รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA). พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2546.

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่มที่ 2. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2540.

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2540.

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2546.

ชาญชัย บวรโชคชัย. การลดของเสียแขนจับหัวอ่านด้วยซิกซ์ ซิกม่า กรณีศึกษากระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

นวลพรรณ ใจงาม. การลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตในกระบวนการประกอบหัวอ่าน โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

ปารเมศ ชุติมา. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

วิมลวรรณ กาญจนวนิชกุล.การลดปริมาณการใช้ฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ในกระบวนการเคลือบหลอด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

วีรพจน์ เหล่าโพธิวิหาร. การปรับปรุงผลิตภาพโดยใช้ระบบ SIX SIGMA ในอุตสาหกรรมฮาร์ดิสก์ กรณีศึกษา: บริษัท ซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด. สาระนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการจัดการอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2544.

ธีรยุทธ มัดจำปะ. การปรับปรุงคุณภาพความหนาของทองแดงภายในรูของกระบวนการผลิตแผ่นวงจรพิมพ์โดยวิธีซิกซ์ ซิกม่า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ภาษาอังกฤษ

Anawat Jorapuunyanont. Reduction of Contamination. Ayutthaya: K.R. Precision, 2000. (Mimeographed)

Anawat Jorapuunyanont. Cpk Improvement of Arm Twist. Ayutthaya: K.R. Precision, 2000. (Mimeographed)

Bosshart, W. C. Printed Circuit Boards Design and Technology. New Delhi: Tata McGraw-Hill, 1998.

Breyfogle III, F. W. Implementing SIX SIGMA smarter Solutions Using Statistical Methods. New York: John Wiley&Sons, 1999.

Chayan Jutaphan. Reduce Lot to Lot Gram Variation. Bangkok: Seagate Technology, 2000. (Mimeographed)

Kiemele, M. J., Schmidt, S. R. and Berdine, R. J. Basic Statistics Tools for Continuous Improvement. 4th ed. USA: Air Academy Press & Associates, LLC,2000.

Montgomery, D. C. Design and Analysis of Experiments. 5th ed. New York: John Wiley&Sons, 2001.

Shina, S. G. Six Sigma for Electronics Design and Manufacturing. (np.): McGraw-Hill, 2002.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การคำนวณความสามารถของกระบวนการผลิต

จากค่ามาตรฐานของข้อมูลที่กระจายแบบปกติจะได้ว่า

$$Z_{USL} = (USL - \mu)/\sigma$$
$$Z_{LSL} = (\mu - LSL)/\sigma$$

และจากดัชนีความสามารถของกระบวนการ

$$Cpk = \min((USL - \mu)/3\sigma , (\mu - LSL)/3\sigma)$$

ซึ่งทำให้สามารถหาความสัมพันธ์ของค่า Z และค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการได้ว่า

$$Cpk = Z_{min}/3$$

หากกระบวนการไม่มีการเลื่อนของค่ากลางแล้ว ที่ระดับคุณภาพซิกซ์ ซิกมาจะได้ค่าของดัชนีความสามารถของกระบวนการเท่ากับ

$$Cpk = \min((6-0)/3 , (0+6)/3) = 2$$

แต่จากสมมติฐานของโมโตโรล่าที่ให้ค่ากลางของข้อมูลของกระบวนการสามารถที่จะเลื่อนไปได้เท่ากับ $\pm$ 1.5σ ทำให้ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการมีค่า

$$\text{Shifted} - 1.5\sigma \ Cpk = \min((6+1.5)/3 , (-1.5+6)/3) = 1.5$$
$$\text{Shifted} + 1.5\sigma \ Cpk = \min((6-1.5)/3 , (1.5+6)/3) = 1.6$$

และค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ Cp ที่ระดับคุณภาพที่ซิกซ์ ซิกมาสามารถคำนวณได้ดังนี้คือ

