



การศึกษาการสร้างตัวตรวจจับแสงแบบ Al / n-Diamond / Al
Studies on the fabrication of Al/n-Diamond/Al photodetector



การประชุมประจำปี สวทช. 2548

28-30 มีนาคม 2548, ณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย, ปทุมธานี

นาย จักรพงศ์ ศุภเดช , รศ.ดร. วิสุทธิ ฐิติรุ่งเรือง
และ *ดร. อัมพร โพธิ์ไย

Electronics Research Center (ERC)

Department of Electronics

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok

*Thai Microelectronics Center (TMEC)

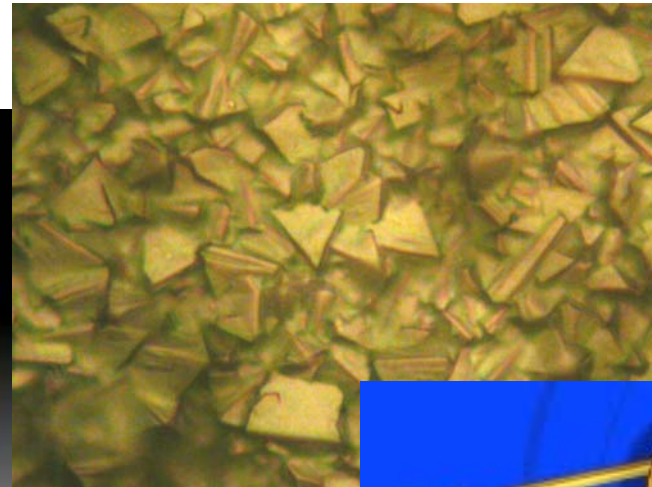
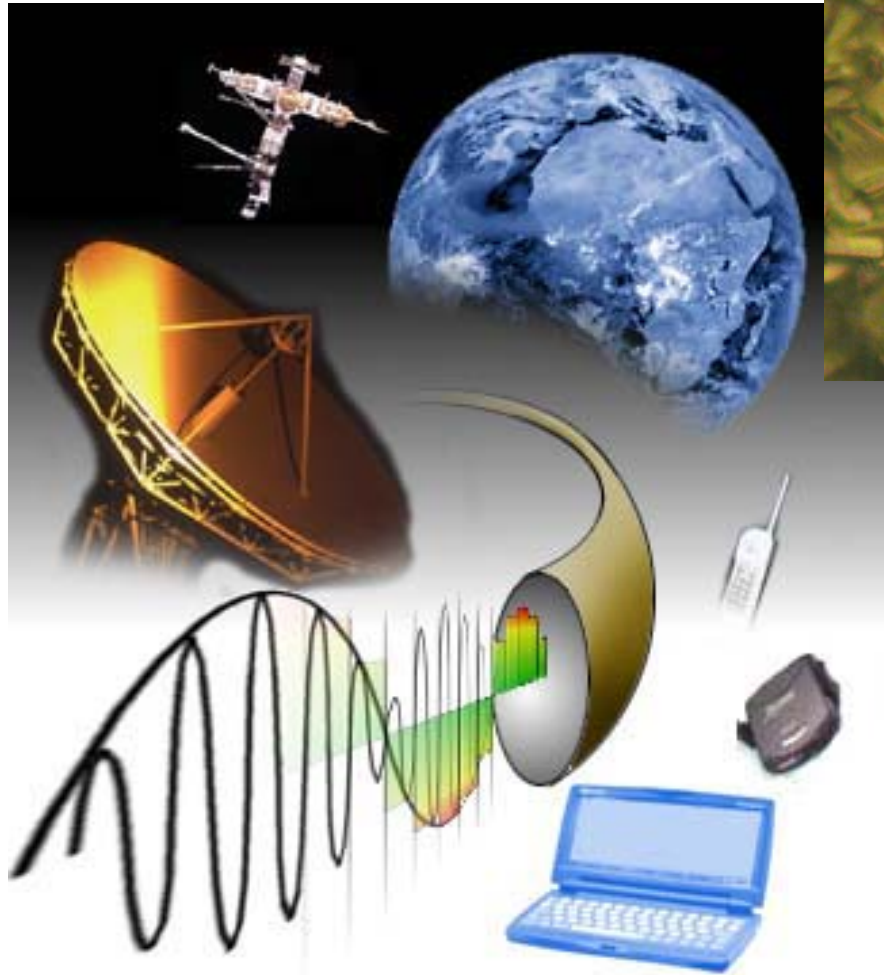
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการสร้างฟิล์มเพชร
2. เพื่อศึกษารายต่อของสารต่างชนิดกันระหว่างฟิล์มเพชรกับอะลูมิเนียม
3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของตัวตรวจจับแสง MSM

ที่มีโครงสร้างแบบ Al/n-Diamond/Al

หัวข้อที่น่าสนใจ

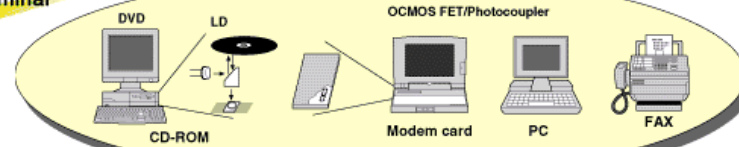
1. ตัวตรวจจับแสงแบบต่างๆ
2. คุณสมบัติของฟิล์มเพชร
3. หลักการทำงานของตัวตรวจจับแสง MSM ที่มีโครงสร้างแบบ Al/n-Diamond/Al
4. กระบวนการสร้าง MSM ที่มีโครงสร้างแบบ Al/n-Diamond/Al
5. การทดลองและผลการทดลอง
6. สรุปผลการทดลอง



