ข.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Sample ident.: No-16

22-Mar-1996 14:18



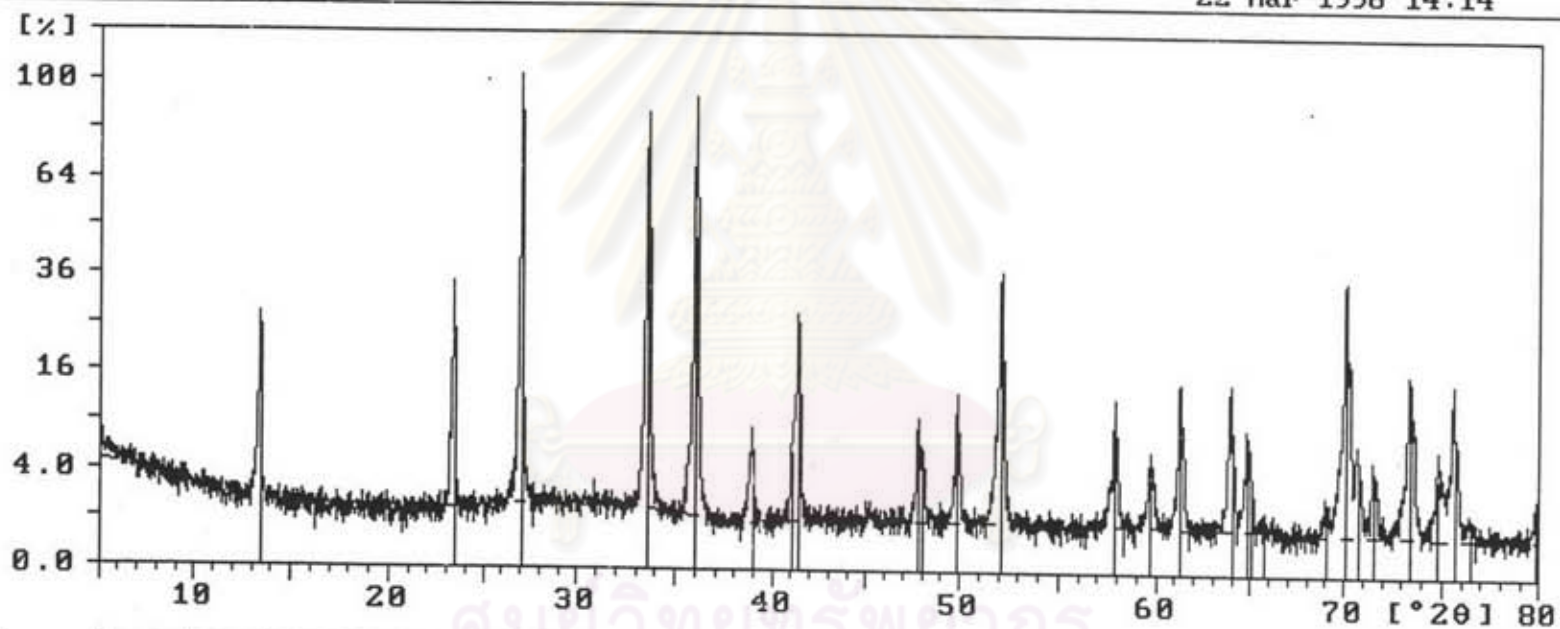
MC-35

33-1160

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

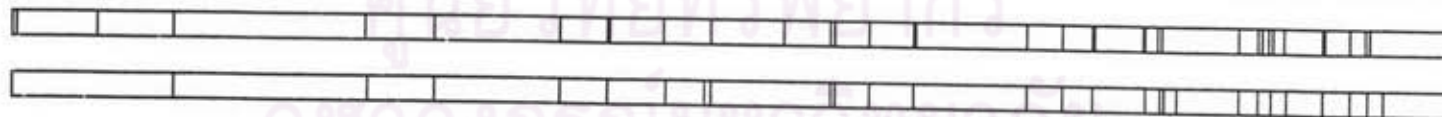