จากความสัมพันธ์

$$Cp = (USL - LSL)/6\sigma$$

จากกราฟการกระจายแบบปกติที่มีการกระจายของข้อมูลที่มีค่าข้อจำกัดด้านล่างเท่ากับ -6σ และค่าข้อจำกัดด้านบนเท่ากับ $+6\sigma$ เพราะฉะนั้นจะทำให้ค่า Cp มีค่าเท่ากับ

$$Cp = (6\sigma - (-6\sigma))/6\sigma$$
$$= 2$$

ดังนั้นที่ระดับคุณภาพซิกซ์ ซิกมาจะเทียบค่ากับดัชยีความสามารถของกระบวนการได้คือ Cp = 2.0 และ Cpk = 1.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ผลการศึกษาระบบการวัด

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบความแม่นยำของการวัดค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ของเครื่องวัด Smart Vision

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบความแม่นยำของการวัดค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ของเครื่องวัด Micro Vision

ตารางที่ ข.3 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ของเครื่องวัด Smart Vision กับ Micro Vision

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบความแม่นยำของการวัดค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ของเครื่องวัด Smart Vision

No.	Part	Operator	Measuring Data
1	1	1	0.075
2	1	1	0.073
3	2	1	0.058
4	2	1	0.059
5	3	1	0.064
6	3	1	0.063
7	4	1	0.081
8	4	1	0.079
9	5	1	0.065
10	5	1	0.064
11	6	1	0.072
12	6	1	0.073
13	7	1	0.062
14	7	1	0.064
15	8	1	0.081
16	8	1	0.08
17	9	1	0.065
18	9	1	0.066
19	10	1	0.078
20	10	1	0.077
21	1	2	0.077
22	1	2	0.076
23	2	2	0.061
24	2	2	0.062
25	3	2	0.062
26	3	2	0.061
27	4	2	0.082
28	4	2	0.083
29	5	2	0.064
30	5	2	0.062
31	6	2	0.074
32	6	2	0.073
33	7	2	0.063
34	7	2	0.062
35	8	2	0.082
36	8	2	0.083
37	9	2	0.064
38	9	2	0.061
39	10	2	0.079
40	10	2	0.077

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบความแม่นยำของการวัดค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ของเครื่องวัด Micro Vision

No.	Part	Operator	Measuring Data
1	1	1	0.076
2	1	1	0.075
3	2	1	0.059
4	2	1	0.059
5	3	1	0.061
6	3	1	0.06
7	4	1	0.074
8	4	1	0.075
9	5	1	0.062
10	5	1	0.061
11	6	1	0.078
12	6	1	0.079
13	7	1	0.059
14	7	1	0.06
15	8	1	0.08
16	8	1	0.081
17	9	1	0.07
18	9	1	0.071
19	10	1	0.073
20	10	1	0.071
21	1	2	0.077
22	1	2	0.076
23	2	2	0.06
24	2	2	0.061
25	3	2	0.059
26	3	2	0.06
27	4	2	0.075
28	4	2	0.076
29	5	2	0.063
30	5	2	0.061
31	6	2	0.077
32	6	2	0.076
33	7	2	0.061
34	7	2	0.06
35	8	2	0.079
36	8	2	0.078
37	9	2	0.068
38	9	2	0.069
39	10	2	0.072
40	10	2	0.073

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ของเครื่องวัด Smart Vision กับ Micro Vision

Part	Smart Vision	Micro Vision
1	0.075	0.074
2	0.065	0.066
3	0.074	0.075
4	0.078	0.079
5	0.077	0.076
6	0.068	0.069
7	0.076	0.077
8	0.066	0.067
9	0.069	0.07
10	0.064	0.063
11	0.072	0.073
12	0.068	0.069
13	0.072	0.073
14	0.078	0.079
15	0.065	0.066

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบเพื่อจัดลำดับค่าความผันแปรของกระบวนการ

