

บทที่ 1

บทนำ

1.1 สถิติการเกิดอุบัติเหตุ

จากการสรุปสถิติการเกิดอุบัติเหตุทางถนน ในช่วงเทศกาลปีใหม่ปี 2557 (7 วัน อันตรายน) ตั้งแต่วันที่ 27 ธันวาคม 2556 ถึงวันที่ 2 มกราคม 2557 เกิดอุบัติเหตุรวม 3,174 ครั้ง ผู้เสียชีวิตรวม 366 ราย เทียบกับปี 2556 ผู้บาดเจ็บรวม 3,345 สาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุสูงสุดได้แก่ เมาสุรา ร้อยละ 41.71 ขับรถเร็วเกินกำหนด ร้อยละ 25.83 ยานพาหนะที่เกิดอุบัติเหตุสูงสุด ได้แก่ รถจักรยานยนต์ ร้อยละ 81.03 พฤติกรรมเสี่ยงที่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บและเสียชีวิตสูงสุด ได้แก่ ไม่สวมหมวกนิรภัย ร้อยละ 22.39 ส่วนใหญ่เกิดในเส้นทางตรง ร้อยละ 61.50 บนถนนทางหลวงแผ่นดิน ร้อยละ 37.08 ถนน อบต./หมู่บ้าน ร้อยละ 35.03 ช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุสูงสุด ได้แก่ ช่วงเวลา 16.01 น. – 20.00 น. ร้อยละ 28.48 ผู้บาดเจ็บและผู้เสียชีวิตส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มวัยแรงงาน ร้อยละ 56.59 สำหรับจังหวัดที่ไม่มีผู้เสียชีวิตในช่วง 7 วัน รวม 5 จังหวัด ได้แก่ แม่ฮ่องสอน บึงกาฬ ตราด ปัตตานี และพังงา จังหวัดที่เกิดอุบัติเหตุสะสมสูงสุด ได้แก่ นครสวรรค์ 127 ครั้ง จังหวัดที่มีผู้เสียชีวิตสะสมสูงสุด ได้แก่ นครราชสีมา 21 ราย จังหวัดที่มีผู้บาดเจ็บสะสมสูงสุด ได้แก่ นครสวรรค์ 137 คน⁽¹⁾ สถิติต่าง ๆ เกี่ยวกับอุบัติเหตุ เปรียบเทียบระหว่างปี 2556 กับปี 2557 แสดงในตารางที่ 1.1 – 1.5

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบจำนวนการเกิดอุบัติเหตุ 7 วัน

ปี 2556		ปี 2557	
27 ธันวาคม 2555 – 2 มกราคม 2556		27 ธันวาคม 2556 – 2 มกราคม 2557	
จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ	3,164 ครั้ง	จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ	3,174 ครั้ง

เห็นได้ว่าการเกิดอุบัติเหตุลดลง 10 ครั้ง คิดเป็น 0.32%

ตารางที่ 1.2 เปรียบเทียบจำนวนผู้บาดเจ็บ 7 วัน

ปี 2556		ปี 2557	
27 ธันวาคม 2555 – 2 มกราคม 2556		27 ธันวาคม 2556 – 2 มกราคม 2557	
จำนวนผู้บาดเจ็บ	3,329 ราย	จำนวนผู้บาดเจ็บ	3,345 ราย

เห็นได้ว่าการเกิดอุบัติเหตุเพิ่มขึ้น 16 ราย คิดเป็น 0.48%

ตารางที่ 1.3 เปรียบเทียบจำนวนผู้เสียชีวิต 7 วัน

ปี 2556		ปี 2557	
27 ธันวาคม 2555 – 2 มกราคม 2556		27 ธันวาคม 2556 – 2 มกราคม 2557	
จำนวนผู้เสียชีวิต	366 ราย	จำนวนผู้เสียชีวิต	366 ราย

ตารางที่ 1.4 พฤติกรรมเสี่ยงสำคัญเกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุ

	ปี 2556	ปี 2557
สาเหตุ	27 ธ.ค. 2555 – 2 ม.ค. 2556	27 ธ.ค. 2556 – 2 ม.ค. 2557
เมาสุรา	38.73	41.71
ขับซิ่งเร็วเกินกำหนด	22.58	25.83
ตัดหน้ากระชั้นชิด	15.96	13.39
มอเตอร์ไซด์ไม่ปลอดภัย	16.25	16.40
ทัศนวิสัยไม่ดี	9.79	2.00
ไม่มีใบอนุญาตขับขี่	6.36	2.67

ตารางที่ 1.5 ประเภทของยานพาหนะที่ประสบอุบัติเหตุ

	ปี 2556	ปี 2557
ประเภทยานพาหนะ	27 ธ.ค. 2555 – 2 ม.ค. 2556	27 ธ.ค.2556 – 2 ม.ค. 2557
มอเตอร์ไซด์	82.25	81.03
รถปิกอัพ	7.90	8.10
รถเก๋ง/รถแท็กซี่	4.10	7.1
รถบรรทุก 6 ล้อขึ้นไป	0.52	2.77
รถตู้	0.37	0.5
รถโดยสาร 4 ล้อขึ้นไป	0.37	0.5

ได้รับรายงานจากหน่วยพิชวิทยา สถาบันนิติเวช กรมตำรวจ ว่าระดับแอลกอฮอล์ในเลือดของผู้ขับขี่ยานพาหนะ ประมาณ 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์จะทำให้ โอกาสเกิดอุบัติเหตุเพิ่มขึ้น 6 เปอร์เซ็นต์และเพิ่มขึ้นเป็น 16 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีระดับปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือด 100 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ และถ้าระดับแอลกอฮอล์ในเลือด สูงถึง 150 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ จะมีโอกาสเกิดอุบัติเหตุ สูงถึง 27 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น การขับขี่ยานพาหนะ ภายใต้อิทธิพลของแอลกอฮอล์ (DUI: Driving Under Influence) จึงมีโอกาสเกิดอุบัติเหตุได้สูง

ในหลายประเทศจึงมีกฎหมาย ห้ามขับขี่ยานพาหนะ ขณะมีเมามา และในประเทศไทย พระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522 กำหนดไว้ว่า ห้ามขับขี่ยานพาหนะขณะมีเมามา โดยกฎหมายกระทรวง ที่ออกมาภายหลังได้กำหนดว่า หากปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดเกิน 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ถือว่าเมาสุรา โดยวิธีการตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์ในเลือดได้แก่ การตรวจเลือด การตรวจปัสสาวะ การตรวจน้ำลาย และ การตรวจลมหายใจ