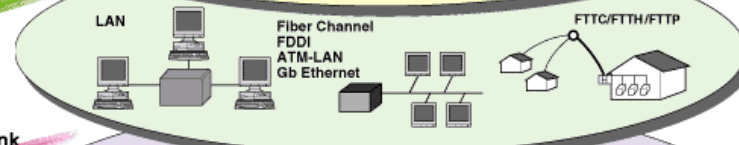


Optical Devices for Global Networking

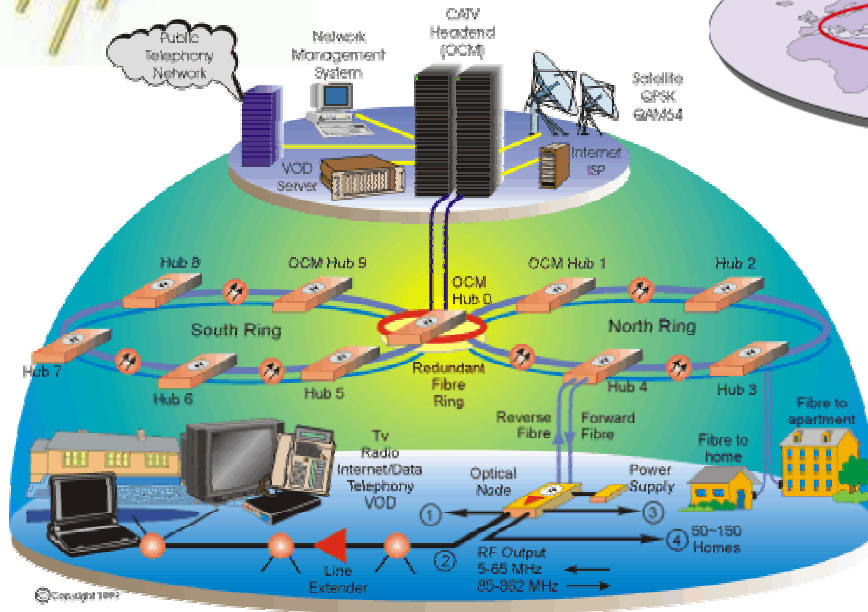
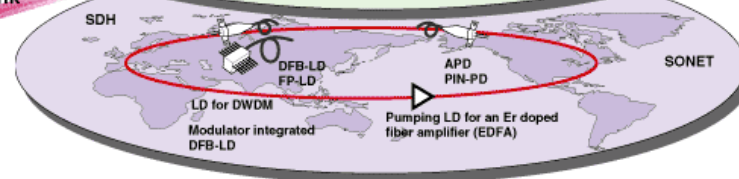
Terminal



Access



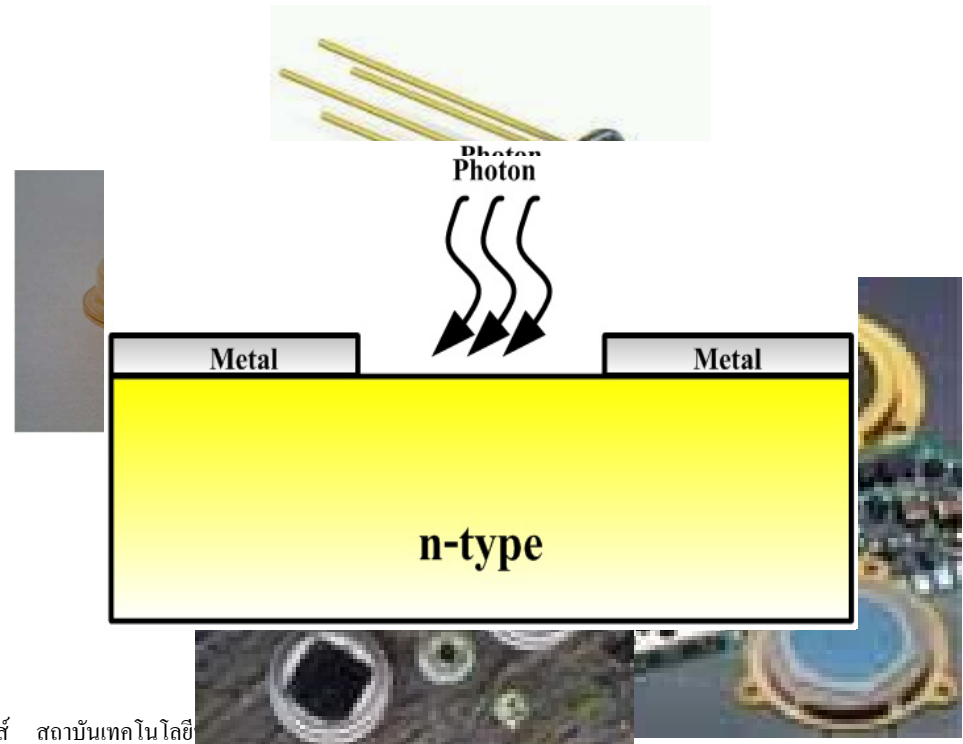
Trunk



ตัวตรวจจับแสง

Photodetector เป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำที่ทำหน้าทำตรวจจับแสง โดยการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งโดยทั่วไป Photodetector สามารถแบ่งตามลักษณะของโครงสร้างได้หลายประเภทดังนี้

1. p-n junction photodiode
2. p-i-n photodiode
3. Avalanche photodiode
4. MSM photodiode

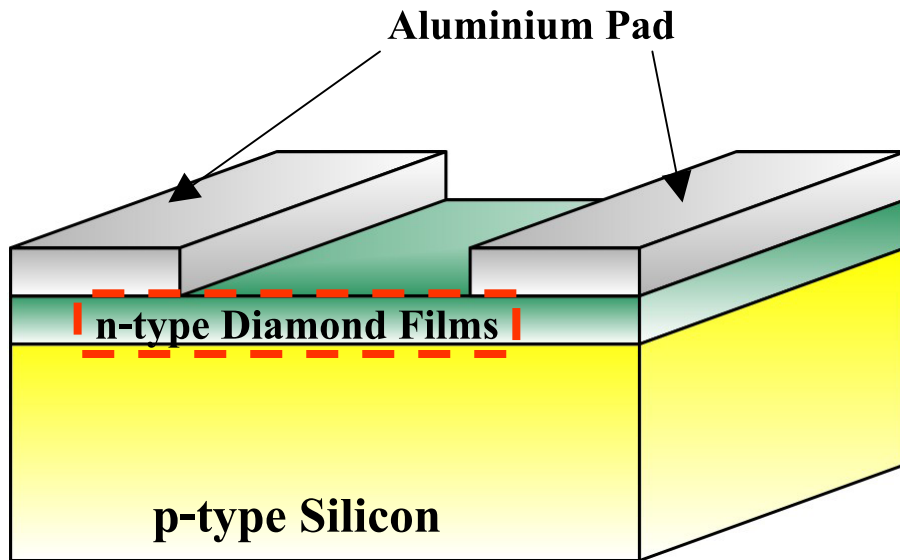


คุณสมบัติของฟิล์มเพชร

ตารางที่ 1

คุณสมบัติที่สำคัญของเพชรเปรียบเทียบกับซิลิคอน

คุณสมบัติ	CVD Diamond	Single-crystal Diamond	ซิลิคอน
Nature of band-gap	Indirect	Indirect	Indirect
Electronic band-gap (300 K)	5.45 eV	5.45 eV	1.12
Electron Mobility(cm ² /V.s)	1350-1500	2200	1350
Hole Mobility(cm ² /V.s)	480	1600	480
Electron saturated velocity (cm/s)	2.7×10^7	2.7×10^7	1×10^7
Hole saturated velocity (cm/s)	1.05×10^7	1.05×10^7	0.9×10^7
Breakdown field (V/cm)	-	$1-20 \times 10^6$	0.3×10^6
Refractive index: (visible light)	2.34	2.40–2.46	3.4
Density (g/cm³)	2.8-3.5	3.52	2.42
Dielectric constant: (300 K)	5.6	5.70	11.8