ตารางที่ ค.1 ผลการทดสอบเพื่อจัดลำดับค่าความผันแปรของกระบวนการ

Part	After Etching	After Scrubbing	After Plating	After Final
1	0.051	0.051	0.051	0.052
2	0.058	0.059	0.058	0.058
3	0.056	0.056	0.056	0.057
4	0.058	0.057	0.057	0.058
5	0.058	0.058	0.057	0.058
6	0.055	0.054	0.054	0.054
7	0.053	0.053	0.053	0.054
8	0.057	0.058	0.058	0.059
9	0.063	0.064	0.063	0.064
10	0.065	0.063	0.065	0.065
11	0.052	0.053	0.053	0.053
12	0.052	0.051	0.05	0.052
13	0.055	0.055	0.056	0.056
14	0.054	0.055	0.055	0.054
15	0.051	0.051	0.052	0.05
16	0.057	0.056	0.056	0.057
17	0.052	0.051	0.052	0.052
18	0.06	0.061	0.062	0.061
19	0.064	0.063	0.062	0.062
20	0.068	0.067	0.068	0.068
21	0.055	0.056	0.056	0.056
22	0.05	0.05	0.051	0.051
23	0.053	0.053	0.053	0.052
24	0.057	0.057	0.058	0.058
25	0.056	0.056	0.055	0.055
26	0.057	0.057	0.058	0.058
27	0.054	0.053	0.054	0.054
28	0.062	0.063	0.064	0.064
29	0.065	0.066	0.065	0.065
30	0.063	0.063	0.063	0.063

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ผลการทดสอบสมมติฐาน

ตารางที่ ง.1 การทดสอบสมมติฐานอัตราการแกว่งของสเปรย์$CuCl_2$ Solution ในกระบวนการสร้างเส้นลายวงจร

ตารางที่ ง.2 การทดสอบสมมติฐานมุมในการแกว่งของสเปรย์ $CuCl_2$ Solution ในกระบวนการสร้างเส้นลายวงจร

ตารางที่ ง.3 การทดสอบสมมติฐานแรงดันสเปรย์ของ $CuCl_2$ Solution ในกระบวนการสร้างเส้นลายวงจร

ตารางที่ ง.4 การทดสอบสมมติฐานความเร็วสายพานใน $CuCl_2$ Chamber ในกระบวนการสร้างเส้นลายวงจร

ตารางที่ ง.5 การทดสอบสมมติฐานอุณหภูมิของ $CuCl_2$ Solution ในกระบวนการสร้างเส้นลายวงจร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 การทดสอบสมมติฐานอัตราการแกว่งของสเปรย์$CuCl_2$ Solution ในกระบวนการสร้างเส้นลายวงจร

Oscill_25 RPM	Oscill_35 RPM
0.069	0.066
0.058	0.063
0.055	0.061
0.053	0.06
0.057	0.056
0.054	0.056
0.059	0.061
0.058	0.06
0.061	0.061
0.063	0.06
0.066	0.07
0.063	0.065
0.061	0.066
0.054	0.066
0.053	0.059
0.053	0.059
0.06	0.061
0.058	0.061
0.064	0.068
0.069	0.068
0.061	0.07
0.063	0.072
0.058	0.069
0.054	0.067
0.057	0.064

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.2 การทดสอบสมมติฐานมุมในการแกว่งของสเปรย์ $CuCl_2$ Solution ในกระบวนการสร้าง เส้นลายวงจร

Angle_56 Degree	Angle_64 Degree
0.053	0.058
0.051	0.055
0.053	0.058
0.05	0.052
0.044	0.05
0.054	0.058
0.057	0.059
0.054	0.06
0.054	0.057
0.05	0.049
0.058	0.064
0.051	0.051
0.052	0.06
0.053	0.057
0.043	0.049
0.053	0.06
0.053	0.056
0.053	0.056
0.054	0.055
0.048	0.053
0.056	0.06
0.055	0.058
0.05	0.064
0.05	0.053
0.046	0.056

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.3 การทดสอบสมมติฐานแรงดันสเปรย์ของ $CuCl_2$ Solution ในกระบวนการสร้าง เส้นลายวงจร

Pressure_0.08 MPa	Pressure_0.12 MPa
0.072	0.076
0.071	0.074
0.075	0.065
0.069	0.066
0.066	0.074
0.068	0.073
0.071	0.071
0.067	0.067
0.069	0.068
0.064	0.072
0.067	0.072
0.069	0.075
0.068	0.079
0.065	0.063
0.064	0.079
0.068	0.077
0.076	0.069
0.072	0.073
0.071	0.067
0.071	0.069
0.075	0.075
0.069	0.075
0.072	0.071
0.067	0.072
0.074	0.076

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.4 การทดสอบสมมติฐานความเร็วสายพานใน $CuCl_2$ Chamber ในกระบวนการสร้าง เส้นลายวงจร

