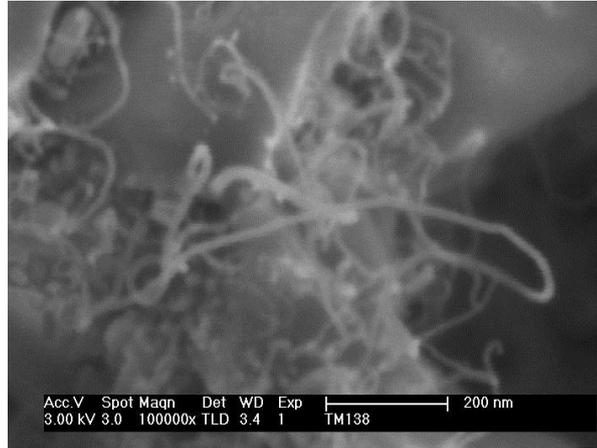


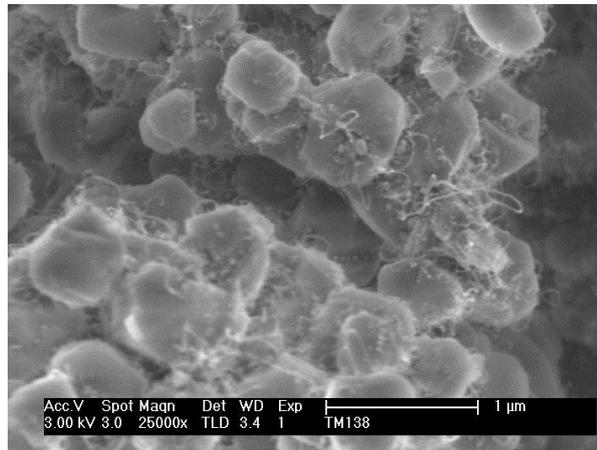
## ภาคผนวก ก

### ภาพถ่ายจาก SEM

สังเคราะห์ที่สภาวะ 550°C, 1-5mbar, 10min, Ethanal



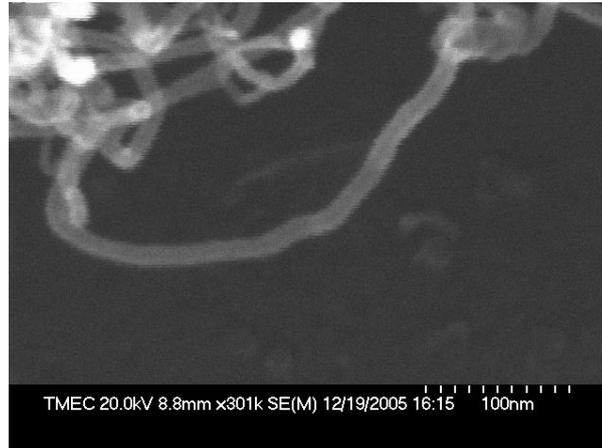
(ก-1.1) กำลังขยาย 100,000 เท่า



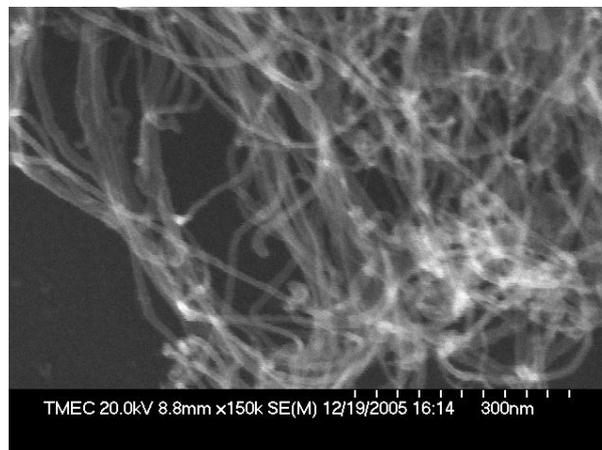
(ก-1.2) กำลังขยาย 25,000 เท่า

รูปที่ ก-1 สังเคราะห์ที่สังเคราะห์ที่สภาวะ 550°C, 1-5mbar, 10min, Ethanal ที่กำลังขยาย  
(ก-1.1) 100,000 เท่า (ก-1.2) 25,000 เท่า