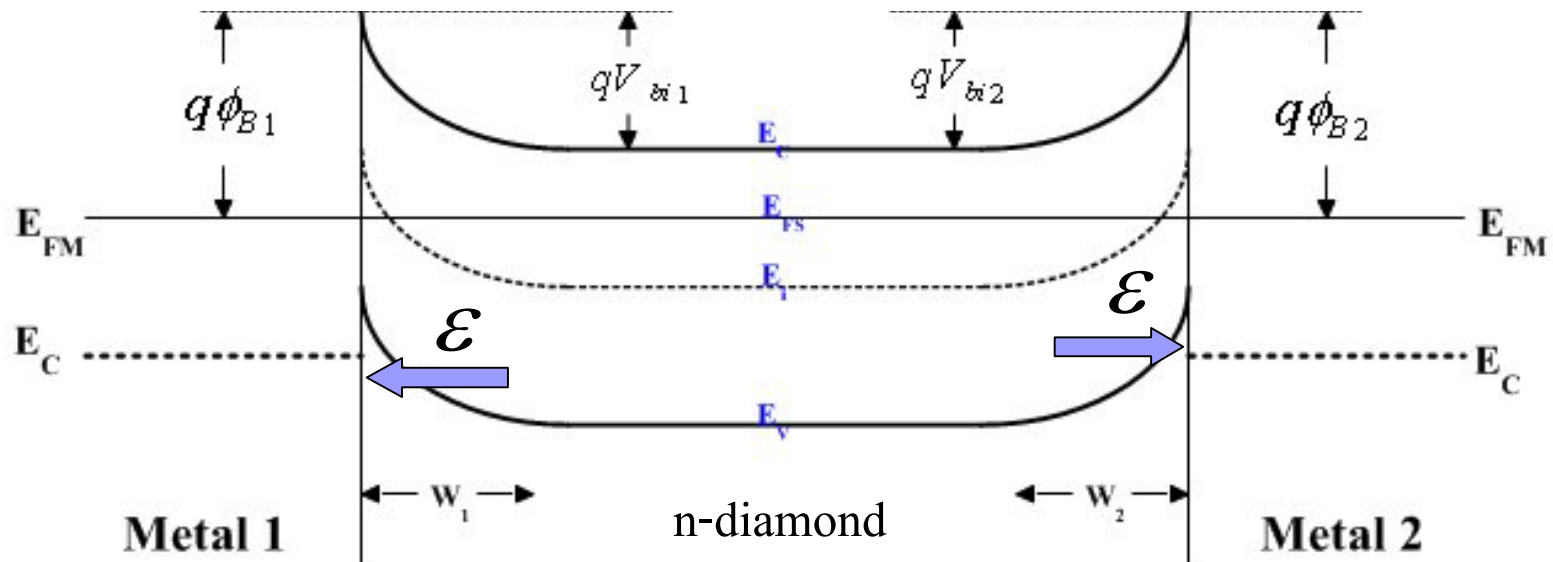


รูปที่ 1 ภาพตัดขวางของ MSM ที่มีโครงสร้างแบบ Al/n-Diamond/Al

ข้อดีของการเปลี่ยนสารกึ่งตัวนำจากซิลิคอนมาเป็นฟิล์มเพชร

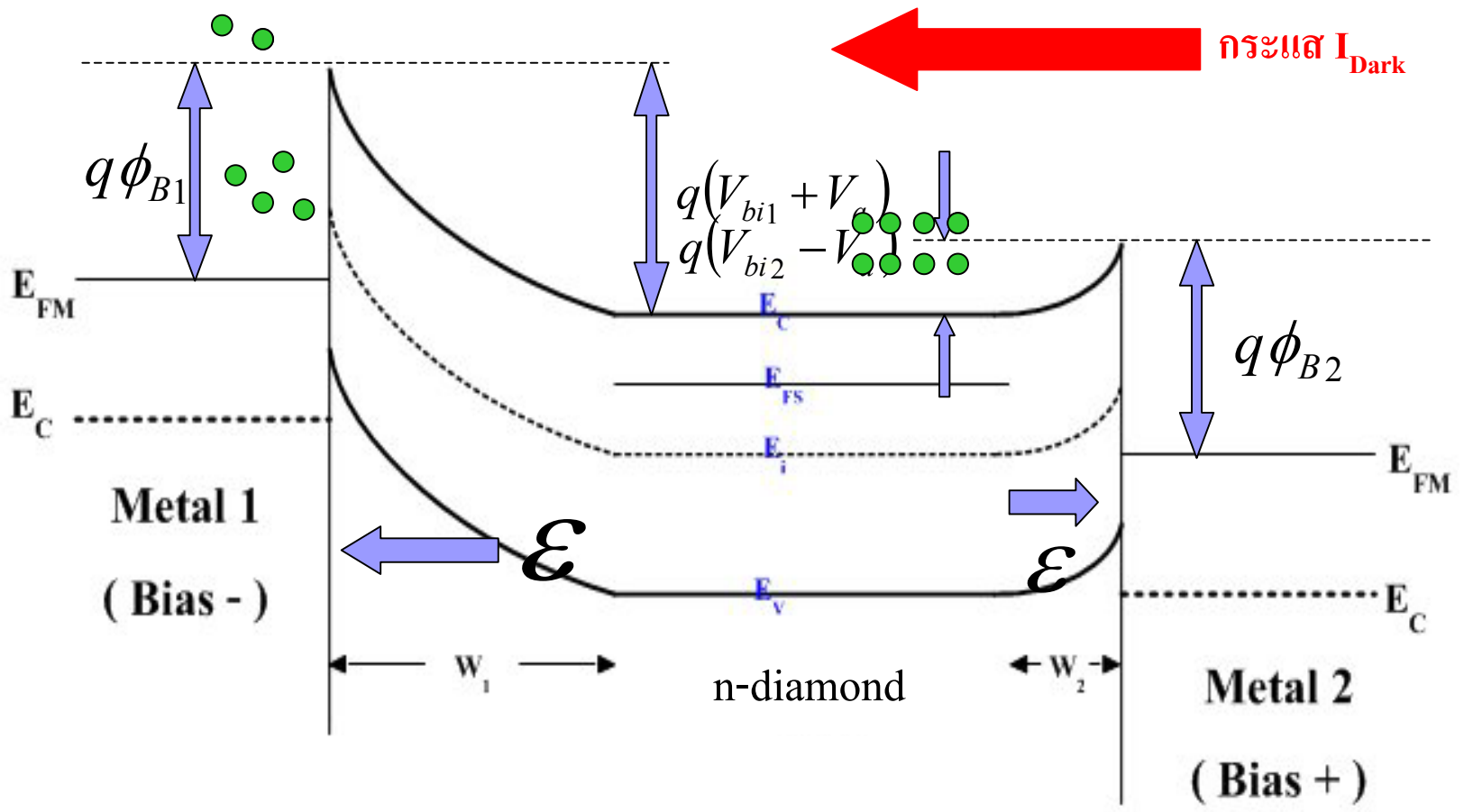
1. MSM สามารถใช้ได้ที่อุณหภูมิสูงๆ
2. MSM สามารถตอบสนองกับแสงได้ในช่วงความยาวคลื่นที่กว้างกว่าเดิม
3. MSM จะทนทานต่อรังสีที่มีพลังงานสูงๆ
4. ชั้นของฟิล์มเพชรสามารถใช้เป็นชั้นลดการสะท้อนได้
5. MSM สามารถตอบสนองต่อสัญญาณความถี่สูงได้ดีกว่าเดิม

หลักการทํางานของตัวตรวจจับแสง MSM ที่มีโครงสร้างแบบ Al/n-Diamond/Al (ต่อ)