Speed_2.20 M/Min	Speed_2.60 M/Min
0.051	0.057
0.05	0.055
0.05	0.051
0.055	0.055
0.053	0.061
0.059	0.059
0.05	0.053
0.052	0.052
0.05	0.056
0.057	0.057
0.062	0.065
0.055	0.058
0.055	0.06
0.058	0.057
0.053	0.059
0.061	0.066
0.057	0.06
0.054	0.055
0.054	0.061
0.054	0.06
0.056	0.065
0.053	0.055
0.058	0.062
0.054	0.056
0.059	0.062

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.5 การทดสอบสมมติฐานอุณหภูมิของ $CuCl_2$ Solution ในกระบวนการสร้าง เส้นลายวงจร

Temp_44 0C	Temp_48 0C
0.064	0.065
0.062	0.061
0.061	0.059
0.065	0.066
0.069	0.067
0.069	0.068
0.063	0.063
0.063	0.063
0.063	0.062
0.065	0.064
0.074	0.073
0.069	0.069
0.068	0.067
0.073	0.075
0.065	0.065
0.082	0.081
0.067	0.066
0.072	0.073
0.068	0.069
0.069	0.069
0.077	0.078
0.075	0.076
0.073	0.073
0.068	0.068
0.07	0.073

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ผลการทดลองการปรับปรุงกระบวนการ

ตารางที่ จ.1 ผลการทดลองแบบแฟกทอเรียลของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์

ตารางที่ จ.2 ผลการทดลองแบบส่วนประสมกลางของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์

ตารางที่ จ.3 ผลส่วนตกค้างการทดลองของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.1 ผลการทดลองแบบแฟกทอเรียลของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจร

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Oscillation	Angle	Pressure	Speed	Circuit Width
1	1	1	1	25	56	0.08	2.2	0.063
2	2	1	1	35	56	0.08	2.2	0.064
3	3	1	1	25	64	0.08	2.2	0.07
4	4	1	1	35	64	0.08	2.2	0.059
5	5	1	1	25	56	0.1	2.2	0.059
6	6	1	1	35	56	0.1	2.2	0.06
7	7	1	1	25	64	0.1	2.2	0.065
8	8	1	1	35	64	0.1	2.2	0.057
9	9	1	1	25	56	0.08	2.6	0.078
10	10	1	1	35	56	0.08	2.6	0.074
11	11	1	1	25	64	0.08	2.6	0.072
12	12	1	1	35	64	0.08	2.6	0.068
13	13	1	1	25	56	0.1	2.6	0.069
14	14	1	1	35	56	0.1	2.6	0.062
15	15	1	1	25	64	0.1	2.6	0.064
16	16	1	1	35	64	0.1	2.6	0.061
17	17	1	1	25	56	0.08	2.2	0.064
18	18	1	1	35	56	0.08	2.2	0.066
19	19	1	1	25	64	0.08	2.2	0.073
20	20	1	1	35	64	0.08	2.2	0.056
21	21	1	1	25	56	0.1	2.2	0.071
22	22	1	1	35	56	0.1	2.2	0.062
23	23	1	1	25	64	0.1	2.2	0.064
24	24	1	1	35	64	0.1	2.2	0.059
25	25	1	1	25	56	0.08	2.6	0.076
26	26	1	1	35	56	0.08	2.6	0.075
27	27	1	1	25	64	0.08	2.6	0.07
28	28	1	1	35	64	0.08	2.6	0.066
29	29	1	1	25	56	0.1	2.6	0.071
30	30	1	1	35	56	0.1	2.6	0.063
31	31	1	1	25	64	0.1	2.6	0.062
32	32	1	1	35	64	0.1	2.6	0.06
33	33	0	1	30	60	0.09	2.4	0.0667
34	34	0	1	30	60	0.09	2.4	0.0675
35	35	0	1	30	60	0.09	2.4	0.0686

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.2 ผลการทดลองแบบส่วนประสมกลางของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจร

StdOrder	RunOrder	Blocks	Oscillation	Angle	Pressure	Speed	Circuit Width
7	1	1	25	64	0.12	2.2	0.058
17	2	1	20	60	0.1	2.4	0.07
30	3	1	30	60	0.1	2.4	0.067
6	4	1	35	56	0.12	2.2	0.056
10	5	1	35	56	0.08	2.6	0.079
26	6	1	30	60	0.1	2.4	0.065
19	7	1	30	52	0.1	2.4	0.068
28	8	1	30	60	0.1	2.4	0.066
13	9	1	25	56	0.12	2.6	0.074
1	10	1	25	56	0.08	2.2	0.064
29	11	1	30	60	0.1	2.4	0.066
11	12	1	25	64	0.08	2.6	0.079
12	13	1	35	64	0.08	2.6	0.077
16	14	1	35	64	0.12	2.6	0.072
9	15	1	25	56	0.08	2.6	0.082
3	16	1	25	64	0.08	2.2	0.062
25	17	1	30	60	0.1	2.4	0.065
23	18	1	30	60	0.1	2	0.05
18	19	1	40	60	0.1	2.4	0.068
8	20	1	35	64	0.12	2.2	0.058
2	21	1	35	56	0.08	2.2	0.059
22	22	1	30	60	0.14	2.4	0.062
15	23	1	25	64	0.12	2.6	0.069
21	24	1	30	60	0.06	2.4	0.074
5	25	1	25	56	0.12	2.2	0.06
4	26	1	35	64	0.08	2.2	0.061
27	27	1	30	60	0.1	2.4	0.065
24	28	1	30	60	0.1	2.8	0.079
20	29	1	30	68	0.1	2.4	0.066
14	30	1	35	56	0.12	2.6	0.07
31	31	1	30	60	0.1	2.4	0.064

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.3 ผลส่วนตกค้างการทดลองของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจร

RunOrder	Blocks	Oscillation	Angle	Pressure	Speed	FITS1	RESI1
1	1	25	64	0.12	2.2	0.0578333	0.0001667
2	1	20	60	0.1	2.4	0.0709167	-0.0009167
3	1	30	60	0.1	2.4	0.0654286	0.0015714
4	1	35	56	0.12	2.2	0.0561667	-0.0001667
5	1	35	56	0.08	2.6	0.0781667	0.0008333
6	1	30	60	0.1	2.4	0.0654286	-0.0004286
7	1	30	52	0.1	2.4	0.06825	-0.00025
8	1	30	60	0.1	2.4	0.0654286	0.0005714
9	1	25	56	0.12	2.6	0.073	0.001
10	1	25	56	0.08	2.2	0.0641667	-0.0001667
11	1	30	60	0.1	2.4	0.0654286	0.0005714
12	1	25	64	0.08	2.6	0.0778333	0.0011667
13	1	35	64	0.08	2.6	0.0779167	-0.0009167
14	1	35	64	0.12	2.6	0.0708333	0.0011667
15	1	25	56	0.08	2.6	0.0820833	-0.0000833
16	1	25	64	0.08	2.2	0.0619167	0.0000833
17	1	30	60	0.1	2.4	0.0654286	-0.0004286
18	1	30	60	0.1	2	0.0495833	0.0004167
19	1	40	60	0.1	2.4	0.0675833	0.0004167
20	1	35	64	0.12	2.2	0.0584167	-0.0004167
21	1	35	56	0.08	2.2	0.05925	-0.00025
22	1	30	60	0.14	2.4	0.0624167	-0.0004167
23	1	25	64	0.12	2.6	0.06925	-0.00025
24	1	30	60	0.06	2.4	0.0740833	-0.0000833
25	1	25	56	0.12	2.2	0.0595833	0.0004167
26	1	35	64	0.08	2.2	0.061	0
27	1	30	60	0.1	2.4	0.0654286	-0.0004286
28	1	30	60	0.1	2.8	0.0799167	-0.0009167
29	1	30	68	0.1	2.4	0.06625	-0.00025
30	1	35	56	0.12	2.6	0.0705833	-0.0005833
31	1	30	60	0.1	2.4	0.0654286	-0.0014286

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ผลการทดสอบยืนยัน

ตารางที่ ฉ.1 ผลการทดสอบยืนยันผลค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์

ตารางที่ ฉ.2 ผลการทดสอบผลกระทบของค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ในแต่ละปัจจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.1 ผลการทดสอบยืนยันผลค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์