การตรวจเลือด เป็นวิธีการที่ต้องใช้การเจาะเลือด และนำตัวอย่างไปตรวจในห้องปฏิบัติการ ใช้เวลาในการตรวจมาก และ ผู้ถูกตรวจต้องเจ็บ ผู้ตรวจวิเคราะห์ต้องมีความชำนาญเฉพาะทาง ส่วนผลที่ได้รับจะมีความถูกต้องแม่นยำมาก

การตรวจปัสสาวะ เป็นการตรวจที่ต้องนำตัวอย่างปัสสาวะ ไปตรวจในห้องปฏิบัติการ ใช้เวลาในการตรวจมาก ผู้ตรวจวิเคราะห์ต้องมีความชำนาญเฉพาะทาง ส่วนผลที่ได้รับจะมีความถูกต้องแม่นยำมาก

การตรวจน้ำลาย เป็นการตรวจ ณ จุดตรวจได้ มีข้อเสียคือ ในกรณีที่เพิ่งดื่มแอลกอฮอล์มา จะมีแอลกอฮอล์ ในน้ำลายมาก ทำให้เกิดผลคลาดเคลื่อน วิธีนี้เหมาะสำหรับใช้เป็นการตรวจเบื้องต้นว่าได้มีการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มาก่อนหรือไม่

การตรวจลมหายใจ เป็นการตรวจ ณ จุดตรวจได้ มีข้อดีคือ ได้ผลเร็ว ตัดปัญหาเรื่องการเปลี่ยนแปลงระดับแอลกอฮอล์ในเลือด ซึ่งอาจมีได้หากเวลาเกิดเหตุกับเวลาเจาะเลือดต่างกันมาก ผู้ตรวจไม่ต้องมีความชำนาญเฉพาะทาง หรือฝึกได้ ผลที่ได้ใกล้เคียงกับวิธีแรก และเป็นที่ยอมรับของหลายประเทศ การตรวจระดับแอลกอฮอล์ในเลือดนั้น ในกฎกระทรวงฉบับที่ 16 พ.ศ. 2537 ออกตามความในพระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522 ข้อ 1(1) ได้กำหนดให้ทำการตรวจแอลกอฮอล์ จากลมหายใจเท่านั้น แต่ถ้าไม่สามารถทดสอบจากลมหายใจได้ จึงจะทดสอบจากทางเลือดหรือทางปัสสาวะ ตามลำดับ

1.2 ประวัติความเป็นมา

การศึกษาวิธีที่จะวัดระดับแอลกอฮอล์ในร่างกายมีมากกว่า 150 ปีแล้ว ผู้ที่ศึกษาเป็นคนแรก คือ Franxis Edmund Ansie (ค.ศ.1833-ค.ศ.1874) ชาวอังกฤษ พบว่าแอลกอฮอล์ที่ดื่มเข้าไป จะสามารถพบบางส่วนได้ในลมหายใจ ปัสสาวะ นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ Nielous (ค.ศ.1848-ค.ศ.1910) ศึกษาพบว่า แอลกอฮอล์ที่ดื่มเข้าไป จะพบใน ลมหายใจ ปัสสาวะ น้ำลาย และเหงื่อ แอลกอฮอล์ในร่างกายจะถูกเปลี่ยนเป็น acetaldehyde แล้วถูกเปลี่ยนเป็น acetic acid และสุดท้ายจะถูกเปลี่ยนเป็น cabondioxide ในระยะแรก การวิเคราะห์หาระดับแอลกอฮอล์ ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างจากเลือดหรือปัสสาวะจากผู้ต้องสงสัย ปัญหาคือต้องวิเคราะห์ ในห้องปฏิบัติการและต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญการ ทราบผลช้า ฉะนั้นจึงได้นำวิธีการวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดจากลมหายใจมาใช้ ในช่วงปี ค.ศ.1930-ค.ศ.1953 ได้มีการคิดค้นเครื่องวัดแอลกอฮอล์ในเลือดโดยวิธีการเป่าลมหายใจขึ้น

1.3 วิธีการวัดแอลกอฮอล์ในร่างกายโดยวิธีการเป่าลมหายใจ

วิธีการตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในร่างกายทางลมหายใจ มีด้วยกัน 4 แบบ คือ

- 1.3.1 แบบ colorimeter จะเปลี่ยนสีจากสีเหลืองซึ่งเป็นสีของ Potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$) ไปเป็นสีเขียวหรือสีของ Chromium sulfate ($Cr_2(SO_4)_2$) เมื่อได้รับไอของแอลกอฮอล์ แม้มีราคาถูกแต่ไม่มีความเที่ยงตรงในการวัด มีความจำเพาะต่ำ คือสามารถตรวจหาสารอื่นที่เป็นไฮโดรคาร์บอนได้ด้วยและใช้ได้เพียงครั้งเดียว
- 1.3.2 แบบ semiconductor เมื่อไอของแอลกอฮอล์ไปจับกับพื้นผิวของ oxide semiconductor จะทำให้สภาพการนำไฟฟ้าของ semiconductor เปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มข้นของไอแอลกอฮอล์ โดยไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงต่อกัน มีราคาถูก อายุการใช้งานยาวนาน แต่ความเที่ยงตรงไม่สูงและมีความจำเพาะต่ำ
- 1.3.3 แบบ fuel cell เป็นแบบเซลล์ไฟฟ้าเคมี (electrochemical fuel cell) เมื่อไอของแอลกอฮอล์ถูกดูดซับโดย cell จะทำให้เกิดปฏิกิริยากลายเป็นกรดอะซิติกและเกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับไอแอลกอฮอล์ มีความเที่ยงตรงในการวัดและมีความจำเพาะสูงกว่าแบบ semiconductor แต่มีราคาแพง และมีอายุการใช้งานสั้นกว่าแบบ semiconductor
- 1.3.4 แบบ infrared absorption อาศัยหลักการที่แสง infrared จะถูกดูดซับเล็กน้อยเท่าใด ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไอแอลกอฮอล์ มีความเที่ยงตรงในการวัดและมีความจำเพาะสูงที่สุด แต่มีราคาแพงและมีขนาดใหญ่ จึงถูกใช้เพื่อตรวจพิสูจน์ทางคดี แต่วิธีตรวจวัดทั้ง 3 แบบข้างต้น ถูกใช้เพื่อการตรวจคัดกรองเท่านั้น

ลักษณะของเครื่องวัดแอลกอฮอล์จากลมหายใจแบบต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 1.1