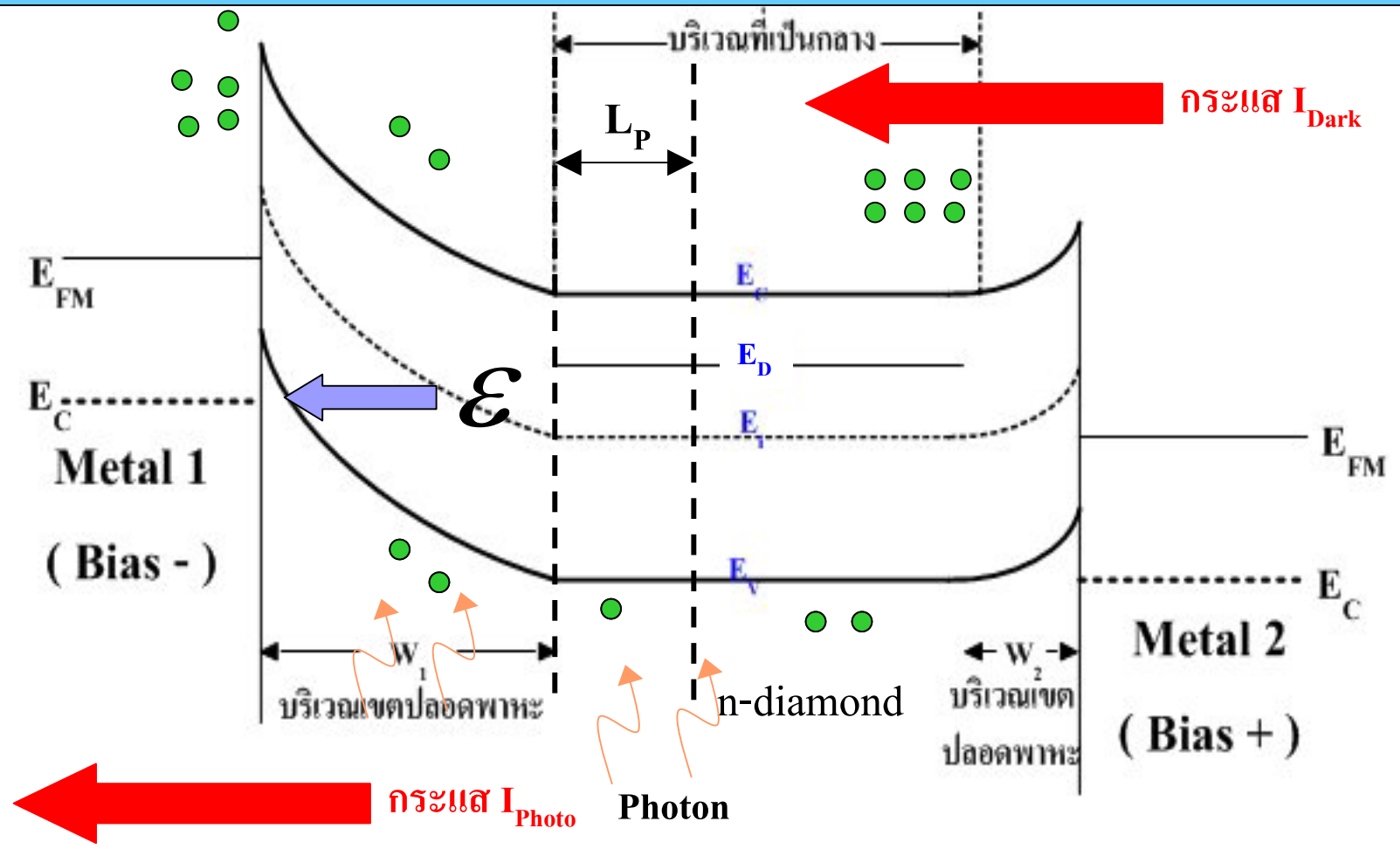
รูปที่ 2 Energy Band ของ MSM ในภาวะสมดุลความร้อน (MSM ยังไม่ได้รับ Bias)

หลักการทํางานของตัวตรวจจับแสง MSM ที่มีโครงสร้างแบบ Al/n-Diamond/Al (ต่อ)



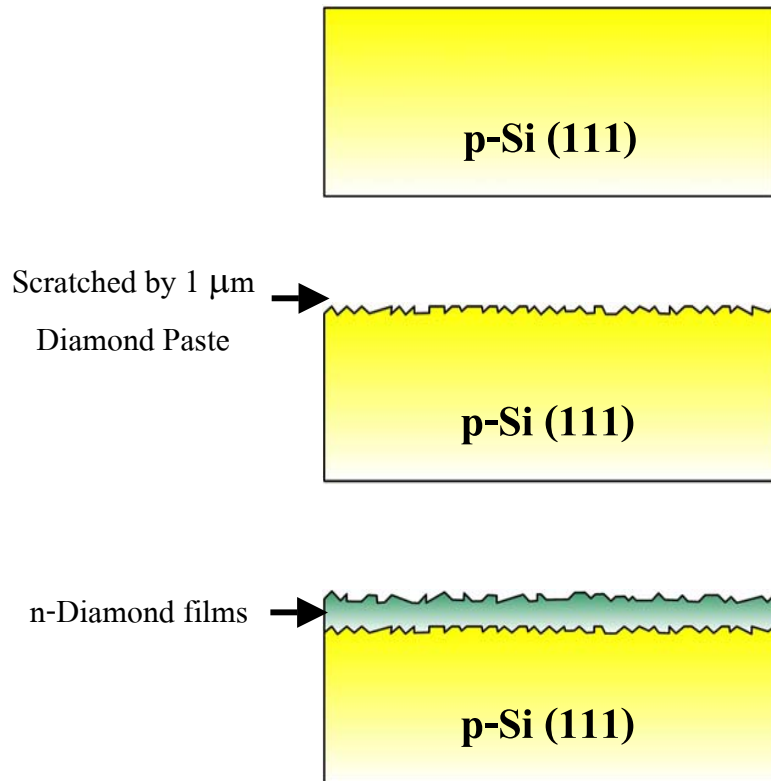
รูปที่ 3 Energy Band ของ MSM ในขณะที่ได้รับ Bias ในภาวะมืด

หลักการทำงานของตัวตรวจจับแสง MSM ที่มีโครงสร้างแบบ Al/n-Diamond/Al (ต่อ)



รูปที่ 4 Energy Band ของ MSM ในขณะที่ได้รับ Bias ขณะที่ได้รับแสง

กระบวนการสร้าง MSM ที่มีโครงสร้างแบบ Al/n-Diamond/Al



Cleaning

แผ่นซิลิคอน ชนิด p-type (111)