Sample ident.: No-18

22-Mar-1996 14:14



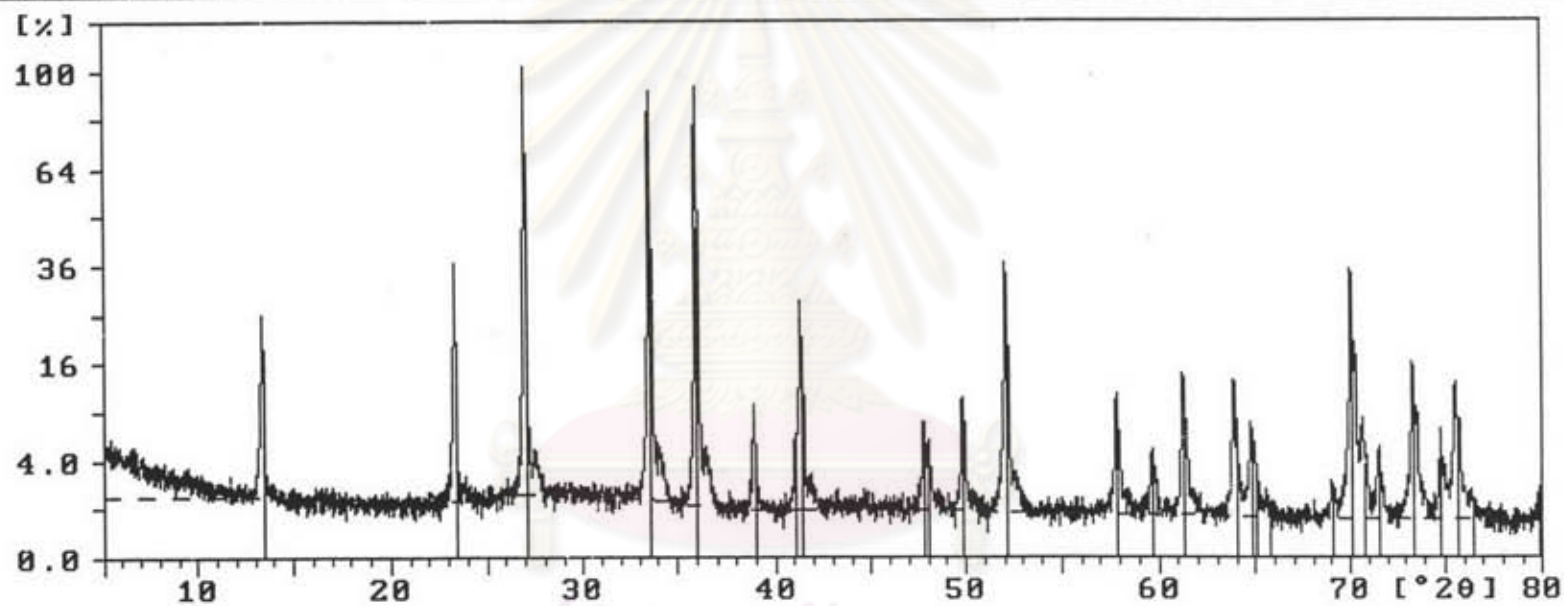
MC-36

33-1160



Sample ident.: No-20

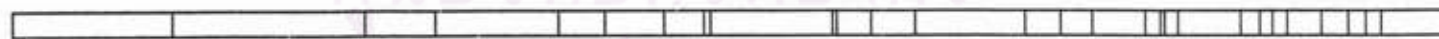
22-Mar-1996 14:21



MC-38



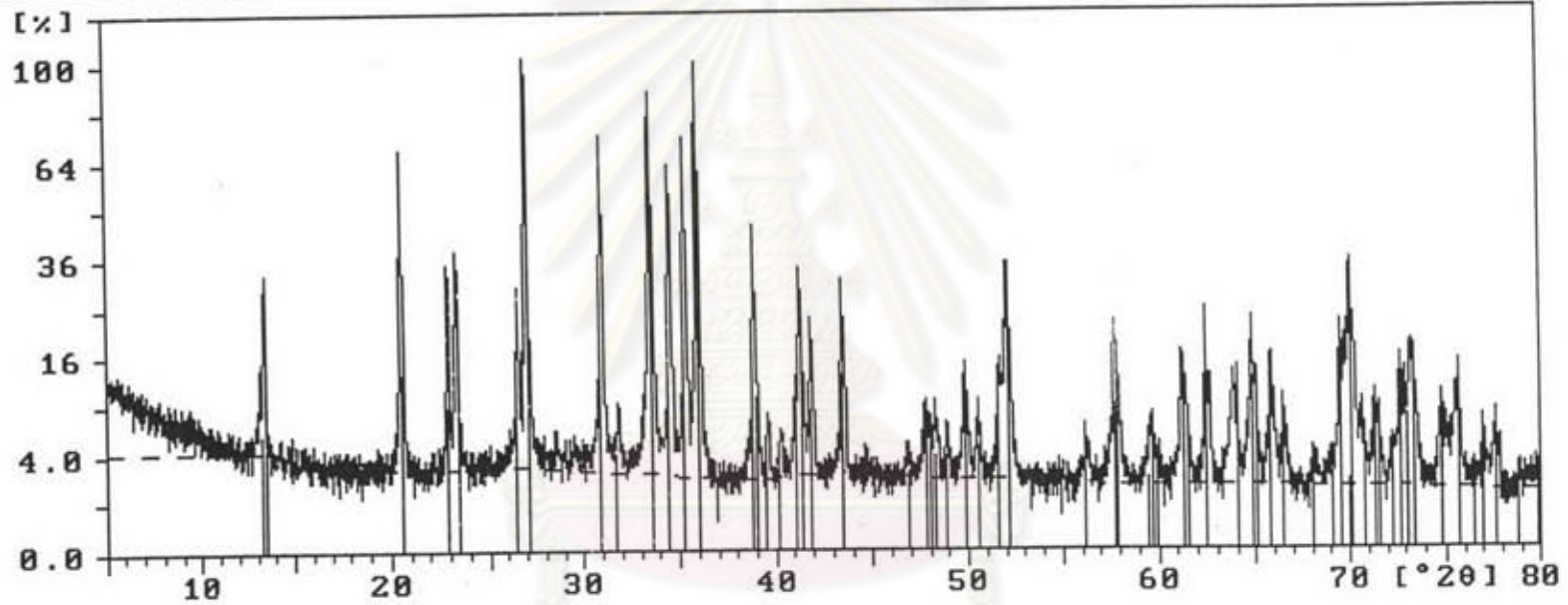
33-1160