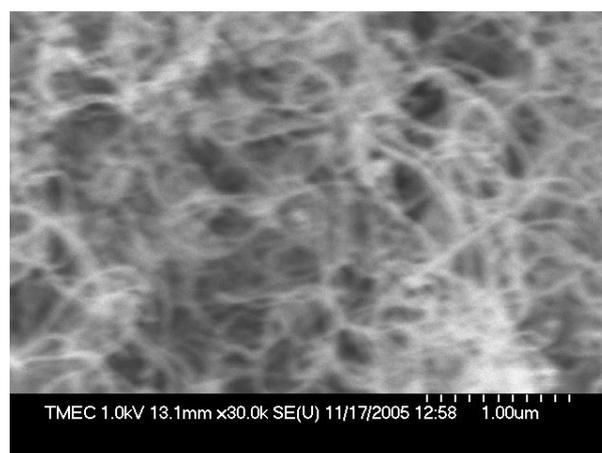
สังเคราะห์ที่สภาวะ 600°C, 10-15mbar, 10min, Ethanal



(ก-2.1) กำลังขยาย 300,000 เท่า



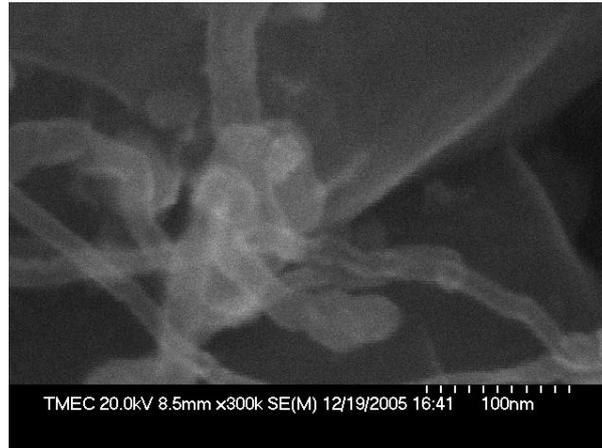
(ก-2.2) กำลังขยาย 150,000 เท่า



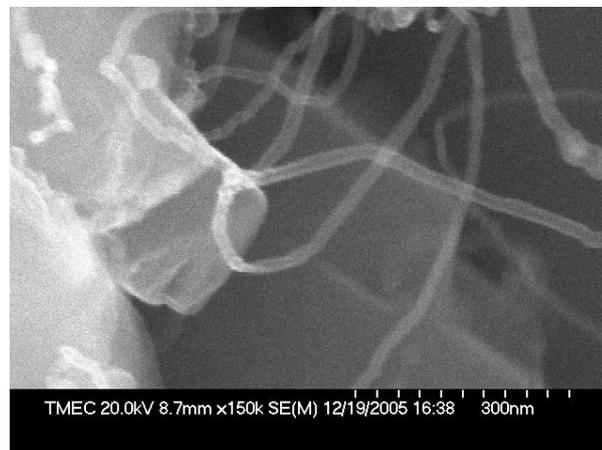
(ก-2.3) กำลังขยาย 30,000 เท่า

รูปที่ ก-2 สังเคราะห์ที่สังเคราะห์ที่สภาวะ 600°C, 10-15mbar, 10min, Ethanal ที่ กำลังขยาย  
(ก-2.1) 300,000 เท่า (ก-2.2) 150,000 เท่า (ก-2.3) 30,000 เท่า