Resistivity 6 Ω.cm หน้า 400 μm

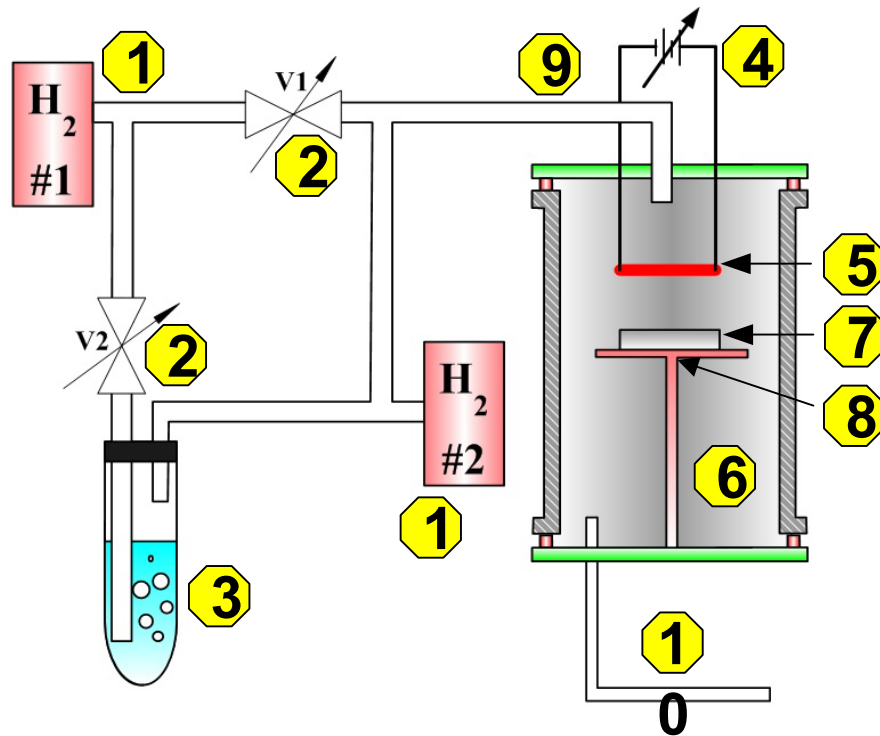
Scratching & Re-Cleaning

ขัดแผ่นซิลิคอนด้วย Diamond Paste $\phi = 1 \mu\text{m}$

Diamond thin films growing

สร้างฟิล์มเพชรด้วยวิธี HFCVD โดยใช้ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(99.9\%)$ ที่มี P_2O_5 เข้มข้น 10,000 ppm ผสมกับ H_2 , ความดัน 760 Torr, อุณหภูมิไส้ทั้งสแตน 1,900-2,100 °C, อุณหภูมิฐานรอง 800-1,000 °C, สร้างเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ให้ความหนาประมาณ 3-5 μm

กระบวนการสร้าง MSM ที่มีโครงสร้างแบบ Al/n-Diamond/Al (ต่อ)



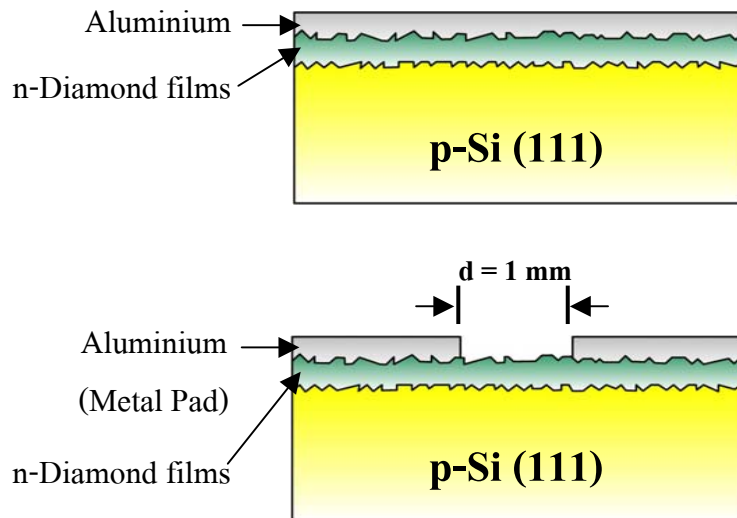
- 1. H₂
- 2.
- 3.
- 4. AC power supply
- 5. Tungsten filament
- 6. Chamber
- 7.
- 8. substrate holder

รูปที่ 5 แผนผังของเครื่อง HFCVD (Hot Filament Chemical Vapor Deposition)

input

output

กระบวนการสร้าง MSM ที่มีโครงสร้างแบบ Al/n-Diamond/Al (ต่อ)



Aluminium evaporation

ระเหยอะลูมิเนียมในสุญญากาศที่ความดัน 3×10^{-6} Torr

Photolithography

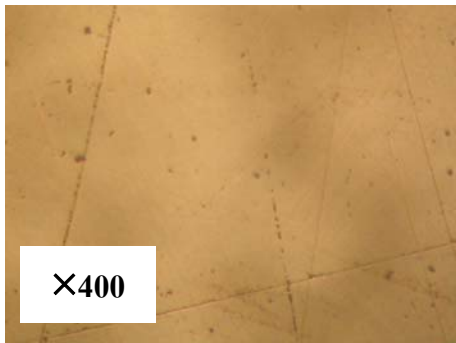
สกัดชั้นอะลูมิเนียมออกบางส่วนเพื่อสร้างช่องรับแสงและสร้างขั้วสัมผัสไฟฟ้าให้กับ MSM

กระบวนการสร้าง MSM ที่มีโครงสร้างแบบ Al/n-Diamond/Al (ต่อ)

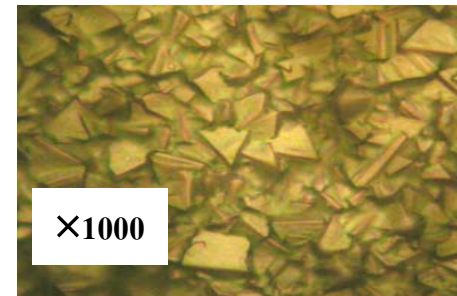
ก)



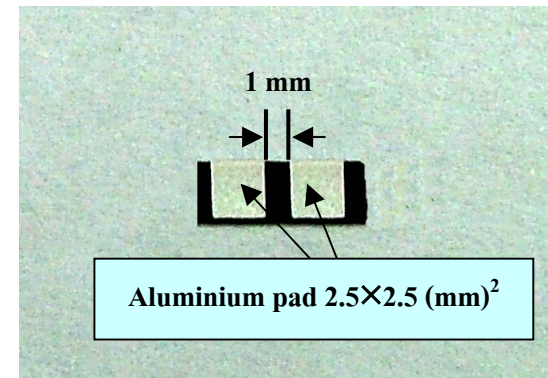
ข)



ค)



ง)



รูปที่ 6 ก) ผิวหน้าแผ่นซิลิคอนก่อนการกัดด้วยครีมเพชร

ข) ผิวหน้าแผ่นซิลิคอนหลังการกัดด้วยครีมเพชร

ค) รูปด้านบนของฟิล์มเพชร

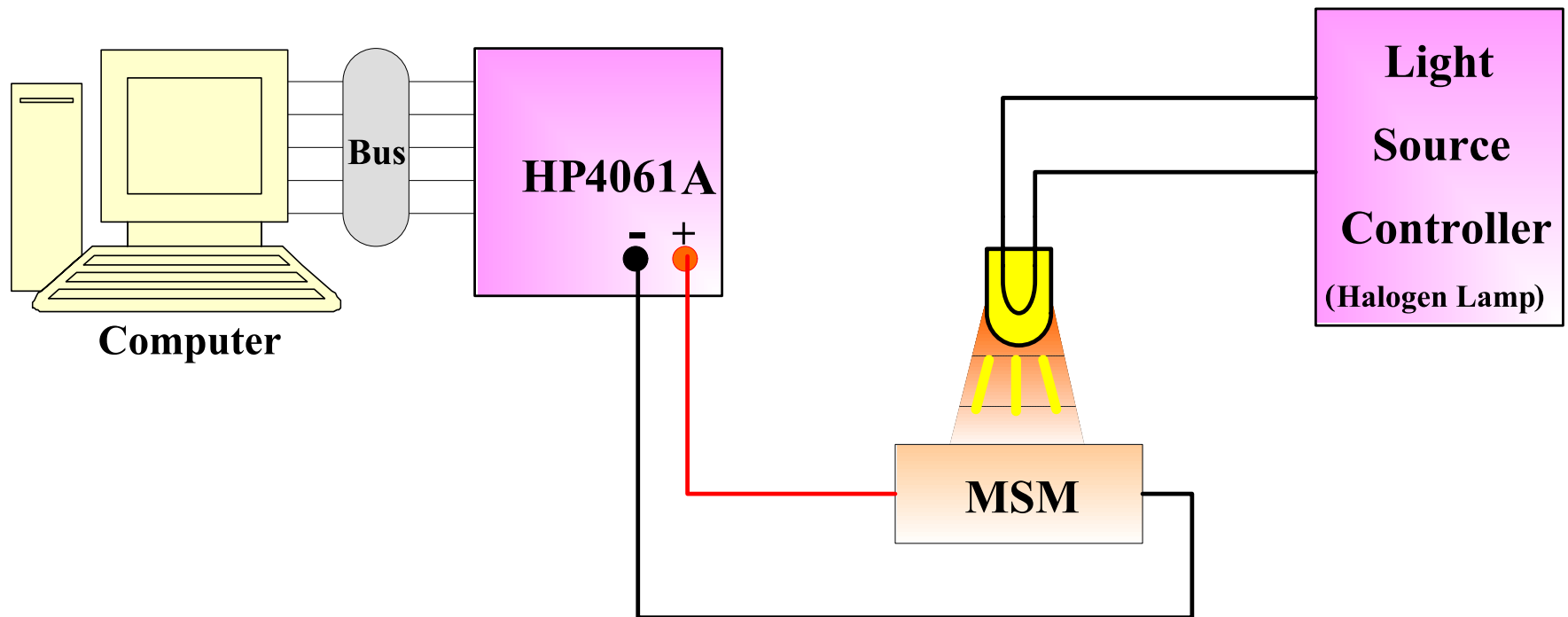
ง) รูปด้านบนของ MSM เมื่อเสร็จสมบูรณ์

การทดลองและผลการทดลอง

หลังจากที่ได้ทำการสร้าง MSM แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้า , คุณสมบัติทางแสง โดยเราจะวัดความสัมพันธ์ต่างๆดังนี้

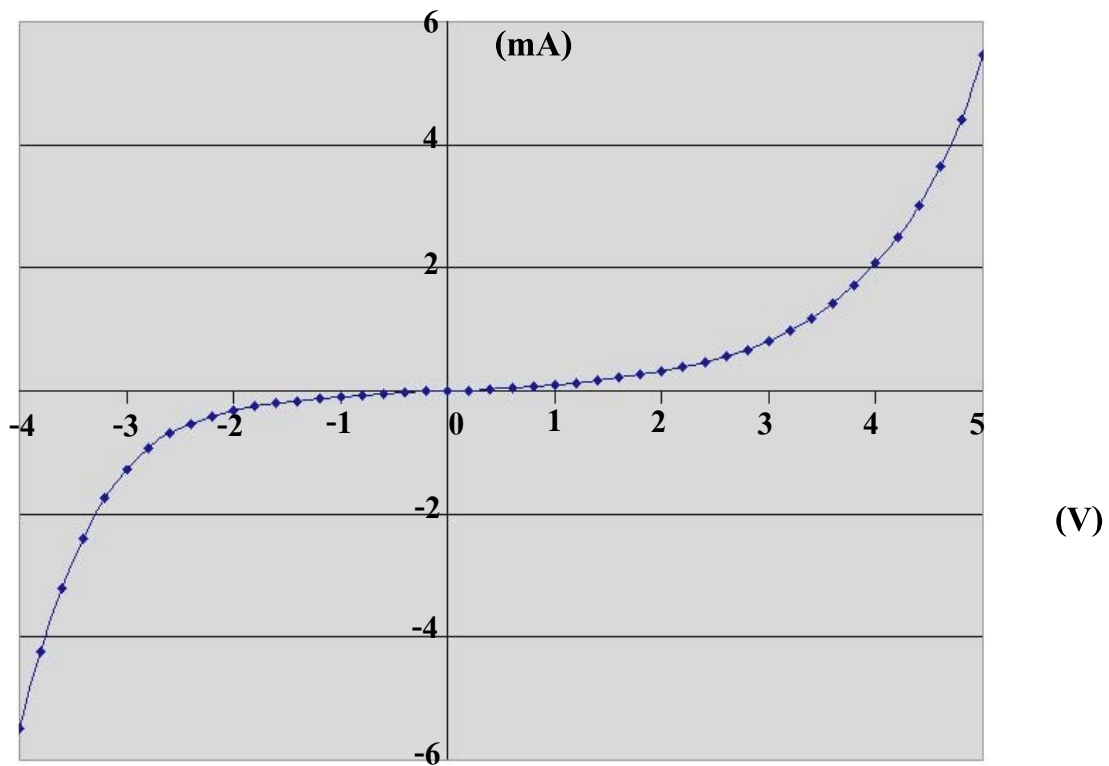
1. กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง กระแส-แรงดัน ของ MSM ในขณะที่ไม่มีแสง
2. กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสแสง-แรงดัน ของ MSM ที่ความเข้มแสงค่าต่างๆ
3. กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสแสง-ความเข้มแสง ของ MSM ที่แรงดันค่าต่างๆ

การทดลองและผลการทดลอง (ต่อ)