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Sample ident.: No-14

22-Mar-1996 14:06



MC-34

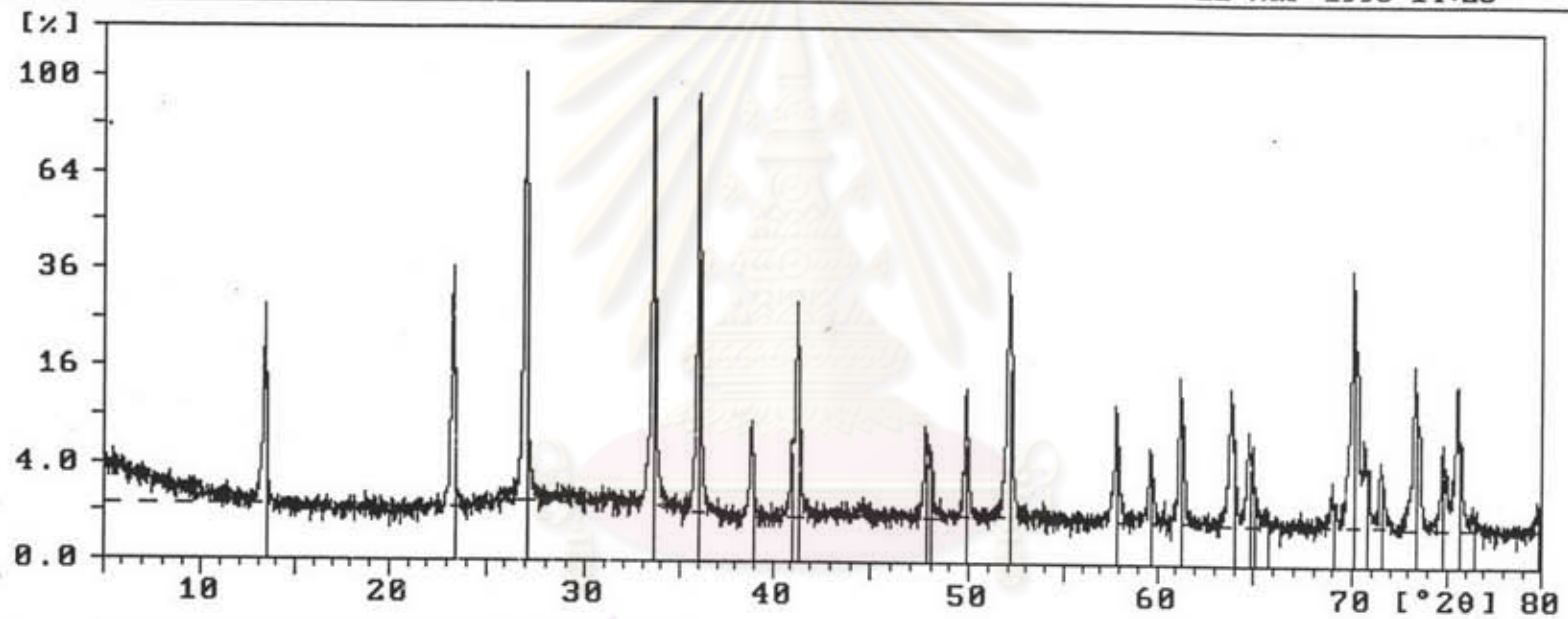
33-1160
09-0250



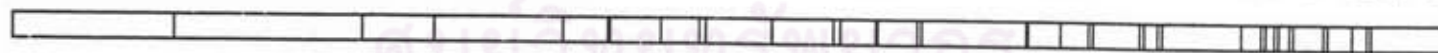
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Sample ident.: No-30