Circuit Width						
0.057	0.053	0.057	0.054	0.054	0.055	0.056
0.058	0.06	0.056	0.052	0.056	0.053	0.057
0.056	0.057	0.056	0.053	0.054	0.056	0.058
0.058	0.054	0.053	0.048	0.057	0.052	0.058
0.053	0.059	0.059	0.055	0.053	0.057	0.056
0.055	0.057	0.056	0.057	0.057	0.056	0.061
0.057	0.056	0.073	0.056	0.054	0.058	0.054
0.055	0.057	0.06	0.058	0.058	0.059	0.059
0.055	0.055	0.084	0.075	0.05	0.057	0.058
0.055	0.058	0.058	0.053	0.056	0.054	0.057
0.059	0.053	0.059	0.054	0.057	0.059	0.054
0.054	0.058	0.057	0.057	0.055	0.056	0.054
0.057	0.057	0.059	0.054	0.05	0.054	0.053
0.055	0.053	0.054	0.052	0.057	0.056	0.057
0.06	0.053	0.073	0.053	0.056	0.059	0.056
0.06	0.053	0.054	0.053	0.053	0.056	0.054
0.054	0.06	0.055	0.053	0.055	0.058	0.055
0.054	0.053	0.062	0.057	0.052	0.059	0.058
0.052	0.084	0.063	0.052	0.049	0.056	0.058
0.055	0.06	0.058	0.05	0.059	0.058	0.054
0.057	0.054	0.056	0.053	0.055	0.054	0.056
0.058	0.052	0.052	0.056	0.054	0.055	0.057
0.058	0.072	0.059	0.052	0.056	0.053	0.055
0.056	0.07	0.053	0.058	0.055	0.057	0.056
0.055	0.075	0.057	0.051	0.053	0.058	0.054
0.053	0.06	0.054	0.05	0.054	0.054	0.059
0.056	0.073	0.053	0.058	0.056	0.053	0.057
0.052	0.055	0.053	0.057	0.055	0.056	0.053
0.055	0.065	0.055	0.054	0.057	0.057	0.059
0.055	0.057	0.057	0.057	0.054	0.055	0.053
0.054	0.073	0.053	0.054	0.058	0.054	0.054
0.056	0.058	0.057	0.054	0.056	0.052	0.053
0.058	0.058	0.05	0.053	0.057	0.056	0.057
0.054	0.052	0.056	0.064	0.058	0.053	0.054
0.054	0.053	0.057	0.054	0.057	0.054	0.055
0.052	0.058	0.055	0.053	0.053	0.053	0.053
0.053	0.06	0.056	0.053	0.056	0.053	0.059
0.054	0.056	0.052	0.055	0.056	0.059	0.055
0.053	0.054	0.056	0.057	0.053	0.055	0.052
0.057	0.061	0.058	0.058	0.058	0.054	0.056

ตารางที่ ฉ.2 ผลการทดสอบผลกระทบของค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ในแต่ละปัจจัย

Spray	Angle	Speed	Oscill
0.058	0.051	0.059	0.055
0.054	0.051	0.059	0.055
0.051	0.05	0.058	0.059
0.053	0.054	0.057	0.054
0.057	0.056	0.058	0.057
0.061	0.06	0.058	0.055
0.057	0.05	0.06	0.06
0.058	0.051	0.061	0.06
0.058	0.05	0.059	0.054
0.063	0.057	0.058	0.054
0.061	0.062	0.058	0.052
0.06	0.058	0.057	0.055
0.061	0.056	0.053	0.052
0.055	0.058	0.054	0.052
0.055	0.053	0.055	0.052
0.054	0.062	0.057	0.054
0.056	0.057	0.057	0.053
0.058	0.055	0.057	0.052
0.054	0.055	0.056	0.06
0.054	0.055	0.057	0.06
0.052	0.059	0.057	0.058
0.053	0.054	0.052	0.058
0.054	0.057	0.059	0.062
0.053	0.055	0.058	0.068
0.053	0.051	0.057	0.063
0.06	0.051	0.058	0.061
0.053	0.05	0.058	0.061
0.056	0.054	0.06	0.061
0.054	0.056	0.061	0.059
0.058	0.06	0.059	0.058
0.058	0.05	0.058	0.058
0.052	0.051	0.058	0.057
0.053	0.05	0.057	0.053
0.052	0.057	0.053	0.054
0.054	0.062	0.054	0.055
0.07	0.058	0.055	0.057
0.056	0.056	0.057	0.057
0.06	0.058	0.057	0.057
0.054	0.053	0.057	0.056
0.055	0.062	0.056	0.057
0.062	0.057	0.057	0.057
0.056	0.055	0.057	0.052
0.05	0.055	0.052	0.054
0.056	0.055	0.054	0.052
0.055	0.059	0.052	0.053