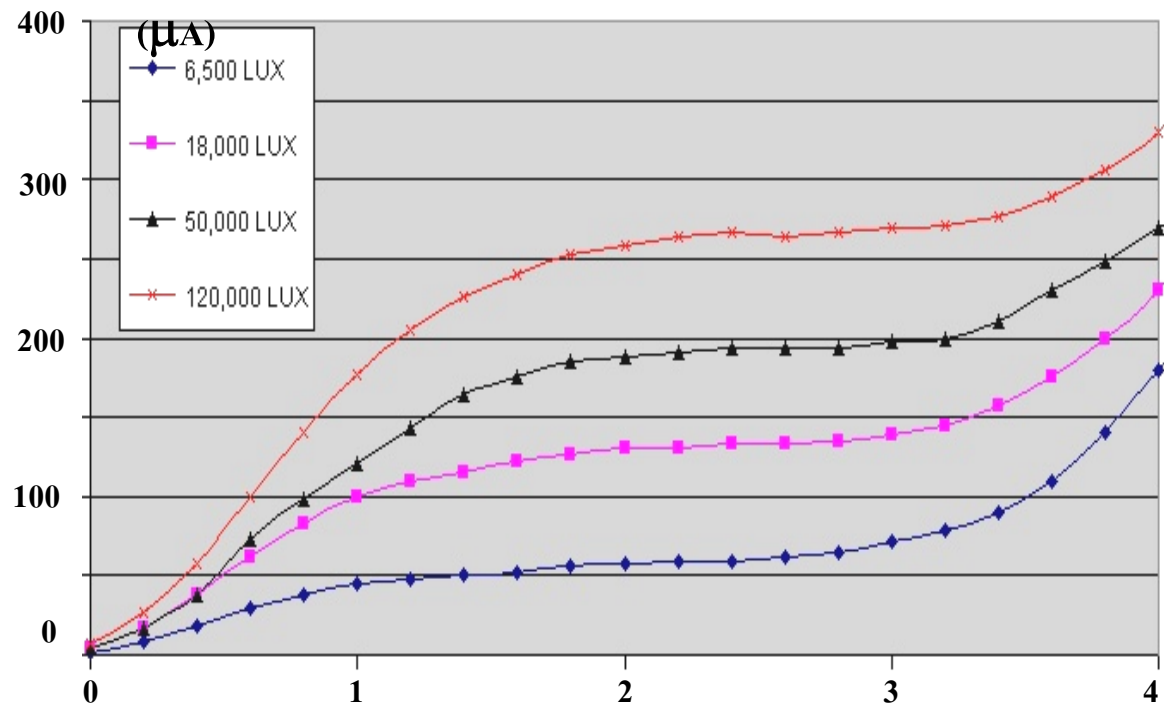
รูปที่ 7 แผนผังของวงจรที่ใช้เพื่อหาความสัมพันธ์ต่างๆ

การทดลองและผลการทดลอง (ต่อ)



8

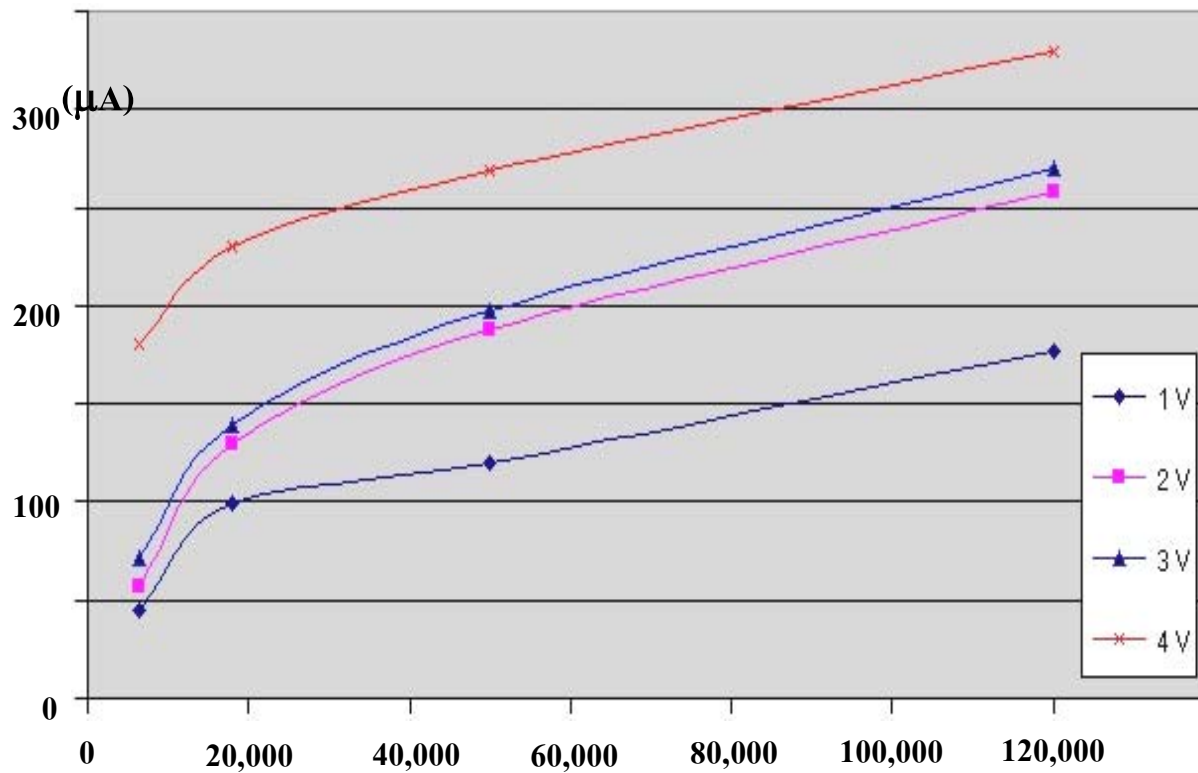
การทดลองและผลการทดลอง (ต่อ)



9

(V)

การทดลองและผลการทดลอง (ต่อ)



10

(lux)

สรุปผลการทดลอง

ตัวตรวจจับแสง MSM ที่มีโครงสร้างแบบ Al/n-Diamond/Al ที่ได้สร้างขึ้นมานั้นมีคุณสมบัติดังนี้

กระแสมืด (I_{Dark}) = 300 μA (ที่แรงดัน 2 V)

แรงดันพังทลาย \approx 4 Volt

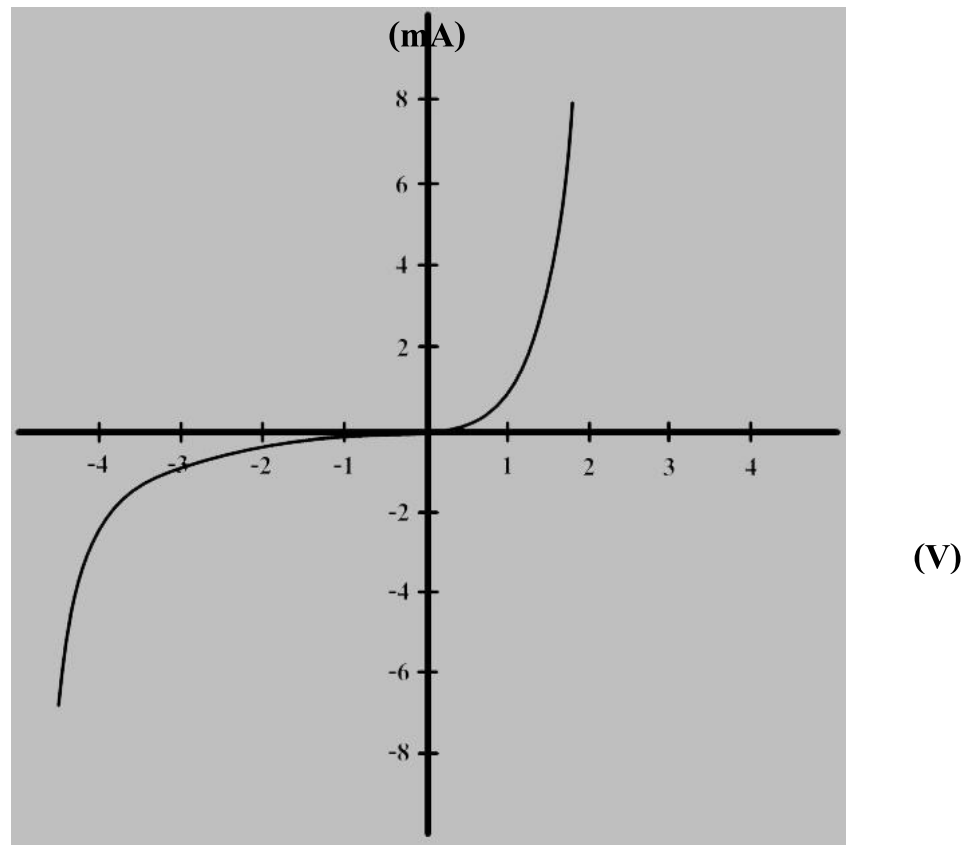
$$I_{\text{Photo}} \propto V_{\text{Bias}}$$

$$I_{\text{Photo}} \propto \text{ความเข้มแสง}$$

กระแสแสงของ MSM จะมีลักษณะเป็นเชิงเส้นในย่านความเข้มแสง 18,000-120,000 lux

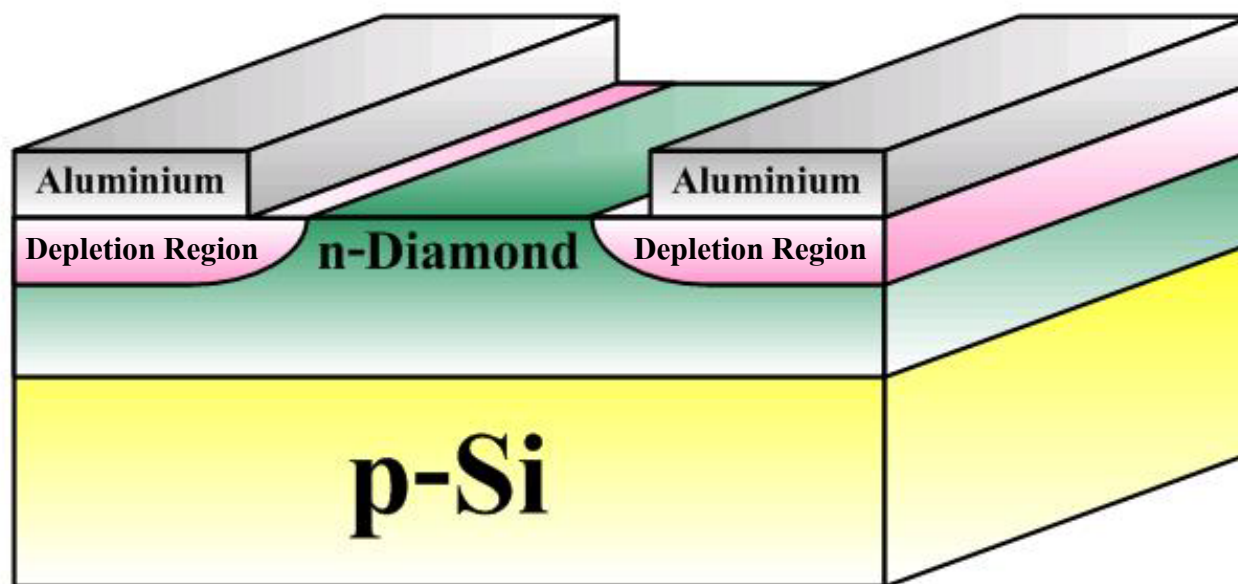
จบการนำเสนอ

การทดลองและผลการทดลอง (ต่อ)



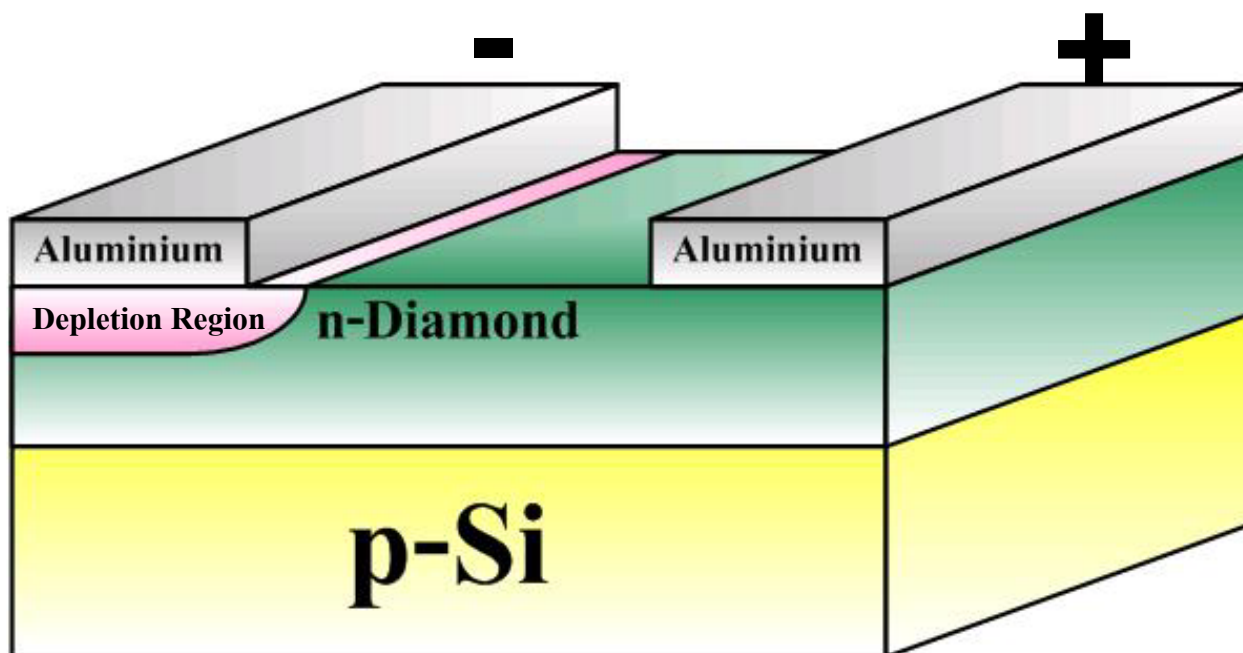
11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง กระแส-แรงดัน ของ schottky diode ใน
ขณะที่ไม่มีแสง

หลักการทำงานของตัวตรวจจับแสง MSM ที่มีโครงสร้างแบบ Al/n-Diamond/Al (ต่อ)



รูปที่ 11 ภาพตัดขวางของ MSM ขณะที่ไม่ได้รับการ Bias

หลักการทำงานของตัวตรวจจับแสง MSM ที่มีโครงสร้างแบบ Al/n-Diamond/Al (ต่อ)



รูปที่ 12 ภาพตัดขวางของ MSM ขณะได้รับการ Bias