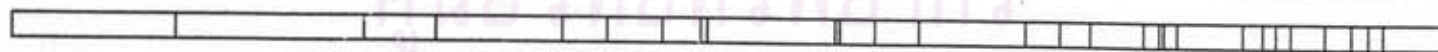
22-Mar-1996 14:25



MC-39



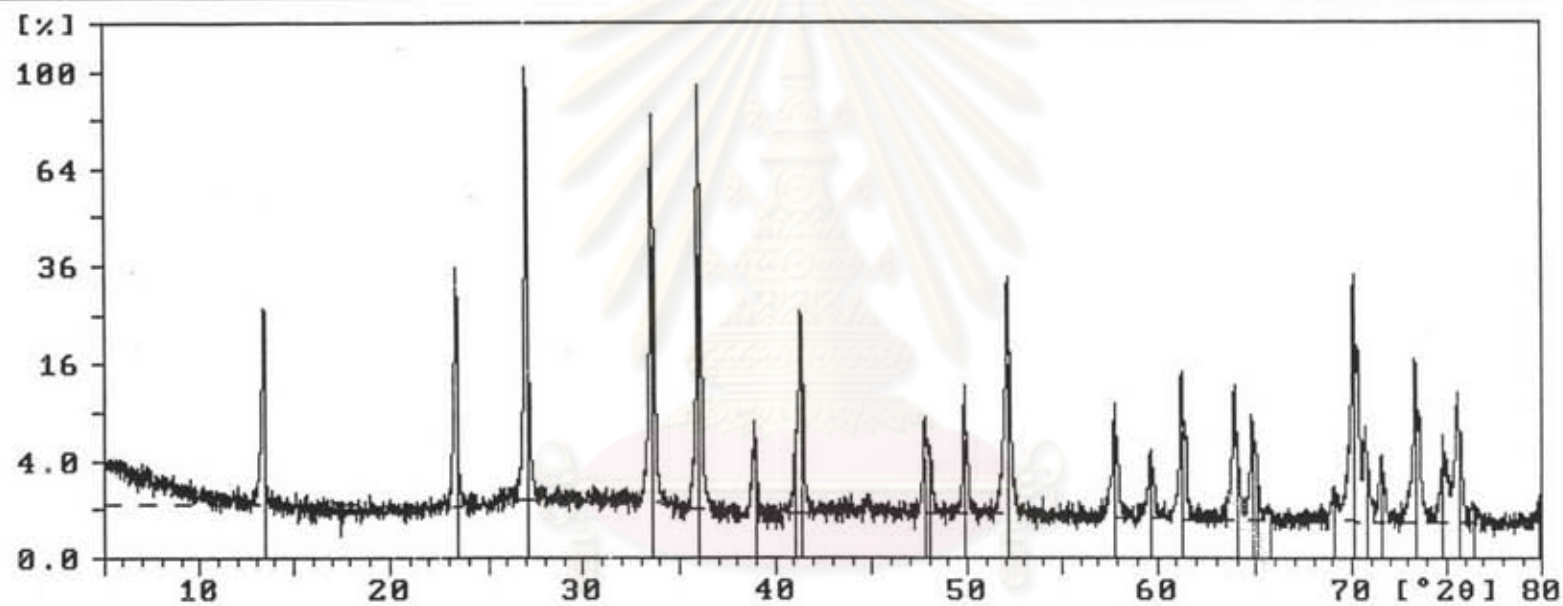
33-1160



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

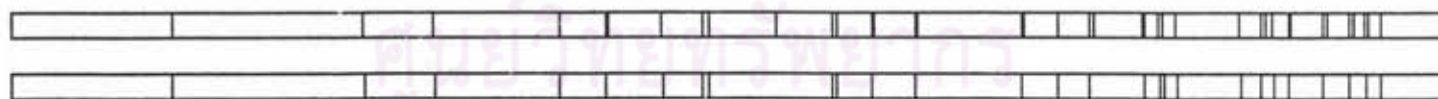
Sample ident.: No-33

22-Mar-1996 14:43



MC-40

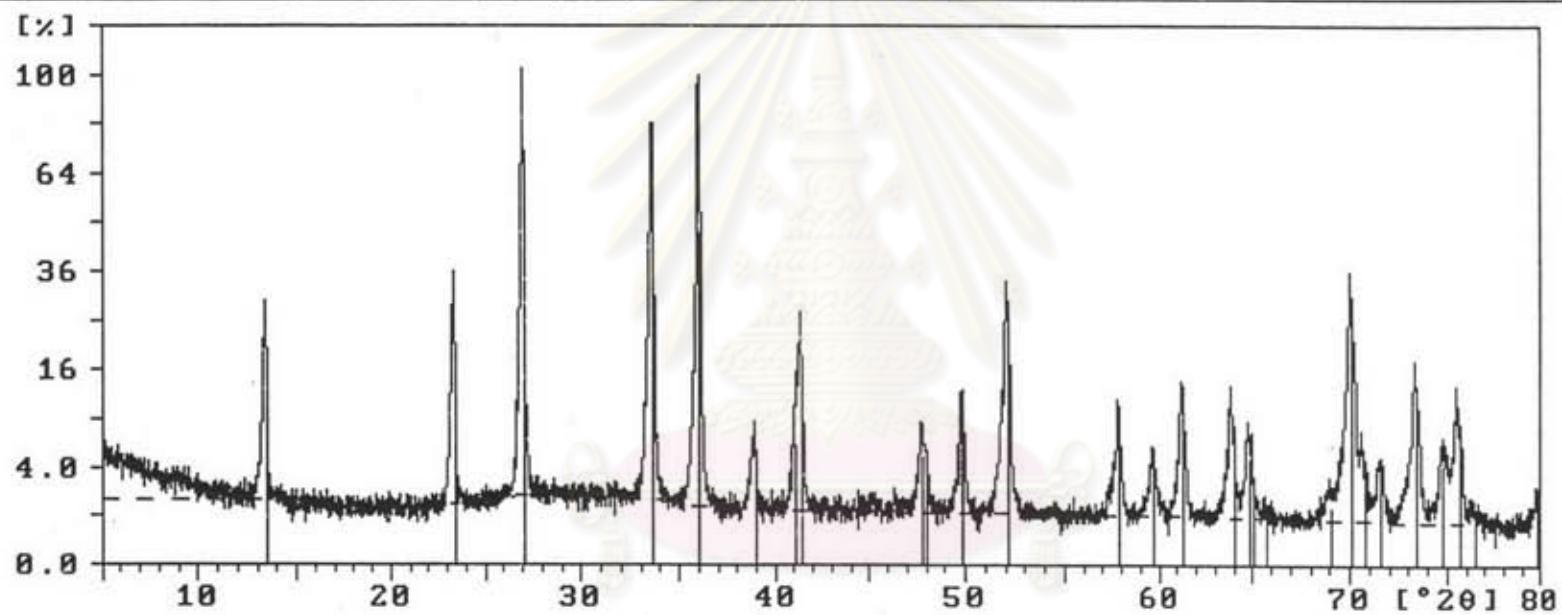
33-1160



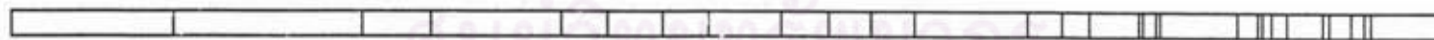
ศูนย์วิจัยพืชไร่
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Sample ident.: No-42

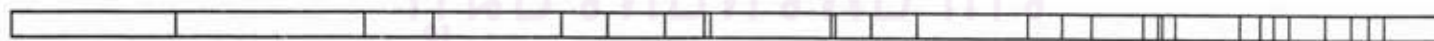
22-Mar-1996 14:31



MC-41



33-1160



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Reference pattern: 09-0250

22-Mar-1996 14:36

```

Name       : Silicon Nitride
Formula    : Si3N4
Elements   : N, Si
Groups     : --
Crystal type : Hexagonal
Subfiles   : Inorganic, Alloys, Common phases, Educational patterns
Pattern deleted: YES

```

d value	Angle	Rel. Int.
6.6900	13.235	8