ตารางที่ ฉ.2 (ต่อ)ผลการทดสอบผลกระทบของค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ในแต่ละปัจจัย

Spray	Angle	Speed	Oscill
0.053	0.054	0.053	0.054
0.05	0.057	0.054	0.053
0.05	0.055	0.073	0.059
0.051	0.057	0.065	0.062
0.055	0.053	0.067	0.061
0.06	0.053	0.068	0.061
0.057	0.053	0.065	0.063
0.054	0.06	0.07	0.054
0.059	0.053	0.065	0.053
0.057	0.084	0.064	0.049
0.056	0.06	0.066	0.05
0.057	0.054	0.061	0.049
0.055	0.052	0.06	0.059
0.058	0.072	0.055	0.059
0.053	0.07	0.055	0.058
0.055	0.075	0.054	0.053
0.054	0.06	0.056	0.054
0.057	0.073	0.058	0.056
0.058	0.056	0.054	0.053
0.057	0.055	0.054	0.054
0.057	0.056	0.052	0.054
0.058	0.056	0.053	0.055
0.058	0.055	0.054	0.056
0.056	0.052	0.053	0.055
0.057	0.052	0.053	0.056
0.056	0.052	0.06	0.056
0.05	0.057	0.057	0.055
0.051	0.058	0.054	0.052
0.05	0.057	0.059	0.052
0.05	0.052	0.057	0.055
0.05	0.052	0.053	0.056
0.049	0.052	0.053	0.076
0.055	0.051	0.06	0.069
0.055	0.052	0.05	0.069
0.054	0.056	0.05	0.071
0.056	0.05	0.05	0.065
0.057	0.056	0.057	0.073
0.057	0.055	0.062	0.065
0.054	0.053	0.057	0.067
0.053	0.05	0.055	0.068
0.053	0.05	0.057	0.065
0.054	0.051	0.053	0.07
0.055	0.055	0.053	0.054
0.056	0.06	0.053	0.053
0.053	0.06	0.06	0.049
0.055	0.058	0.053	0.05

ตารางที่ ฉ.2 (ต่อ)ผลการทดสอบผลกระทบของค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ในแต่ละปัจจัย

Spray	Angle	Speed	Oscill
0.055	0.058	0.056	0.049
0.053	0.062	0.054	0.059
0.055	0.068	0.058	0.059
0.055	0.063	0.058	0.058
0.053	0.062	0.052	0.053
0.053	0.063	0.053	0.054
0.053	0.058	0.052	0.056
0.062	0.056	0.054	0.053
0.057	0.052	0.07	0.054
0.054	0.059	0.056	0.054
0.052	0.053	0.06	0.055
0.053	0.054	0.054	0.056
0.068	0.054	0.055	0.055
0.061	0.057	0.062	0.056
0.064	0.076	0.056	0.056
0.067	0.069	0.05	0.055
0.067	0.07	0.056	0.052
0.069	0.062	0.055	0.052
0.062	0.061	0.053	0.064
0.068	0.065	0.05	0.066
0.065	0.07	0.057	0.061
0.062	0.073	0.059	0.06
0.067	0.067	0.058	0.057
0.064	0.067	0.056	0.057
0.067	0.07	0.055	0.061
0.059	0.056	0.054	0.069
0.061	0.058	0.055	0.063
0.068	0.054	0.056	0.062
0.061	0.052	0.056	0.061
0.061	0.056	0.054	0.064
0.066	0.058	0.057	0.052
0.063	0.075	0.059	0.059
0.064	0.053	0.058	0.06
0.058	0.054	0.056	0.058
0.056	0.057	0.055	0.059
0.061	0.054	0.054	0.06
0.058	0.052	0.055	0.058
0.058	0.053	0.056	0.054
0.058	0.053	0.056	0.055
0.053	0.053	0.051	0.054
0.053	0.054	0.051	0.058
0.058	0.055	0.061	0.055
0.059	0.056	0.059	0.053
0.055	0.053	0.059	0.056