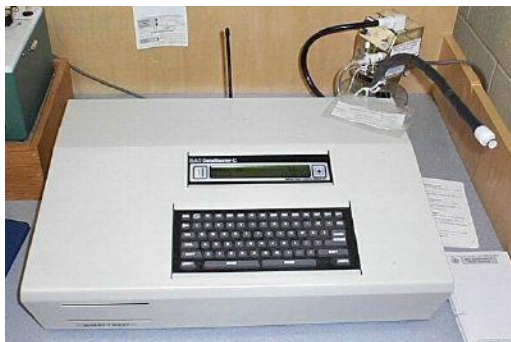
(a)



(b)



(c)



(d)

รูปที่ 1.1 เครื่องวัดฯ แบบต่าง ๆ

- (a) แบบ calorimeter
- (b) แบบ semiconductor
- (c) แบบ fuel cell
- (d) แบบ infrared

ข้อดีข้อเสียและความเหมาะสมของหัวตรวจวัดแต่ละชนิด แสดงดังตารางที่ 1.6

ตารางที่ 1.6 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย และความเหมาะสมของหัวตรวจวัดแต่ละชนิด

ชนิด	ข้อดี	ข้อเสีย	ความเหมาะสม
1. colorimeter	- ราคาถูก - วัดได้ว่ามีหรือไม่มี	- ไม่มีความเที่ยงตรงของการวัด - มีความจำเพาะต่ำ คือสามารถวัดสารอื่นเป็นไฮโดรคาร์บอนได้ด้วย - ใช้ได้ครั้งเดียว	ใช้สำหรับตรวจวัดเพื่อคัดกรอง (screening Test)
2. semiconductor	- ราคาถูก - วัดได้ว่ามีหรือไม่มีและบางยี่ห้อ อ่านค่าปริมาณแอลกอฮอล์ได้ - ตัว semiconductor มีอายุยาวนาน ไม่เสื่อมง่าย	- ความเที่ยงตรง (accuracy) ไม่ดี - ค่าที่อ่านได้จะไม่เป็นสัดส่วนโดยตรง (non-linear) กับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ - ความคงที่ (stability) ไม่ดีเมื่อเทียบกับชนิด Infrared ต้องมีการสอบเทียบทุกสัปดาห์ - มีความจำเพาะต่ำ คือสามารถตรวจวัดสารอื่นที่เป็นไฮโดรคาร์บอนได้ด้วย	ใช้สำหรับตรวจวัดเพื่อคัดกรอง (screening Test)
3. fuel cell	- มีความถูกต้อง (accuracy) ดี - ค่าที่อ่านได้มีความเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ (linearity) มีความจำเพาะต่อการวัด - มีความคงที่ (stability) ดีเมื่อเทียบกับชนิด infrared ไม่ต้องทำการสอบเทียบบ่อย (ตรวจสอบเทียบทุก 6 เดือน)	- ราคาแพงเมื่อเทียบกับชนิดที่ 1 และ 2 - มีอายุการใช้งาน 3-5 ปีต้องเปลี่ยนใหม่	ใช้งานตรวจสอบแอลกอฮอล์จากลมหายใจทางภาคสนามได้ดี
4. infrared absorption	- มีความจำเพาะต่อการวัด Ethyl alcohol ดี - มีความคงที่ (stability) ดีใช้เป็นมาตรฐานการสอบเทียบได้	- ราคาแพง - มีขนาดใหญ่	ใช้ในงานปฏิบัติการเพื่อการตรวจพิสูจน์ (Evidential Test)

จากตาราง 1.6 แม้ว่าตัวตรวจวัดชนิด semiconductor นั้น จะไม่ใช่ตัวตรวจวัดที่ดีที่สุดใน การตรวจวัด แต่ด้วยข้อดีที่มีราคาถูก อายุการใช้งานยาวนาน ใช้สำหรับตรวจเพื่อคัดกรอง ได้ และตรงกับความพร้อมที่มีอยู่ของทาง ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จึงทำให้ถูกเลือกใช้ ในการสร้างเครื่องตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ ทางลมหายใจ ส่วนความเที่ยงตรง (accuracy) ที่เกิดจากความไม่เป็นสัดส่วน (non-linear) ของ สภาพการนำไฟฟ้ากับปริมาณความเข้มข้นของปริมาณแอลกอฮอล์ และความคงที่ (stability) นั้น Lucy T. Di Benndetto⁽²⁾ และคณะ ได้แสดงให้เห็นว่า สามารถสร้างระบบตรวจวัดปริมาณ แอลกอฮอล์ที่สัมพันธ์สัมพันธ์ (correlation coefficient) สูงถึง 0.9999 เทียบกับการ วิเคราะห์ด้วยวิธี gas chromatography

1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เนื่องจากปัญหาอุบัติเหตุจากยานยนต์ที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจาก พฤติกรรมการขับที่ขณะมีเมเมา ทำให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง คือ กรมการแพทย์ กระทรวง สาธารณสุข ได้มีการรณรงค์ให้มี โครงการเมาไม่ขับเกิดขึ้น เพื่อลดปัญหานี้ แต่ด้วยเครื่องวัด แอลกอฮอล์ในเลือดจากการตรวจลมหายใจส่วนบุคคล (personal breath alcohol analyzer) ที่ม ีความสามารถในระดับการตรวจเพื่อคัดกรอง (screening test) ที่นำเข้าจากต่างประเทศนั้น ยังมีราคาค่อนข้างแพง และไม่สะดวกต่อการบำรุงรักษา จึงไม่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย

ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยชิ้นนี้ จึงต้องการสร้างเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ใน เลือดจากลมหายใจแบบพกพา กะทัดรัดที่แสดงผลเป็นตัวเลข โดยใช้หัววัดแบบ semiconductor ในระดับการตรวจเพื่อคัดกรอง

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย และการพัฒนาเครื่องตรวจวัดปริมาณ แอลกอฮอล์จากลมหายใจแบบพกพา แสดงผลด้วยตัวเลขที่ใช้ในระดับการตรวจเพื่อคัดกรอง โดยใช้หัววัดแบบ semiconductor มีดังนี้

2.1 การวัดปริมาณแอลกอฮอล์จากลมหายใจ⁽³⁾

2.1.1 กฎของเฮนรี (Henry's Law)