4.3200	20.560	50
3.8800	22.921	30
3.3700	26.449	30
2.8930	30.910	85
2.8230	31.696	6
2.5990	34.510	75
2.5470	35.238	100
2.3200	38.817	60
2.2830	39.472	8
2.2440	40.187	6
2.1580	41.862	30
2.0830	43.444	55
1.9370	46.907	2
1.8840	48.309	8
1.8640	48.861	8
1.8060	50.538	12
1.7710	51.610	25
1.7510	52.244	2
1.6370	56.191	8
1.5960	57.768	35
1.5520	59.568	2
1.5420	59.994	6
1.5070	61.537	8
1.4860	62.503	70
1.4370	64.890	55
1.4180	65.868	60
1.4060	66.503	20
1.3760	68.149	12
1.3510	69.589	75
1.3430	70.064	2
1.3210	71.408	30
1.3060	72.357	16
1.2990	72.809	50
1.2930	73.201	30
1.2690	74.820	8
1.2380	77.031	30
1.2290	77.700	30
1.2130	78.923	8

Reference pattern: 33-1160

22-Mar-19

```

=====
Name       : Silicon Nitride
Name       : SN
Formula    : Si3N4
Elements   : N, Si
Groups     : --
Crystal type : Hexagonal
Subfiles   : Inorganic, Alloys, Common phases, NBS patterns
Pattern deleted: NO