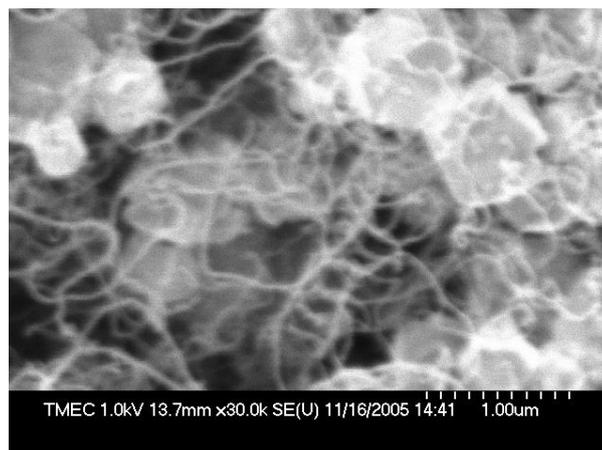
สังเคราะห์ที่สภาวะ 700°C, 1-5mbar, 10min, Ethanal



(ก-3.1) กำลังขยาย 300,000 เท่า



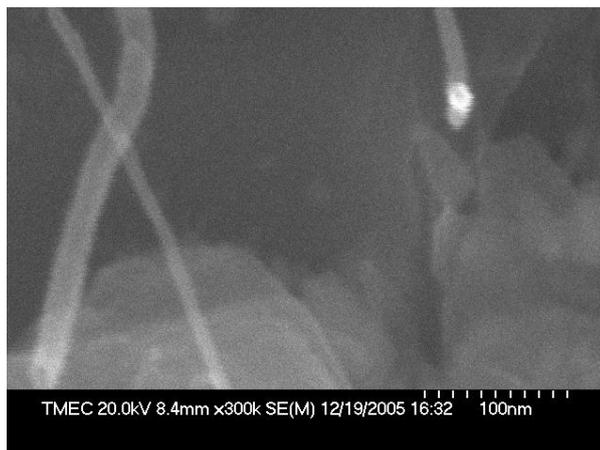
(ก-3.2) กำลังขยาย 150,000 เท่า



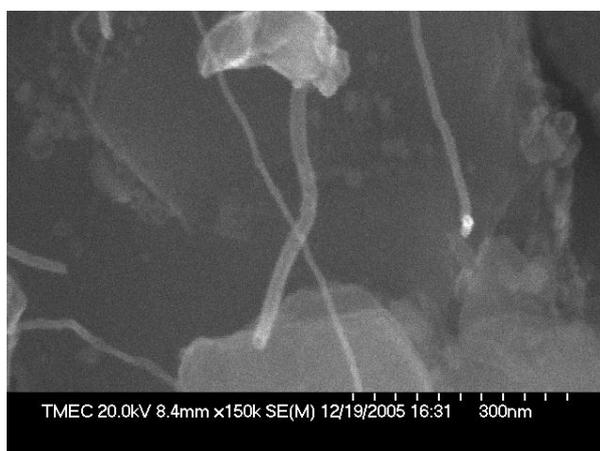
(ก-3.3) กำลังขยาย 30,000 เท่า

รูปที่ ก-3 สังเคราะห์ที่สังเคราะห์ที่สภาวะ 700°C, 1-5mbar, 10min, Ethanal ที่ กำลังขยาย  
(ก-3.1) 300,000 เท่า (ก-3.2) 150,000 เท่า (ก-3.3) 30,000 เท่า

สังเคราะห์ที่สภาวะ 800°C, 1-5mbar, 10min, Ethanal



(ก-4.1) กำลังขยาย 300,000 เท่า



(ก-4.2) กำลังขยาย 150,000 เท่า



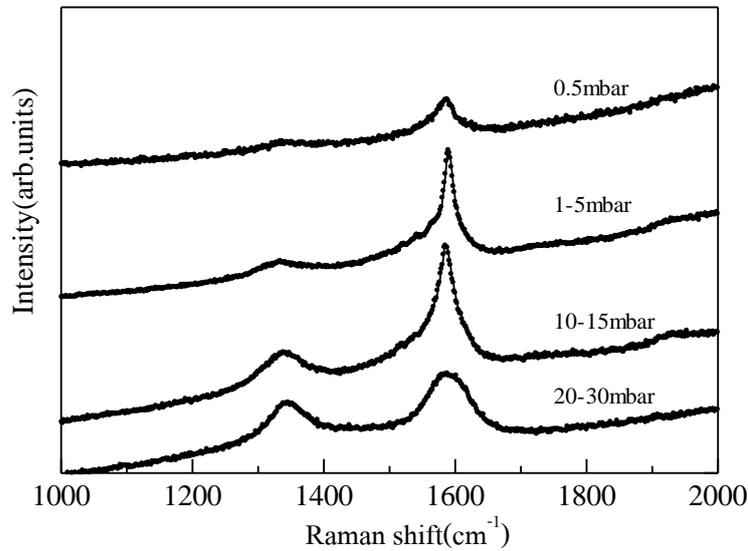
(ก-4.3) กำลังขยาย 25,000 เท่า

รูปที่ ก-4 สังเคราะห์ที่สังเคราะห์ที่สภาวะ 700°C, 1-5mbar, 10min, Ethanal ที่ กำลังขยาย  
(ก-4.1) 300,000 เท่า (ก-4.2) 150,000 เท่า (ก-4.3) 25,000 เท่า

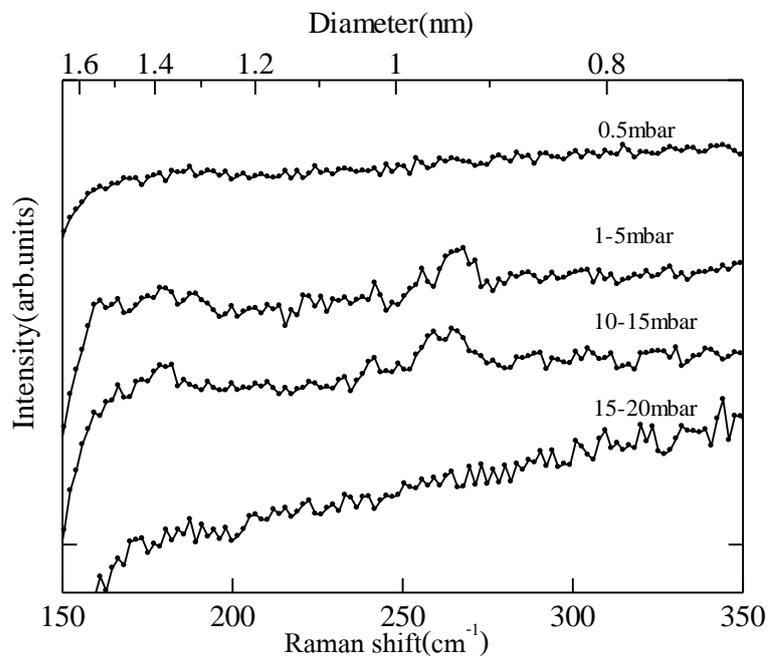
## ภาคผนวก ข

### กราฟรามาน

ที่อุณหภูมิ 600°C แล้วทำการปรับเปลี่ยนความดัน



(ข-1.1) รามานสเปกตรัมในโหมดความถี่สูง



(ข-1.2) รามานสเปกตรัมในย่านความถี่ RBM

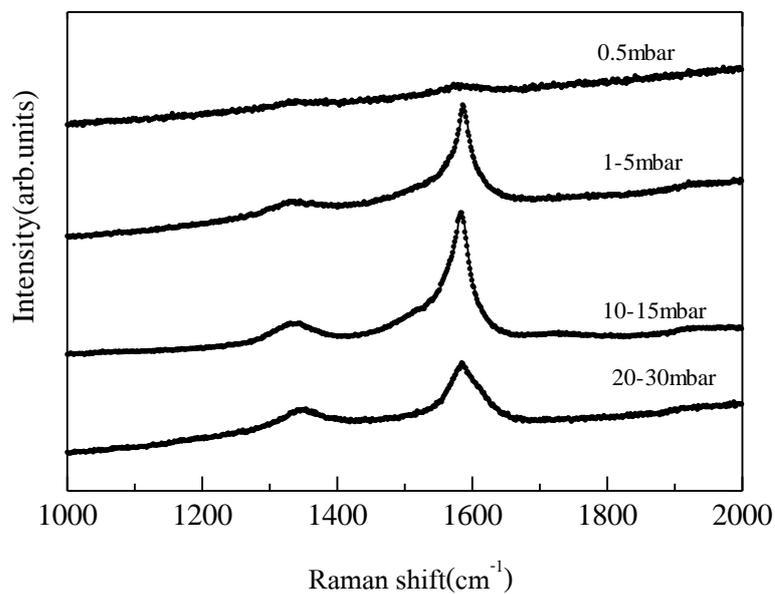
รูปที่ ข-1 รามานสเปกตรัมของ CNTs ที่สังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 600°C ที่ความดันต่างๆ

(ข-1.1) รามานสเปกตรัมในโหมดความถี่สูง (ข-1.2) รามานสเปกตรัมในโหมดความถี่ RBM

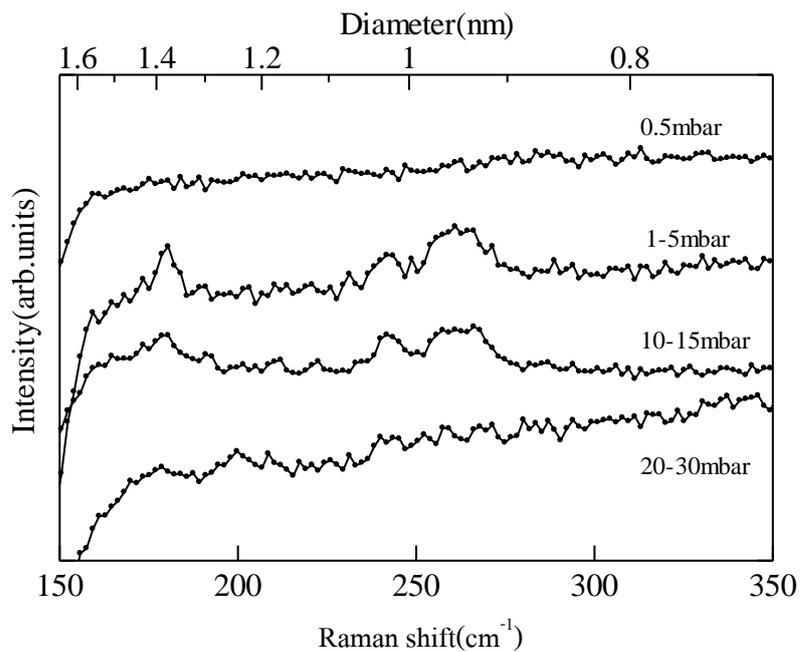
I(G)/I(D)	ความดัน (mbar)
1.09	0.5
4.26	1-5
2.98	10-15
1.12	20-30

ตารางที่ ข-1 อัตราส่วนระหว่าง I(G)/I(D) กับความดันต่างๆที่ทำการสังเคราะห์ CNTs ที่อุณหภูมิ 600°C

ที่อุณหภูมิ 700°C แล้วทำการปรับเปลี่ยนความดัน



(ข-2.1) รามานสเปกตรัมในย่านความถี่สูง



(ข-2.2) รามานสเปกตรัมในโหมดความถี่ RBM

รูปที่ ข-2 รามานสเปกตรัมของ CNTs ที่สังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 700°C ที่ความดันต่างๆ

(ข-2.1) รามานสเปกตรัมในย่านความถี่สูง

(ข-2.2) รามานสเปกตรัมในย่านความถี่ RBM

I(G)/I(D)	ความดัน (mbar)
1.02	0.5
7.14	1-5
4.73	10-15
1.78	20-30

ตารางที่ ข-2 อัตราส่วนระหว่าง I(G)/I(D) กับความดันต่างๆ ที่ทำการสังเคราะห์ CNTs ที่อุณหภูมิ 700°C