เมื่อเราดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์เป็นส่วนผสม แอลกอฮอล์ส่วนหนึ่งจะถูกดูดซึมที่ปาก และกระเพาะอาหาร ส่วนที่เหลือจะถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็ก เนื่องจากโมเลกุลของแอลกอฮอล์มีขนาดเล็กและไม่ต้องการน้ำย่อยในการย่อยก่อน ฉะนั้นแอลกอฮอล์จึงถูกดูดซึมอย่างรวดเร็วเข้าสู่เลือด เมื่อแอลกอฮอล์เข้าสู่เลือดแล้ว จะเคลื่อนที่ตามทิศทางเดินของเลือดจากลำไส้เล็กสู่ตับ จากนั้นแอลกอฮอล์บางส่วนจะถูกทำลายโดยตับ จากนั้นเลือดจะผ่านไปตามด้านหัวใจด้านขวา และถูกสูบฉีดไปยังปอดเพื่อรับออกซิเจน และส่งต่อไปยังหัวใจด้านซ้ายและถูกสูบฉีดไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

ปอดซึ่งทำหน้าที่แลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน โดยมีทิศทางตรงกันข้าม และแอลกอฮอล์มีการแลกเปลี่ยนในทิศทางเดียวกันกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นเมื่อเราหายใจออกจึงมี ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไอแอลกอฮอล์ (Henry's Law) ที่กล่าวว่า "ปริมาณของก๊าซที่ละลายอยู่ในของเหลวจะเปลี่ยนแปลงเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับความกดดันของก๊าซที่กระทำเหนือของเหลว" จึงสามารถนำมาใช้ในการอธิบายการวิเคราะห์หาปริมาณของแอลกอฮอล์ในเลือดจากแอลกอฮอล์ในลมหายใจได้ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ค่าหนึ่งที่ใช้ในการแปลงค่าปริมาณ แอลกอฮอล์ในเลือดเป็นปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ ซึ่งเรียกว่า blood/ breath ratio มีค่าที่ใช้แตกต่างกันหลายค่าในแต่ละประเทศดังตารางที่ 2.1 โดยประเทศไทยใช้ blood/ breath ratio ที่ 1:2,000

ตารางที่ 2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ในการแปลงค่าระหว่างความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือดต่อ
ลมหายใจและหน่วยของแอลกอฮอล์ในเลือด ของประเทศต่าง ๆ⁽³⁾

Country	Blood : Breath Ratio
France, Austria, Norway, Thailand	1:2,000
Germany, Hungary, Norway, Sweden, Spain, Australia, U.S.A	1:2,100
United Kingdom, Turkey, New Zealand, Malaysia, Singapore, Zimbabwe, Tanzania, Belgium, Portugal, Holland, South Africa	1:2,300

หน่วยวัดปริมาณแอลกอฮอล์แบ่งเป็น 2 อย่างคือ หน่วยวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจและหน่วยวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือด ดังตารางที่ 2.2 และ 2.3

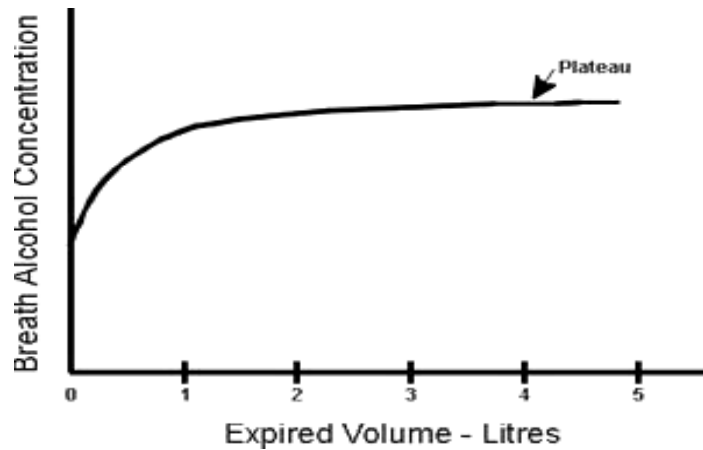
ตารางที่ 2.2 หน่วยวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ (breath alcohol concentration : BrAC Unit)

BrAC Units	Abbreviation	Country
Milligrams per liter	mg/l	Continental Europe, Scandinavia, Japan, South Africa, Thailand, Austria, Norway, France
Micrograms per hundred Milliliters	$\mu\text{g}/100\text{ml}$, $\mu\text{g}\%$, $\mu\text{g}/\text{dl}$	United Kingdom
Micrograms per liter	$\mu\text{g}/\text{l}$	New Zealand, Netherland

ตารางที่ 2.3 หน่วยวัดปริมาณความเข้มข้นแอลกอฮอล์ในเลือด (Blood Alcohol Concentration : BAC Unit)⁽⁴⁾

BAC Units	Abbreviation	Country
Milligrams per hundred liter	mg/100ml, mg/%, mg%, mg/dl	UK, Africa(parts), Middle East, Malaysia, Canada, Thailand
Percent blood alcohol	%BAC, %BAL	USA, Australia, South Africa
Promille(w/v) (parts per thousand)	%, g/l	France, Portugal, Italy
Promille(w/w) (parts per thousand)	%, g/kg	Germany, East Europe, Scandinavia

จากการหายใจออกมาหนึ่งครั้งของผู้ที่มีแอลกอฮอล์ในกระแสเลือด ลมหายใจในช่วงแรกจะเป็นลมหายใจจากช่องคอ ดังนั้นในช่วงนี้ระดับแอลกอฮอล์ในลมหายใจจะมีค่าน้อยจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และในช่วงต่อมาจะเป็นลมหายใจที่ออกมาจากปอด ซึ่งจะมีระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในลมหายใจสูงขึ้นจนกระทั่งเริ่มเข้าสู่ระดับที่ระดับแอลกอฮอล์ในลมหายใจมีค่าค่อนข้างจะคงที่ ซึ่งแอลกอฮอล์ในลมหายใจในช่วงนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดดังที่ได้กล่าวถึงในหัวข้อข้างต้น โดยปริมาณของลมหายใจที่ผ่านจากช่วงแรกนั้นจะมีค่าโดยประมาณที่ 1.5 ลิตร⁽⁵⁾ ซึ่งแสดงตามรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ความเข้มข้นของไฮแอลกอฮอล์เมื่อหายใจออกมาในช่วงปริมาตรต่าง ๆ

ตารางที่ 2.4 ปริมาณความเข้มข้นแอลกอฮอล์ในเลือดที่บังคับใช้กับผู้ขับขี่ยานพาหนะในแต่ละประเทศ

Country	% BAC* Limit
Armenia, Azerbaijan, Czech Republic, Estonia, Hungary, Kyrgyzstan, Romania, Slovak Republic,	0
Albania	0.01
Norway	0.02
Georgia, Moldova, Turkmenistan	0.03
Lithuania	0.04
Argentina, Australia, Austria, Belarus, Belgium, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Israel, Italy, Latvia, The Netherlands, Peru, Poland, Portugal, Slovenia, South Africa, South Korea, Spain, Turkey. Thailand	0.05

ตารางที่ 2.4 ปริมาณความเข้มข้นแอลกอฮอล์ในเลือดที่บังคับใช้กับผู้ขับขี่ยานพาหนะในแต่ละประเทศ (ต่อ)

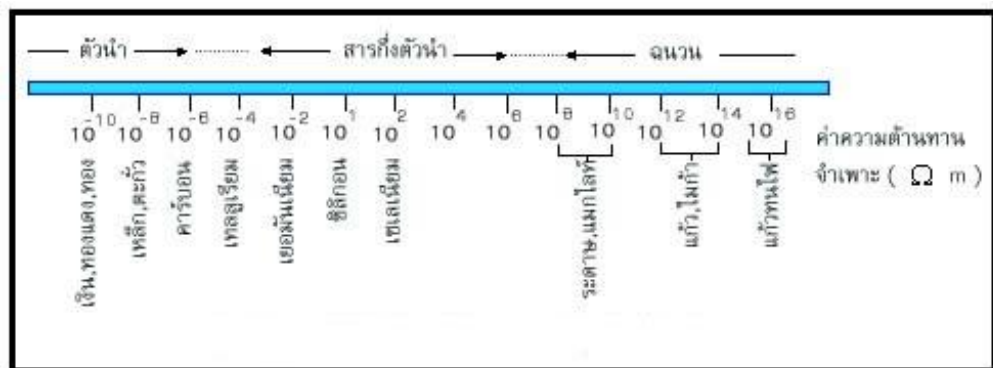
Country	% BAC* Limit
Canada, Ireland, Luxembourg, Malta, New Zealand, Singapore, Switzerland, United Kingdom, United State, Zimbabwe	0.08
United State	0.1

*%BAC คือ ปริมาณแอลกอฮอล์มีหน่วยเป็น 1 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตรของเลือด ดังนั้น 0.01%BAC จึงมีค่าเท่ากับแอลกอฮอล์ 10 mg ในเลือด 100 มิลลิลิตร หรือ 10 mg%

จากตารางที่ 2.4 ในบางประเทศจะไม่อนุญาตให้ผู้ที่มีแอลกอฮอล์ในเลือดขับขี่ยานพาหนะ และในประเทศไทยกำหนดระดับแอลกอฮอล์ในเลือดสำหรับผู้ขับขี่ยานพาหนะไว้ที่ไม่เกิน 0.05 %BAC หรือ 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่ประเทศส่วนใหญ่ได้เลือกใช้

2.2 ทฤษฎีสารกึ่งตัวนำ⁽⁶⁾

สารกึ่งตัวนำเป็นสารที่มีสมบัติอยู่ระหว่าง ตัวนำและฉนวน เช่น ซิลิกอน เยอรมันเนียม เทลลูเรียม เป็นต้น สารดังกล่าวเหล่านี้ มีสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำคือ มีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระอยู่น้อยจึงไม่สามารถทำให้กระแสไฟฟ้าไหลเป็นจำนวนมาก ฉะนั้นลำพังสารนี้อย่างเดียวจึงไม่สามารถทำประโยชน์อะไรได้มากนัก ดังนั้น เพื่อจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลเป็นจำนวนมากเราจึงต้องมีการปรุงแต่งโดยการเลือกเจือปนอะตอมของธาตุอื่นลงไปในเรื่องของสารเนื้อเดียวเหล่านี้ หรือเอาอะตอมของธาตุบางชนิดมาทำปฏิกิริยากัน ให้ได้สารประกอบที่มีสมบัติตามต้องการ สารกึ่งตัวนำที่สร้างขึ้นดังกล่าวเรียกว่า สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์ หรือสารกึ่งตัวนำแบบสารประกอบ ตามลำดับ ซึ่งจะใช้ทำทรานซิสเตอร์และไดโอดชนิดต่าง ๆ สำหรับสารกึ่งตัวนำที่มีเฉพาะอะตอมของธาตุชนิดเดียว คือไม่มีอะตอมของธาตุชนิดอื่นเจือปนอยู่เลย จะแสดงดังรูป



รูปที่ 2.2 การนำไฟฟ้าของธาตุชนิดต่าง ๆ

2.2.1 สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์

สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ คือ ธาตุกึ่งตัวนำ ที่ยังไม่ได้เติมสารเจือปน (doping) ใด ๆ ลงไป ธาตุกึ่งตัวนำที่นิยมนำไปทำเป็นสารกึ่งตัวนำในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ คือ ธาตุกึ่งตัวนำ ซิลิกอน และธาตุกึ่งตัวนำเยอรมันเนียม ธาตุทั้ง 2 ชนิดนี้ จะมีวงแหวนวาเลนซ์อิเล็กตรอน 4 ตัว แต่อิเล็กตรอนทั้งหมดจะไม่เท่ากัน โดยซิลิกอนจะมีอิเล็กตรอนทั้งหมด 14 ตัว ส่วนเยอรมันเนียม จะมีอิเล็กตรอนทั้งหมด 32 ตัว ต่อ 1 อะตอม โครงสร้างอะตอมของธาตุซิลิกอน และธาตุเยอรมันเนียมเมื่อรวมกันอยู่หลาย ๆ อะตอมจะจับกันเป็นผลึก ในรูปแบบของ พันธะโควาเลนซ์ (covalence bond) ดังนั้นอะตอมจะต้องใช้อิเล็กตรอนร่วมกันกับอะตอมข้างเคียง 4 อะตอมจึงจะมีอิเล็กตรอนวงนอกสุด ครบ 8 ตัว เพื่อให้อะตอมอยู่ในสภาพเสถียร

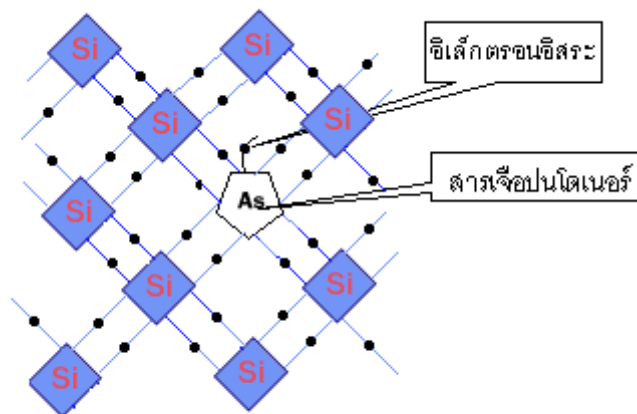
2.2.2 สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์

สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์ คือการนำเอาธาตุซิลิกอนหรือธาตุเยอรมันเนียมบริสุทธิ์ มาเติมสารเจือปนโดยใช้ธาตุเจือปนที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 2 ตัว หรือธาตุเจือปนที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 5 ตัว ลงไปในอัตราส่วน 108:1 คือ ธาตุกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ 108 ส่วนต่อสารเจือปน 1 ส่วน ซึ่งจะทำให้ได้สารกึ่งตัวนำใหม่ขึ้นมา คือถ้าเติมธาตุเจือปนที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนลงไป 5 ตัวลงไป จะได้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น แต่ถ้าเติมธาตุเจือปนวาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 3 ตัวลงไปจะได้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 3 ตัว ที่นำมาใช้

เจือปน เช่น โบรอน อินเดียม แกลเลียม และอะลูมิเนียม ส่วนธาตุที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 5 ตัว ที่นำมาใช้เป็นธาตุเจือปน เช่น ฟอสฟอรัส อาร์เซนิก

2.2.3 สารกึ่งตัวนำชนิด N (N-Type)

สารกึ่งตัวนำชนิด N เป็นสารกึ่งตัวนำที่ได้จากการเติมธาตุเจือปนที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 5 ตัว เช่น ฟอสฟอรัส อาร์เซนิก อย่างใดอย่างหนึ่งลงไปในธาตุซิลิคอน หรือเยอรมันเนียมบริสุทธิ์ จะทำให้อิเล็กตรอนวงนอกสุดของแต่ละอะตอมแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนซึ่งกันและกัน หรือใช้อิเล็กตรอนร่วมกันได้ครบ 8 ตัว ทำให้เหลืออิเล็กตรอน 1 ตัว ที่ไม่สามารถจับกับอะตอมข้างเคียง เรียกอิเล็กตรอนนี้ว่า อิเล็กตรอนอิสระ ซึ่งจะแสดงประจุลบออกมา ดังรูป 2.3

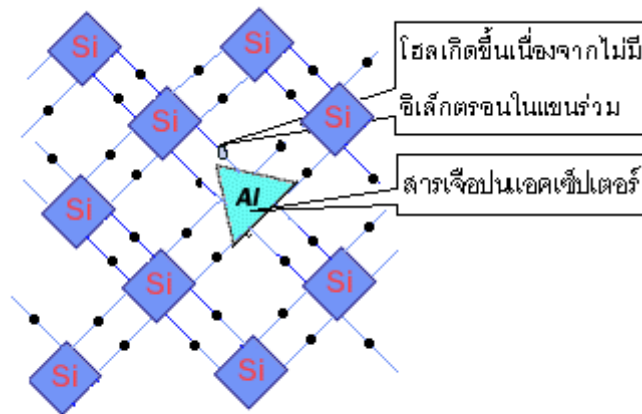


รูปที่ 2.3 ผลึกสารกึ่งตัวนำชนิด N

2.2.4 สารกึ่งตัวนำชนิด P (P-Type)

สารกึ่งตัวนำชนิด P เป็นสารกึ่งตัวนำที่ได้จากการเติมสารเจือปนที่มี วาเลนซ์อิเล็กตรอน 3 ตัว เช่น โบรอน อินเดียม แกลเลียม อย่างใดอย่างหนึ่ง ลงไปในธาตุซิลิคอน หรือเยอรมันเนียมบริสุทธิ์ จะทำให้อิเล็กตรอน วงนอกสุดของแต่ละอะตอมแลกเปลี่ยน อิเล็กตรอนซึ่งกันและกัน หรือใช้อิเล็กตรอนร่วมกันได้ครบ 8 ตัว ส่วนอะตอมของธาตุเจือปนจะขาด

อิเล็กตรอนอีก 1 ตัว เพราะธาตุเจอร์เมเนียมมีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 3 ตัว เรียกส่วนที่ขาดอิเล็กตรอนนี้ว่า โฮล ซึ่งแปลว่าหลุม หรือ รูโฮลนี้จะแสดงประจุบวกออกมา ดังรูป 2.4



รูปที่ 2.4 ผลึกสารกึ่งตัวนำชนิด P

2.3 หัวตรวจวัดก๊าซแบบเซมิคอนดักเตอร์ออกไซด์⁽⁵⁾

การนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับสารกึ่งตัวนำออกไซด์จะคล้าย ๆ กันหมดทั้งใน ZnO, MoO₃, Fe₂O₃, SnO₂ ฯลฯ (แต่จะแสดงแผนภาพอธิบายประกอบโดยใช้ดีบุกออกไซด์ หรือ SnO₂) กล่าวคือ ประกอบไปด้วย การนำไฟฟ้าเนื่องจากเนื้อสารเอง (bulk) การนำไฟฟ้าที่บริเวณผิว (surface) และบริเวณรอยต่อ (grain boundary)

ดีบุกออกไซด์ (SnO₂) มีน้ำหนักโมเลกุล 150.69 g/mole ประกอบด้วยหนึ่งอะตอมของดีบุก และสองอะตอมของออกซิเจน จึงทำให้มีเวเลนซ์ของอนุมูลดีบุกมีค่าเป็น +4 ดีบุกออกไซด์มีโครงสร้างผลึกแบบรูไทล์ (rutile) มีจุดหลอมเหลวอยู่ที่ 1500 – 1630 °C พลังของดีบุกออกไซด์มีสีขาวขุ่น มีความหนาแน่นประมาณ 6.45 g/cm³ และมีช่องว่างแถบพลังงานประมาณ 3.3 – 3.6 eV.

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการตรวจวัดก๊าซ คือการทำปฏิกิริยาระหว่างก๊าซที่ผ่านเข้ามา กับ oxygen vacancies ในหัววัดโดยเฉพาะที่บริเวณ grain boundary และพื้นผิวของหัววัด ตัวที่จะช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยาได้ง่ายคืออุณหภูมิที่สูงขึ้นของหัววัด

เมื่อสารประกอบโลหะออกไซด์มี surface defect เช่น oxygen vacancies จะทำให้เกิดกำแพงศักย์ขัดขวางการนำไฟฟ้าที่ผิวหน้าของสารประกอบโลหะออกไซด์ ส่งผลให้ค่าสภาพนำไฟฟ้าขึ้นกับขนาดของกำแพงศักย์ดังสมการ^(3, 5)

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(-\frac{qV_s}{k_B T}\right) \quad (2.1)$$

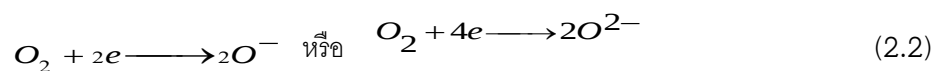
เมื่อ σ คือ สภาพนำไฟฟ้า

σ_0 คือ ค่าคงที่

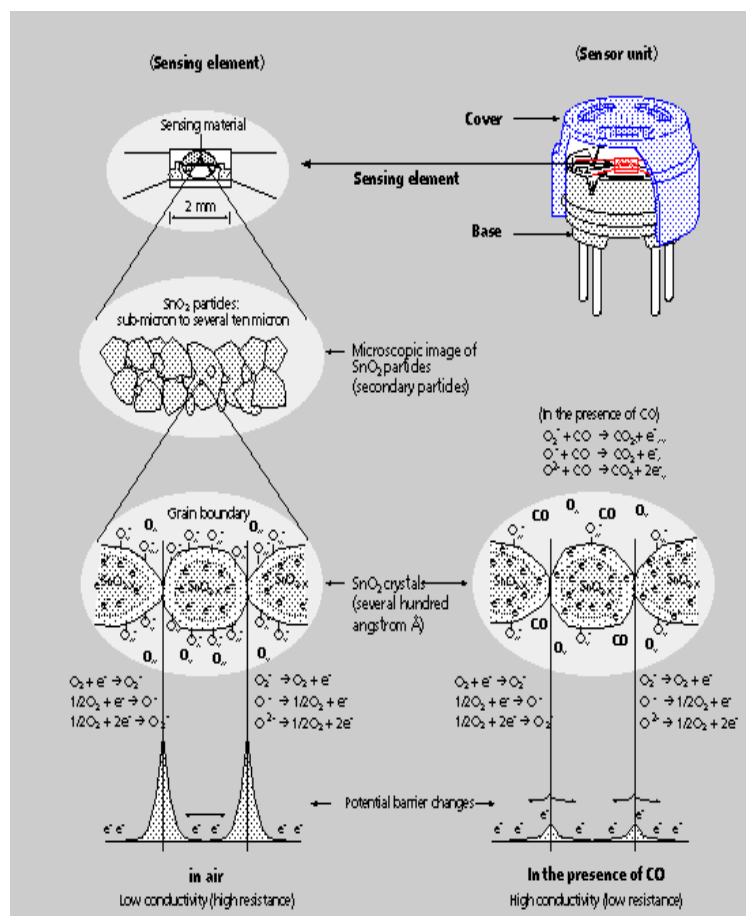
V_s คือ ขนาดของกำแพงศักย์

q คือ ประจุไฟฟ้าของพาหะ

การตรวจวัดก๊าซของสารประกอบโลหะออกไซด์ เกิดขึ้นจากการมี oxygen vacancies ในโครงผลึกเมื่อสารประกอบโลหะออกไซด์มีอุณหภูมิสูงขึ้นก๊าซออกซิเจน (O_2) ในอากาศจะเข้ามายึดติดกับ oxygen vacancies โดยการดึงเอาอิเล็กตรอนจากบริเวณที่พื้นผิวของสารประกอบโลหะออกไซด์แล้วแตกตัวเป็นไอออนลบ (O^- หรือ O^{2-}) ดังสมการ⁽⁵⁾

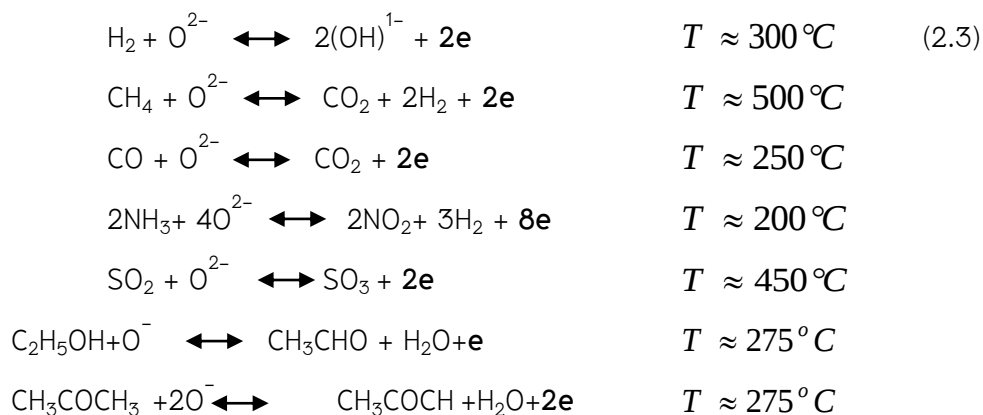


จากนั้นไอออนลบจะเข้ามายึดติดที่ผิวหน้าของสารประกอบโลหะออกไซด์ในบริเวณที่มี oxygen vacancies การดึงเอาอิเล็กตรอนออกไปนี้จะทำให้เกิดบริเวณปลดปล่อยประจุ (depletion region) ขึ้นบนพื้นผิวของสารประกอบโลหะออกไซด์ ทำให้เกิดกำแพงศักย์บริเวณผิวหน้าสูงขึ้น ซึ่งจะขัดขวางการนำไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.5 ทำให้สภาพนำไฟฟ้ามีค่าต่ำลงเป็น σ_a (สภาพนำไฟฟ้าของสารประกอบโลหะออกไซด์เมื่อเกิดการยึดติดของออกซิเจนจากบรรยากาศ)



รูปที่ 2.5 ลักษณะของกำแพงศักย์บริเวณ grain boundary และพื้นผิว เมื่อเกิดการยึดติดของออกซิเจน และหลังจากที่ก๊าซเข้ามาทำปฏิกิริยากับออกซิเจนไอออนแล้ว⁽⁵⁾

เมื่อมีก๊าซเข้ามาบริเวณพื้นผิวของสารประกอบโลหะออกไซด์ ก๊าซจะแทรกซึมเข้าไปรวมตัวกับออกซิเจนไอออนที่ยึดติดอยู่ที่บนพื้นผิวของสารประกอบโลหะออกไซด์เกิดเป็นก๊าซชนิดใหม่แล้วคายอิเล็กตรอนออกมาให้กับผิวหน้าของสารประกอบโลหะออกไซด์ เช่น



โดยที่อัตราการเกิดปฏิกิริยานี้จะขึ้นกับอุณหภูมิ ก๊าซแต่ละชนิดจะเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่อุณหภูมิช่วงหนึ่งเท่านั้น ทำให้บริเวณปลอดประจุ (depletion region) แคบลง และกำแพงศักย์บริเวณพื้นผิวลดลง ทำให้การนำไฟฟ้าที่พื้นผิวของสารประกอบโลหะออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น σ_g (สภาพนำไฟฟ้าเมื่อมีก๊าซเข้ามาทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่ยึดติดกับพื้นผิวของสารประกอบโลหะออกไซด์) และพบว่าขนาดของกำแพงศักย์และความเข้มข้นของก๊าซมีความสัมพันธ์กันดังสมการ⁽⁵⁾

$$\exp\left(-\frac{qV_s}{k_B T}\right) \propto C^m \quad (2.4)$$

เมื่อ C คือ ความเข้มข้นของก๊าซในหน่วยเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร หรือ ในหน่วย ppm
 m คือ characteristic parameter ของก๊าซซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของก๊าซ

ดังนั้นจากสมการที่ (2.1) และ (2.4) จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง σ_g กับ σ_a เป็นไปตามสมการ

$$\sigma_g = \sigma_a a C^m \quad (2.5)$$

เมื่อ a คือ ค่าคงที่ของการแปรผันซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของก๊าซ

แต่เมื่อพิจารณาในรูปของสภาพต้านทานไฟฟ้า (ρ) จะได้

$$\rho_g = \rho_a \left(\frac{1}{a}\right) C^{-m} \quad (2.6)$$

2.4 สภาพไว (sensitivity , S)⁽⁵⁾

สภาพไวเป็นตัวแปรที่สำคัญในการวัดความเข้มข้นของก๊าซที่แสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานไฟฟ้าของสารประกอบโลหะออกไซด์เมื่อได้รับก๊าซซึ่งนิยามว่า

$$S = \frac{\sigma_g}{\sigma_a} = \frac{\rho_a}{\rho_g} = \frac{R_a}{R_g} \quad (2.7)$$

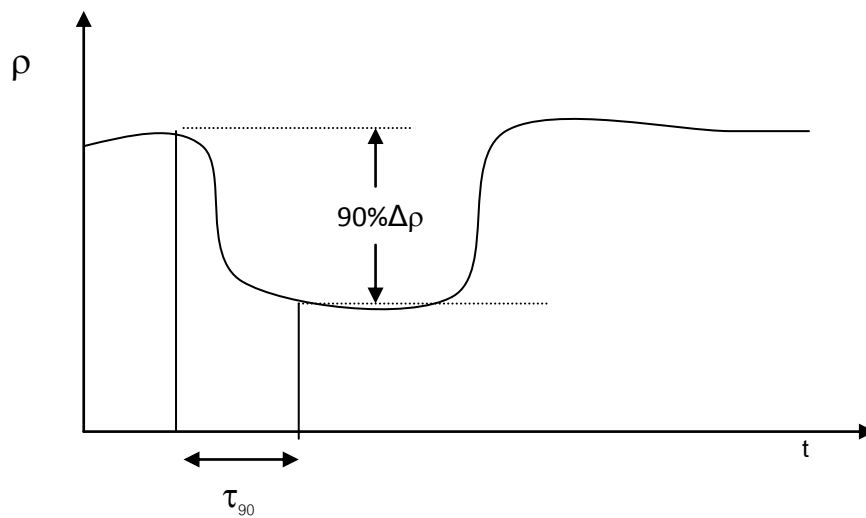
จากสมการที่ (2.7) และ (2.8) ความสัมพันธ์ระหว่าง ความไว กับ ความเข้มข้นของก๊าซคือ

$$S = aC^m \quad (2.8)$$

เป็นสมการที่ใช้ในการแปรค่าจากความไวเป็นความเข้มข้นของก๊าซ

2.5 เวลาการตอบสนอง (response time , τ_{90})⁽⁵⁾

เป็นตัวแปรที่แสดงถึงความรวดเร็วในการตอบสนองกับก๊าซ เมื่อสารประกอบโลหะออกไซด์เกิดปฏิกิริยาเคมีกับก๊าซสภาพต้านทานไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงตามเวลา (transient response) อยู่ครู่หนึ่งแล้วจะคงที่กับเวลา (steady state response) เรียกเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพต้านทานไฟฟ้าจนมีค่าเป็น 90 % ของผลต่างระหว่างสภาพต้านทานไฟฟ้าเดิมกับสภาพต้านทานไฟฟ้าที่คงที่กับเวลาว่า เวลาการตอบสนองซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงการหาค่าเวลาการตอบสนอง

2.6 พัฒนาการของของเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์จากลมหายใจแบบพกพา ที่แสดงผลด้วยตัวเลข (มช. 06) โดยเปรียบเทียบกับเครื่องวัดฯ รุ่นก่อนหน้านี้

1. สามารถวัดค่าปริมาณแอลกอฮอล์ตั้งแต่ค่า 0 – 100 mg% เป็นแบบตัวเลข โดยใช้จอแสดงผลแบบดิจิตอล ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับรุ่นก่อนหน้านี้ เช่น รุ่น มช. 04 ที่สามารถวัดได้แค่ค่า 50 mg% และเครื่องวัดรุ่น มช. 05 ที่สามารถแสดงค่าได้ตั้งแต่ 0 – 100 mg% เช่นกัน แต่แสดงผลด้วยหลอด LED

2. ขนาดที่เล็กลง เมื่อเทียบกับรุ่น มช. 05 แล้ว เครื่องรุ่น มช.06 จะมีขนาดเล็กลงกว่ามาก โดยมีขนาดกว้าง 5.1 cm ยาว 12.7 cm และมีความหนา 2.2 ซม. (มีขนาดใกล้เคียงกับรุ่น มช. 04) โดยที่เครื่องรุ่น มช. 05 จะเป็นแบบตั้งโต๊ะ และมีขนาดกว้าง 25 ซม. ยาว 27 ซม. และมีความหนา 7 ซม.

3. เครื่องรุ่น มช. 06 ได้มีการพัฒนาให้ใช้แหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่ ซึ่งทำให้สามารถใช้งานได้สะดวกสบายมากยิ่งขึ้นเมื่อเทียบกับเครื่อง มช. 05 ซึ่งเป็นแบบตั้งโต๊ะ และจะต้องใช้งานภายในห้องหรือพื้นที่ที่มีปลั๊กไฟ 220 V เท่านั้น