```

d value	Angle	Rel.Int.
6.5830	13.451	34
3.8000	23.410	35
3.2930	27.079	100
2.6600	33.695	99
2.4890	36.087	93
2.3100	38.991	9
2.1939	41.146	10
2.1797	41.426	31
1.9013	47.842	8
1.8916	48.103	5
1.8275	49.903	12
1.7525	52.196	37
1.5911	57.963	12
1.5467	59.793	6
1.5108	61.365	15
1.4534	64.069	15
1.4368	64.900	8
1.4325	65.119	5
1.4197	65.780	1
1.3579	69.185	1
1.3408	70.196	39
1.3299	70.858	6
1.3173	71.639	5
1.2883	73.512	18
1.2675	74.923	7
1.2554	75.772	16
1.2447	76.541	1
1.1998	79.964	2
1.1831	81.328	2
1.1618	83.145	1
1.1551	83.736	2
1.1445	84.691	3
1.1377	85.316	3
1.0957	89.433	4
1.0828	90.792	3
1.0545	93.955	1
1.0476	94.767	6
1.0269	97.308	1
1.0219	97.948	4
1.0147	98.887	1
1.0043	100.283	2
0.9914	102.086	3
0.9761	104.335	4

Reference pattern: 33-1160

22-Mar-1996 14:34

d value	Angle	Rel. Int.
0.9589	107.023	3
0.9554	107.592	5
0.9492	108.621	8
0.9455	109.248	1
0.9408	110.058	1
0.9298	112.020	2
0.9175	114.334	1
0.9132	115.175	3
0.9034	117.160	4
0.8950	118.943	3
0.8866	120.810	5
0.8722	124.231	6
0.8712	124.480	5
0.8682	125.237	5
0.8634	126.480	1
0.8561	128.452	1
0.8537	129.123	2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SediGraph 5100 V3.02

PAGE 1

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: DATA2 /38
 SAMPLE ID: Y203
 SUBMITTER: Micromeritics
 OPERATOR: S.Sawalee
 SAMPLE TYPE: Y203
 LIQUID TYPE: Dist.water + 0.2% Calgon
 ANALYSIS TEMP: 35.6 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 84/ 47 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 10:09:43 07/17/95
 REPT 10:54:05 07/17/95
 TOT RUN TIME 0:44:19
 SAM DENS: 5.0000 g/cc
 LIQ DENS: 0.9939 g/cc
 LIQ VISC: 0.7151 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 50.00 μ m
 ENDING DIAMETER: 0.10 μ m

REYNOLDS NUMBER: 0.53
 FULL SCALE MASS %: 100

MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: 3.02 μ m MODAL DIAMETER: 2.88 μ m

DIAMETER (μ m)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
50.00	101.1	-1.1
40.00	101.1	-0.0
30.00	101.2	-0.1
25.00	101.3	-0.1
20.00	101.3	0.0
15.00	100.4	0.9
10.00	95.1	5.3
8.00	89.2	5.9
6.00	79.3	9.9
5.00	72.2	7.1
4.00	62.8	9.4
3.00	49.7	13.1
2.00	31.4	18.4
1.50	20.5	10.8
1.00	9.5	11.1
0.80	5.6	3.8
0.60	2.6	3.1
0.50	1.5	1.1
0.40	0.6	0.9
0.30	0.0	0.6
0.20	-0.8	0.8
0.10	-1.7	0.9

ศูนย์วิทยาศาสตร์
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SediGraph 5100 V3.02

PAGE 1

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: DATA2 /77
 SAMPLE ID: /-S13N4
 SUBMITTER: Micromeritics
 OPERATOR: S.Sawalee
 SAMPLE TYPE: /S13N4
 LIQUID TYPE: 0.2 % Calgon
 ANALYSIS TEMP: 35.9 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 86/ 59 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 12:10:27 12/01/95
 REPT 12:36:08 12/01/95
 TOT RUN TIME 0:25:36
 SAM DENS: 3.1890 g/cc
 LIQ DENS: 0.9938 g/cc
 LIQ VISC: 0.7091 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 50.00 μ m
 ENDING DIAMETER: 0.18 μ m

REYNOLDS NUMBER: 0.30
 FULL SCALE MASS %: 100

MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: 1.49 μ m MODAL DIAMETER: 1.31 μ m

DIAMETER (μ m)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
50.00	98.9	1.1
40.00	99.5	-0.7
30.00	99.8	-0.3
25.00	99.8	0.1
20.00	99.4	0.4
15.00	98.6	0.8
10.00	97.7	0.9
8.00	96.8	0.9
6.00	94.9	1.9
5.00	93.5	1.4
4.00	90.5	3.1
3.00	82.2	8.2
2.00	64.8	17.4
1.50	50.4	14.4
1.00	29.6	20.8
0.80	19.2	10.4
0.60	9.3	9.9
0.50	6.0	3.3
0.40	4.2	1.8
0.30	2.9	1.2
0.20	2.0	1.0

ศูนย์วิทยาศาสตร์
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SediGraph 5100 V3.02

PAGE 1

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: DATA2 /7
 SAMPLE ID: A1203
 SUBMITTER: Micromeritics
 OPERATOR: S.Sawalee
 SAMPLE TYPE: A1203
 LIQUID TYPE: 0.2 % calgon
 ANALYSIS TEMP: 35.6 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 84/ 55 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 14:24:08 07/17/95
 REPT 15:25:52 07/17/95
 TOT RUN TIME 1:01:43
 SAM DENS: 3.9600 g/cc
 LIQ DENS: 0.9939 g/cc
 LIQ VISC: 0.7127 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 50.00 μ m
 ENDING DIAMETER: 0.10 μ m

REYNOLDS NUMBER: 0.39
 FULL SCALE MASS %: 100

MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: 2.39 μ m

MODAL DIAMETER: 7.26 μ m

DIAMETER (μ m)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
50.00	99.6	0.4
40.00	99.8	-0.2
30.00	99.9	-0.2
25.00	99.8	0.1
20.00	99.1	0.7
15.00	96.4	2.7
10.00	88.1	8.3
8.00	82.1	6.0
6.00	74.2	7.9
5.00	69.3	4.8
4.00	63.6	5.8
3.00	55.8	7.8
2.00	45.8	9.9
1.50	39.0	6.8
1.00	30.1	9.0
0.80	25.6	4.5
0.60	20.2	5.4
0.50	17.3	3.0
0.40	13.9	3.4
0.30	9.7	4.2
0.20	4.7	5.0
0.10	0.9	3.8

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MICROMERITICS INSTRUMENT CORPORATION
FlowSorb 2300

BET SURFACE AREA ANALYSIS
REPORT DATE: 7/17/95

SAMPLE I.D.: A1203
SAMPLE WEIGHT: 0.1384 g
MOL. CROSS-SECTIONAL AREA: 0.162 nm²
AMBIENT TEMPERATURE: 0.00 C

ADSORBATE: Nitrogen
BAROMETRIC PRESSURE: 760 mmHg
SATURATION PRESSURE: 775 mmHg

EXPERIMENTAL DATA (%)	(VOL)	VOL ADSORBED (cm ³ /g AT STP)	X=P/Po	Y=X/R(1-X)VA
5.000	2.97	21.46	0.0490	0.00240
12.000	3.68	26.59	0.1177	0.00502
18.000	4.20	30.35	0.1765	0.00706
24.000	4.62	33.38	0.2354	0.00922

BET SURFACE AREA: 117.35 +/- 1.42 m²/g
SLOPE: 0.0364 +/- 0.0004
INTERCEPT: 0.0007 +/- 0.0001
C: 56.68
Vm: 26.96 cm³/g
CORRELATION COEFFICIENT 0.9999



MICROMERITICS INSTRUMENT CORPORATION
FlowSorb 2300

BET SURFACE AREA ANALYSIS
REPORT DATE: 7/7/95

SAMPLE I.D.: Y203
SAMPLE WEIGHT: 0.4069 g
MOL. CROSS-SECTIONAL AREA: 0.162 nm²
AMBIENT TEMPERATURE: 0.00 C

ADSORBATE: Nitrogen
BAROMETRIC PRESSURE: 760 mmHg
SATURATION PRESSURE: 775 mmHg

EXPERIMENTAL DATA (%)	(VOL)	VOL ADSORBED (cm ³ /g AT STP)	X=P/Po	Y=X/((1-X)VA)
5.000	0.42	1.03	0.0490	0.04995
12.000	0.55	1.35	0.1177	0.09867
18.000	0.64	1.57	0.1765	0.13628
24.000	0.70	1.72	0.2354	0.17892

BET SURFACE AREA: 6.19 +/- 0.10 m²/g
SLOPE: 0.6873 +/- 0.0109
INTERCEPT: 0.0165 +/- 0.0017
C: 42.54
Vm: 1.42 cm³/g
CORRELATION COEFFICIENT 0.9998



MICROMERITICS INSTRUMENT CORPORATION
FlowSorb 2300

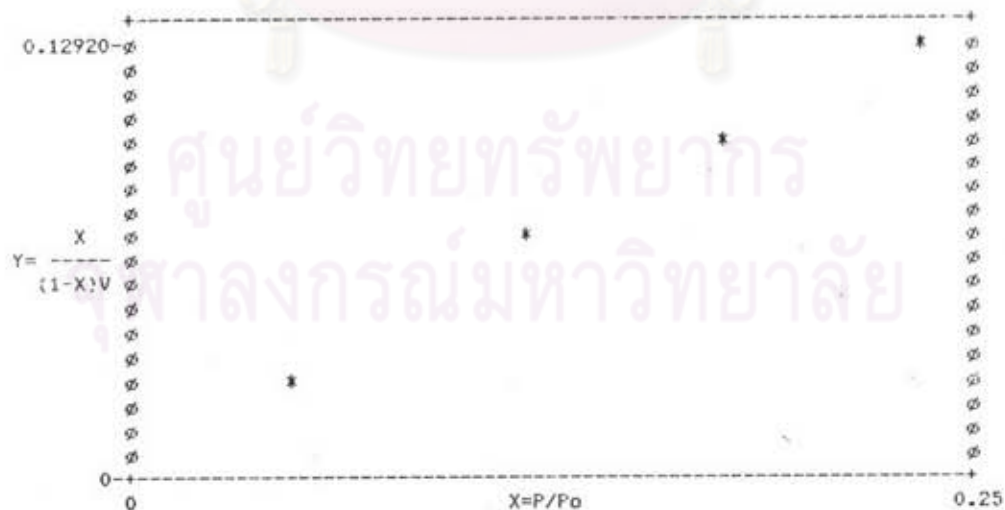
BET SURFACE AREA ANALYSIS
REPORT DATE: 12/29/95

SAMPLE I.D.: -Si3N4
SAMPLE WEIGHT: 0.6842 g
VOL. CROSS-SECTIONAL AREA: 0.162 cm³
AMBIENT TEMPERATURE: 0.00 C

ADSORBATE: Nitrogen
BAROMETRIC PRESSURE: 760 mmHg
SATURATION PRESSURE: 775 mmHg

EXPERIMENTAL DATA (%)	(VOL)	VOL ADSORBED (cm ³ /g AT STP)	X=P/Po	Y=X/#(1-X)VA
5.000	1.11	1.62	0.0490	0.03178
12.000	1.32	1.93	0.1177	0.06913
18.000	1.50	2.19	0.1765	0.09777
24.000	1.63	2.38	0.2354	0.12920

BET SURFACE AREA: 8.27 +/- 0.12 m²/g
SLOPE: 0.5197 +/- 0.0076
INTERCEPT: 0.0068 +/- 0.0012
C: 77.40
Vm: 1.90 cm³/g
CORRELATION COEFFICIENT 0.9998



MICROMERITICS INSTRUMENT CORPORATION
FlowSorb 2300

BET SURFACE AREA ANALYSIS
REPORT DATE: 12/29/95

SAMPLE I.D.: F 381109
SAMPLE WEIGHT: 0.4550 g
MOL. CROSS-SECTIONAL AREA: 0.162 nm²
AMBIENT TEMPERATURE: 0.00 C

ADSORBATE: Nitrogen
BAROMETRIC PRESSURE: 760 mmHg
SATURATION PRESSURE: 775 mmHg

EXPERIMENTAL DATA (%)	(VOL)	VOL ADSORBED (cm ³ /g AT STP)	X=P/Po	Y=X/((1-X)V)
5.000	1.15	2.53	0.0490	0.02040
12.000	1.29	2.84	0.1177	0.04704
18.000	1.42	3.12	0.1765	0.06868
24.000	1.52	3.34	0.2354	0.09214

BET SURFACE AREA: 11.31 +/- 0.11 m²/g
SLOPE: 0.3834 +/- 0.0038
INTERCEPT: 0.0016 +/- 0.0006
C: 238.88
Vm: 2.60 cm³/g
CORRELATION COEFFICIENT 0.9999



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ประวัติผู้เขียน

นางสาวชนานันท์ อรรถเดชดำรง เกิดเมื่อวันที่ 8 พฤษภาคม 2508 เริ่มเข้าศึกษาในระดับอุดมศึกษา ที่ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2526 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเคมี ในปี พ.ศ. 2530 ภายหลังจากสำเร็จการศึกษา ได้เข้าทำงานที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ในตำแหน่งนักวิชาการ งานที่เกี่ยวข้องคือด้านมาตรฐานและการรับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์ แรงจูงใจที่ทำให้เกิดการศึกษาค้นคว้าต่อเนื่องในระดับปริญญาโทครั้งนี้ คือ การทำหน้าที่เป็นผู้ตรวจสอบในโครงการรับรองคุณภาพกระท่อมกระทัก ให้กับบริษัท อ่าวขามไทย จำกัด และการได้เข้ารับการฝึกอบรมด้านงานโลหะวิทยาการหล่อ จึงเกิดความสนใจในสาขาวิชาด้านวัสดุขึ้น ได้เริ่มเข้าศึกษาในระดับปริญญาโทอีกครั้ง ณ ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2536

ศูนย์วิทยพัทยาการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย