บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 ผลการประเมินลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

ลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตไมโครชิพ RFID จากศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ในงานวิจัยนี้ส่วนใหญ่จะพิจารณาสถานการณ์ที่เป็นปกติ โดยอาศัยเหตุการณ์ปัจจุบันเป็นหลัก จากเครื่องมือในการประเมินลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม สามารถสรุปความสำคัญของลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1
สรุปความสำคัญของลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

ลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม	**จำนวน**
1. การเตรียมห้องสะอาด Clean Room Process	4 ประเด็น
2. การปลูกฟิล์มบาง Thin Film Process	16 ประเด็น*
3. การยิงฝังประจุ Implantation Process	7 ประเด็น
4. การถ่ายแบบลวดลาย Photolithography Process	7 ประเด็น
5. การกัด Etching Process	8 ประเด็น
รวม	**42 ประเด็น**

* เป็นการพิจารณาประเด็นรวมของกระบวนการปลูกฟิล์มบางทุกขั้นตอน

5.2 ผลการประเมินลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ

ลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญจะใช้หลักการพิจารณาประเด็นปัญหาที่มีค่าลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่ครอบคลุมอยู่ในช่วงที่มีค่ามากที่สุดประมาณ 20% ของประเด็นปัญหาทั้งหมด โดยใช้เครื่องมือในการคำนวณ จาก 42 ประเด็น ดังนั้นประเด็นปัญหาที่นำมาพิจารณาเป็นลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ จึงนำมาพิจารณาจำนวน 10 ประเด็นปัญหาโดยเรียงจากปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญสูงสุดไปจนถึงต่ำสุด ดังแสดงรายละเอียดในตารางดังนี้

ตารางที่ 5.2
สรุปความสำคัญของลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ

ลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ
1. เกิดขยะจากก๊าซ BF_3, PH_3, As(s) ที่แตกตัวไม่หมดจากการยิงฝังประจุ
2. น้ำเสียจากกระบวนการกัด
3. น้ำเสียจากการถ่ายแบบลวดลาย
4. ตัวทำละลายอินทรีย์ จากการถ่ายแบบลวดลาย
5. เกิดสารละลายของกรดเบส ที่ตกค้าง จากการปลูกฟิล์มบาง
5*. กรดและด่างส่วนเกินในกระบวนการกัด
7. H_2 จากการเผาไหม้ โดยกระบวนการยิงฝังประจุ
8. สารประกอบที่เกิดเป็นของเสียจากกระบวนการกัด
9. คราบสารเคมีที่ตกค้างในการยิงฝังประจุ
10. พลังงานความร้อนจากห้องสะอาด
10. ความร้อนบางส่วนที่ผ่านออกมาจากการปลูกฟิล์มบาง
10. ความร้อนส่วนเกินผ่านออกมาจากการยิงฝังประจุ
10*. ความชื้นในชั้นน้ำยาไวแสงจากการถ่ายแบบลวดลาย

* ตัวเลขที่ซ้ำกันเกิดจากคะแนนที่เท่ากันในการเรียงประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญจากสูงสุดลงมาต่ำสุด

5.3 วิเคราะห์ผลการประเมินลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ

5.3.1 สรุปลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในแต่ละแผนก

เมื่อนำประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญข้างต้น มาพิจารณาเป็นรายแผนกจะพบลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมใน 7 แผนก คือ ส่วนงาน Thin film, ส่วนงานCleaning, ส่วนงาน Photolithography, ส่วนงาน Implantation, ส่วนงาน Etching, ส่วนงาน Metallization และส่วนงาน Measurement สามารถสรุปลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในแต่ละแผนกได้ดังตารางดังนี้

ตารางที่ 5.3
สรุปลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในแต่ละแผนก

ลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในแต่ละแผนก	**จำนวน**
- ส่วนงาน Thin film	2
- ส่วนงาน Cleaning	1
- ส่วนงาน Photolithography	3
- ส่วนงาน Implantation	4
- ส่วนงาน Etching	3
- ส่วนงาน Metallization	-
- ส่วนงาน Measurement	-
รวม	**13**

* เป็นการประเมินจากลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ
(Significant Environmental Aspect)

จะเห็นว่าส่วนงานที่เกี่ยวข้องกับการยิงฝังประจุจะมีประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สูงกว่าแผนกอื่นๆ ดังนั้นถือว่าควรจะต้องให้ความสนใจในกระบวนการนี้เพิ่มมากขึ้น

5.3.2 สรุปลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในแต่ละกลุ่ม

เมื่อนำลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญมาพิจารณาจัดกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายกันจะพบลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญใน 6 กลุ่ม คือ ขยะจากสารเคมี, น้ำเสีย, สารละลายจากกรด/เบส, ความร้อน, ความชื้นจากสารเคมี และ ก๊าซต่างๆที่เกิดขึ้นจากขบวนการ พบว่าลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ คือ สามารถสรุปลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในแต่ละกลุ่มได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.4
สรุปลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในแต่ละกลุ่ม

ลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในแต่ละกลุ่ม	**จำนวน**
ขยะจากสารเคมี	4
น้ำเสีย	2
สารละลายจากกรด/เบส	2
ความร้อน	3
ความชื้นจากสารเคมี	1
ก๊าซจากการทำปฏิกิริยาเคมี	1
รวม	**13**

จากการศึกษารายละเอียดของกระบวนการผลิตไมโครชิพ RFID ของศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC) ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในขั้นต้น เมื่อนำมาวิเคราะห์ลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อม (Environmental Aspects) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์กระบวนการของหน่วยงาน (Process-based Analysis) ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่สามารถควบคุมทางตรง คือปัจจัยในกระบวนการต่างๆของ TMEC และปัจจัยที่ต้องควบคุมทางอ้อม คือปัจจัยของหน่วยงานหรือองค์กรต่างๆ ภายนอก TMEC จากการวิเคราะห์ทำให้ทราบถึงลำดับขั้นตอนการทำงานที่ต่อเนื่องกันของแต่ละแผนกและยังทำให้ทราบถึงปัจจัยนำเข้า (Input) และปัจจัยนำออก (Output) ของแต่ละกระบวนการโดยละเอียด

เมื่อดำเนินการประเมิน**ปัญหาสิ่งแวดล้อม**แล้วทำให้ทราบถึงประเด็นปัญหาต่างๆจากกระบวนการผลิตไมโครชิพในทุกๆแผนก รวมได้เป็น **42 ประเด็น** ซึ่งนำมาจากการศึกษาถึงความ

เป็นไปได้ในการเกิดปัญหา และผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม จากนั้นประเด็นปัญหาเหล่านี้ได้ถูกนำมาพิจารณาในช่วงที่เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญประมาณ 20% ของปัญหารวมทั้งหมด เหลือเพียง 13 **ประเด็น** ที่เข้าสู่**ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ** เมื่อนำภาพโดยรวมของประเด็นปัญหาดังกล่าวมาตรวจสอบเห็นว่าปัญหาที่เกี่ยวกับเรื่องขยะจากสารเคมีเป็นเรื่องที่ต้องคำนึงถึง แต่เนื่องจาก ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ได้มีการตระหนักถึงเรื่องนี้ไว้ก่อนหน้าแล้วจึงได้มีข้อกำหนดต่างๆ ในงานสาธารณูปโภคไว้ดังนี้

ตารางที่ 5.5

ข้อกำหนดในระบบสาธารณูปโภค

ระบบต่าง ๆ	ข้อกำหนด
ระบบผลิตอากาศสะอาด	• Water Cooled Oil Free Type;3/380/45kw • Operation Pressure 125 Psi • Discharge Air Volume 4.0 M3/ min
ระบบดูดฝุ่นในห้องสะอาด	• Turbo Blower Type; 3/380/22 kw • Air Capacity 10 M^3/Min • Operation Pressure 2,500 mm Aq • Cleaner Set : Dry & Wet
ระบบบำบัดน้ำเสีย	การบำบัดสาร HF Capacity 0.5 M^3/day การบำบัดสาร Acid – Alkaline Capacity 7.0 M^3/day การบำบัดสาร Organic Capacity 0.1 M^3/day การบำบัดน้ำเสีย UDI Capacity 1.1 M^3/day
ระบบจ่ายก๊าซพิเศษ	• Hazardous gas ;- SiH_4, NH_3, PH_3, SiH_2Cl_2, Cl_2, BCl_3,HBr, BF_3, AsH_3 • Cabinet Package
ระบบก๊าซพื้นฐาน	• O_2 Capacity 4.05 M^3/Hr • N_2 Capacity 250 M^3/Hr • H_2 Capacity 0.96 M^3/Hr

ระบบบำบัดอากาศเสีย	ระบบบำบัดอากาศทั่วไป Flow rate 5,500 CMH ระบบบำบัดอากาศ กรด-ด่าง Flow rate 7,800 CMH ระบบบำบัดอากาศ สารอินทรีย์ Flow rate 3,600 CMH ระบบบำบัดอากาศ สารพิษ Flow rate 4,200 CMH
เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 120 KVA เครื่องสำรองไฟฟ้า 50 KVA กำลังไฟฟ้า 4.315 MVA แรงดันไฟฟ้า 22 KV หม้อแปลงไฟฟ้า • 315 KVA สำหรับอาคารสำนักงาน • 2,500 KVA สำหรับอาคารห้องสะอาด • 1,500 KVA สำหรับอาคารสาธารณูปโภค

ซึ่งหากเกิดสารเคมีที่อาจก่อขึ้นเป็นขยะในอนาคตจะต้องมีการผ่านท่อดูดบำบัดเคมีทุกประเภทก่อนที่จะเหลือเป็นกากหรือเศษที่ไม่สามารถกำจัดได้จริงๆ จึงส่งไปยังโรงงานที่มีความเชี่ยวชาญในการกำจัด แต่ทั้งนี้สิ่งที่ทางศูนย์ตระหนักเสมอคือการพิจารณาวัตถุดิบ,พลังงาน และสิ่งที่ใช้ในกระบวนการทุกประเภทอยู่เสมอ ว่าต้องให้เกิดเป็น By product น้อยที่สุดเพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นได้ อาจใช้ทั้งการนำพลังงานทดแทน หรือเคมีภัณฑ์ทดแทนมาใช้

5.4 สรุปผลการวิเคราะห์

ด้านกระบวนการผลิตชิพ

1. ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อม (Environmental Aspect) ที่ได้จากกระบวนการผลิต RFID ของศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC) โดยภาพรวมจากการใช้วิเคราะห์ถึงสาเหตุ (Cause Analysis Method) คือจากโอกาสเกิดปัญหาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งกระบวนการมีทั้งสิ้น 42 ประเด็น

2. ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เป็นประเด็นสำคัญ (Significant Environmental Aspect) จากการพิจารณา 20% ของปัญหารวมทั้งหมดคือ 13 ประเด็น

3. ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญนั้น จะเห็นว่าส่วนการยิงฝังประจุจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สูงเนื่องมาจาก ขยะเคมี ความร้อน การแตกตัวจากการทำปฏิกิริยาเคมีไม่สมบูรณ์ การใช้พลังงานที่ค่อนข้างมาก สิ่งเหล่านี้ล้วนเอื้อต่อภาวะความเสี่ยง

4. ลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญเมื่อนำมาพิจารณาจัดกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายกันจะพบลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญมากที่สุดคือ ปัญหาขยะจากสารเคมี เพราะจะเห็นว่าในเกือบทุกกระบวนการล้วนเกี่ยวข้องกับสารเคมี ไม่ว่าจะในงานล้างอุปกรณ์หรือแม้แต่การผลิตชิ้นส่วนต่างๆ จึงทำให้เกิดเป็นปัญหาด้านขยะเคมีมาก แต่ทุกส่วนก็ได้มีแนวทางการควบคุมจากข้อกำหนดที่สร้างขึ้นมาและปฏิบัติอย่างเคร่งครัดจนเกิดปัญหาที่น้อยที่สุด

5. การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหากมองโดยภาพรวมแล้ว พบว่ามีการควบคุมได้มากกว่า 70% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหลักกระบวนการผลิตชิพของ TMEC มีความชัดเจนทั้งในด้านการอบรม, การให้ข้อมูล, การควบคุม, การปฏิบัติตามกฎหมายอย่างเคร่งครัด, การสร้างโอกาสให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ และ ยังมีแนวโน้มที่จะพัฒนาศักยภาพในด้านวงจรรวมให้มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นจากโครงการวิจัยที่เกิดจากความร่วมมือกันทั้งจากภาครัฐและเอกชนอย่างต่อเนื่องและสมบูรณ์

<u>ด้านผลิตภัณฑ์ (Tags)</u>

1. ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อม (Environmental Aspect) ที่ได้จากตัวผลิตภัณฑ์(Tags) ส่วนใหญ่เป็นประเด็นที่เกิดจากตัว Packaging ที่มีหลากหลาย ซึ่งออกแบบไปตามวัตถุประสงค์การใช้งาน ก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมเป็นพิษตามมาเมื่อต้องมีการกำจัดเกิดขึ้น แต่เนื่องจากการใช้งานของ Tags สามารถนำกลับมาใช้ได้มากกว่า 10,000 ครั้ง ทำให้ปัญหาที่จะเกิดขึ้นลดลงตามไปด้วย

2. เนื่องจากมีการวางแผนนำเอาผลิตภัณฑ์ทดแทนจากธรรมชาติมาใช้งาน หรือแม้แต่การนำกลับมาใช้ใหม่หลายๆครั้ง จึงทำให้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์มีลดลงด้วย

5.5 ข้อเสนอแนะ

ภาคอุตสาหกรรมการผลิต

1. ในงานวิจัยชิ้นนี้เป็นการพิจารณาภาพรวมเฉพาะกระบวนการผลิตชิพ RFID ที่เป็นมาตรฐานด้านอิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น แต่ยังไม่ได้มองภาพของผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกิดขึ้นจากเทคโนโลยีนี้,การวิเคราะห์ Mass Balance Analysis, Site Based Analysis ดังนั้นการวิเคราะห์หลากหลายมิติอาจเป็นข้อมูลที่ช่วยสนับสนุนในหัวข้อวิจัยนี้ได้ดียิ่งขึ้น

2. ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น มีการใช้เครื่องมือวัดผลในงานวิจัยนี้เพียงแค่เครื่องมือเดียว แต่แท้จริงในการปฏิบัติงานจริง ต้องมีการประเมินผลในหลากหลายแง่มุมเช่น มาตรฐาน ISO 14000 เพื่อให้ทันสมัยและเกิดการเปรียบเทียบในแต่ละแบบว่ามีข้อดี ข้อเสียอย่างไร

3. ควรมีการพิจารณาประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ในหน่วยงานสนับสนุนต่างๆ เพื่อให้งานวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

4. ในการนำประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมของงานวิจัยไปใช้งาน ในแต่ละแผนกควรจะต้องพิจารณาเพิ่มเติมในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในอดีต และอนาคต รวมทั้งสถานการณ์ที่ผิดปกติและฉุกเฉิน เพื่อให้ครอบคลุมประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

5. เนื่องจากเทคโนโลยีนี้เป็นสิ่งที่ค่อนข้างใหม่ การนำเอามาใช้งานในประเทศยังเป็นตลาดที่ไม่กว้างมากนัก ดังนั้นปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ณ ปัจจุบัน อาจมีไม่สูงนัก แต่ในระยะยาวควรมีการพิจารณาประเด็นปัญหาทางด้านกฎหมาย,สังคม,วัฒนธรรม ควบคู่ไปด้วย เพื่อที่จะปกป้องการนำทรัพยากรมาใช้โดยไม่คำนึงถึงประโยชน์สูงสุด และเป็นการคุ้มครองสิทธิส่วนบุคคลที่อาจเกิดขึ้นได้ด้วย

ภาครัฐบาล

1. ควรให้ความสำคัญในการนำเอาวัสดุทดแทนในการผลิตหรือแม้แต่สร้างผลิตภัณฑ์ เพื่อป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้น

2. ออกมาตรการป้องกันการนำเทคโนโลยี RFID มาใช้ในทางที่ผิด และควบคุมในทุกภาคอุตสาหกรรมทั้งด้านโอกาสเกิดปัญหา และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น เพื่อสร้างจิตสำนึกให้ตระหนักถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้นได้