## ภาคผนวก ค

### คุณสมบัติของคาร์บอนนาโนทิวป์

#### Equilibrium Structure

Average Diameter of SWNT's	1.2-1.4 nm
Distance from opposite Carbon Atoms (Line 1)	2.83 Å
Analogous Carbon Atom Separation (Line 2)	2.456 Å
Parallel Carbon Bond Separation (Line 3)	2.45 Å
Carbon Bond Length (Line 4)	1.42 Å
C-C Tight Bonding Overlap Energy	~ 2.5 eV
Group Symmetry (10, 10)	C5V

Lattice: Bundles of Ropes of Nanotubes: Triangular Lattice(2D)

Lattice Constant	17 Å
------------------	------

Lattice Parameter:

(10, 10) Armchair	16.78 Å
(17, 0) Zigzag	16.52 Å
(12, 6) Chiral	16.52 Å

Density:

(10, 10) Armchair	1.33 g/cm <sup>3</sup>
(17, 0) Zigzag	1.34 g/cm <sup>3</sup>
(12, 6) Chiral	1.40 g/cm <sup>3</sup>

Interlayer Spacing:

(n, n) Armchair	3.38 Å
(n, 0) Zigzag	3.41 Å
(2n, n) Chiral	3.39 Å

**Optical Properties**

## Fundamental Gap:

For (n, m); n-m is divisible by 3 [Metallic] 0 eV

For (n, m); n-m is not divisible by 3 [Semi-Conducting] ~0.5 eV

**Electrical Transport**

Conductance Quantization  $n \times (12.9 \text{ kW})^{-1}$

Resistivity  $10^{-4} \text{ W}\cdot\text{cm}$

Maximum Current Density  $1013 \text{ A/m}^2$

**Thermal Transport**

Thermal Conductivity(Room Temperature)  $\sim 2000 \text{ W/m}\cdot\text{K}$

Phonon Mean Free Path  $\sim 100 \text{ nm}$

Relaxation Time  $\sim 10^{-11} \text{ s}$

**Elastic Behavior**

Young's Modulus (SWNT)  $\sim 1 \text{ TPa}$

Young's Modulus (MWNT)  $1.28 \text{ TPa}$

Maximum Tensile Strength  $\sim 30 \text{ GPa}$

## ภาคผนวก ง

### ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

- 1) **P.Chiwsitthiprapai, S.Chaisitsak and P.Siamchai**, “Preparation of Carbon nanotube by catalytic decomposition of alcohol at low pressure”, International Conference on Smart Materials(SmartMat-'04), 2004(291-293).
- 2) **พิษณุ นาด จิวสิทธิ์ประไพ** จิตี หนูแก้ว อติสร เตื่อนตรานนท์ สุทธิชัย ชัยสิทธิ์ศักดิ์, การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์คาร์บอนนาโนทิวป์จาก แอลกอฮอล์ด้วยวิธี CVD, วิศวกรรมลาดกระบัง ปีที่23 ฉบับที่2, มิถุนายน 2549(60-65).
- 3) **สุรศักดิ์ มนต์ชง พิษณุ นาด จิวสิทธิ์ประไพ** ถนอม โลมาศ อนุรัตน์ วิศิษฐ์ สรอรรรถ อติสร เตื่อนตรานนท์ และ สุทธิชัย ชัยสิทธิ์ศักดิ์, การสร้างชาโค้วมาส์คโดยวิธี ชุบนิกเกิดด้วยไฟฟ้า, วิศวกรรมลาดกระบัง ปีที่23 ฉบับที่2, มิถุนายน 2549(54-60).

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน	นายพิชญนาถ จิวสิทธิประไพ
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 25 ธันวาคม 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดสิงห์บุรี
วุฒิศึกษาระดับปริญญาตรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สถานที่สำเร็จการศึกษา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2546
ประสบการณ์ทำงาน	วิศวกรบริษัทไทยซัมซุง อิเล็กทรอนิกส์ 2546-2547