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช

ข้อมูลหลังการปรับปรุงการผลิต

ตารางที่ ช.1 ค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช.1 ค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต

Circuit Width (November)			
0.053	0.053	0.059	0.061
0.055	0.053	0.059	0.061
0.054	0.053	0.056	0.061
0.051	0.058	0.052	0.057
0.052	0.058	0.053	0.056
0.052	0.058	0.052	0.058
0.052	0.055	0.051	0.059
0.054	0.056	0.052	0.061
0.053	0.055	0.049	0.06
0.052	0.055	0.056	0.059
0.054	0.058	0.058	0.059
0.052	0.057	0.056	0.059
0.059	0.062	0.055	0.057
0.06	0.062	0.056	0.056
0.058	0.062	0.055	0.055
0.059	0.057	0.055	0.062
0.06	0.057	0.055	0.062
0.058	0.057	0.056	0.062
0.054	0.05	0.059	0.056
0.055	0.05	0.06	0.058
0.054	0.05	0.06	0.057
0.058	0.052	0.05	0.054
0.057	0.051	0.051	0.055
0.056	0.05	0.051	0.053
0.053	0.05	0.061	0.053
0.054	0.05	0.059	0.053
0.053	0.05	0.059	0.052
0.055	0.059	0.052	0.056
0.055	0.06	0.051	0.055
0.056	0.06	0.053	0.056
0.054	0.053	0.06	0.052
0.055	0.056	0.06	0.052
0.053	0.053	0.06	0.053
0.054	0.055	0.06	0.057
0.055	0.054	0.06	0.057
0.053	0.053	0.059	0.056
0.054	0.05	0.054	0.056
0.055	0.05	0.055	0.056
0.053	0.047	0.054	0.056
0.057	0.05	0.055	0.06
0.057	0.051	0.057	0.06
0.057	0.049	0.057	0.061
0.061	0.051	0.054	0.056
0.062	0.051	0.055	0.057
0.061	0.051	0.054	0.056

ตารางที่ ช.1 (ต่อ) ค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต

Circuit Width (December)			
0.059	0.056	0.058	0.053
0.059	0.057	0.056	0.056
0.058	0.055	0.055	0.057
0.057	0.05	0.054	0.056
0.058	0.05	0.055	0.053
0.058	0.05	0.056	0.053
0.06	0.052	0.056	0.053
0.061	0.054	0.054	0.052
0.059	0.053	0.055	0.051
0.058	0.049	0.054	0.05
0.058	0.05	0.057	0.051
0.057	0.049	0.058	0.052
0.053	0.059	0.057	0.052
0.054	0.059	0.057	0.058
0.055	0.058	0.058	0.059
0.057	0.053	0.058	0.06
0.057	0.054	0.056	0.052
0.057	0.056	0.057	0.053
0.056	0.053	0.056	0.054
0.057	0.054	0.05	0.054
0.057	0.054	0.051	0.054
0.052	0.055	0.05	0.054
0.054	0.056	0.05	0.054
0.052	0.055	0.05	0.056
0.053	0.056	0.049	0.053
0.054	0.056	0.055	0.057
0.053	0.055	0.055	0.057
0.059	0.052	0.054	0.057
0.062	0.052	0.056	0.054
0.061	0.052	0.057	0.055
0.061	0.057	0.057	0.054
0.063	0.058	0.054	0.055
0.06	0.057	0.053	0.053
0.055	0.052	0.053	0.054
0.056	0.052	0.054	0.05
0.055	0.052	0.055	0.051
0.051	0.051	0.056	0.052
0.053	0.052	0.053	0.053
0.05	0.051	0.055	0.054
0.055	0.05	0.055	0.051
0.055	0.051	0.053	0.051
0.054	0.051	0.053	0.053
0.057	0.057	0.053	0.052
0.058	0.059	0.053	0.053
0.057	0.052	0.053	0.053

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุภาภรณ์ ทองนิล เกิดเมื่อวันที่ 16 มีนาคม 2521 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาจากวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2542 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2546

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย