

เอกสารอ้างอิง

1. Pease R.F. and Chou S.Y., 2008, "Lithography and other patterning techniques for future electronics", **Proceedings of the IEEE**, Vol. 96, No. 2, pp. 248-270.
2. David Craven, **Photolithography challenges for the micromachining industry** [Online] Available: <http://www.ultratech.com/pdf/bacus96.pdf> [2010, June 10].
3. Mosher L. A., Morgan B. C., Waits C. M., and Ghodssil R., **Advanced techniques in 3D photolithography for MEMS** [Online] Available: <http://www.dtic.mil/cgibin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA481602> [2010, June 10].
4. Atthi N., Jantawong J., Jeamsaksiri W., 2008, "3-dimensionals lithography techniques for Air bearing surface patterning in Hard-Disk Drive reading/writing head manufacturing", **Khon kaen University Research Journal**, Vol. 13, pp. 353-359.
5. University of California, **Modern slider designs** [Online] Available: <http://talkelab.ucsd.edu/index/disk.html> [2010, January 10].
6. Liu B., Yu S., Zhang M.S., et al., 2007, "Air- bearing design towards highly stable head-disk interface at ultralow flying height", **IEEE Trans. Magn.**, Vol. 43, pp. 715-720.
7. Jing Lin, Yonggang Meng and Nanhai Song, 2010, "Fabrication and flying test of silicon sliders", **Advanced Tribology**, part 3, pp.579-581.
8. Mack C. A., 2005, "Thirty years of lithography simulation", **Optical Microlithography XVIII, Proc., SPIE**, Vol. 5754, pp. 1-12.
9. Liu B., Yu S., Zhang M.S., et al., 2007, "Air- bearing design towards highly stable head-disk interface at ultralow flying height", **IEEE Trans. Magn.**, Vol. 43, pp. 715-720.

10. Dave Anderson, **Head disk assembly** [Online] Available: <http://library.thinkquest.org/C0115420/Cyber-club%20800x600/Computer%20Parts/Hardware/Hard%20Disks.htm> [2010, November 11].
11. Charles M. Kozierok, **Magnetoresistive (MR/AMR) heads** [Online] Available: <http://www.pcguide.com/ref/hdd/op/heads/techMR-c.html> [2010, November 11].
12. Imamura T., Katayama M., Ikegawa Y., Ohwe T., Koishi R., and Koshikawa T., 1998, "MEMS-based integrated head/actuator/slider for hard disk drives", **IEEE Trans. Magn.**, Vol. 3, pp. 166-173.
13. Jing Lin, Yonggang Meng and Nanhai Song, 2010, "Fabrication and flying test of silicon sliders", **Advanced Tribology**, pp. 579-581.
14. Van Zant P., 2004, **Microchip fabrication: a practical guide to semiconductor processing**, 4th ed., McGraw-Hill Inc., New York, pp. 230-235.
15. Benjamin G.E., 2005, **Photomask fabrication technology**, McGraw-Hill Co. Inc., New York, p. 25.
16. Brian C.M., 2004, "**Development of a deep silicon phase fresnel lens using grayscale lithography and deep reactive ion etching**", M.S. Thesis, University of Maryland.
17. Kudryashov V., Yuan X.C., Cheong W.C. and Radhakrushnan, 2003, "Grey scale structures formation in SU-8 with e-beam and UV", **Microelectronics Engineering**, Vol. 67-68, pp. 306-311.
18. Sure A., Dillon T., Murakowski J., Lin C., Pustai D. and Prather D.W., 2003, "Fabrication and characterization of three-dimensional silicon tapers", **Optical Society of America**, Opt. Express 11, pp. 3555–3561.

19. Totsu K., Fujishiro K., Tanaka S. and Esashi M., 2006, "Fabrication of three-dimensional microstructure using maskless Gray-scale lithography", **Applied Physical (sensor and actuator)**, Vol. 130-131, pp. 387-392.
20. Fuhua G., Yao J., Zeng Y., Xie S. and Guo Y., 2002, "One-step lithography for fabrication of multifunction diffractive structures with grey-tone mask", **Microelectronics engineering**, Vol. 61, pp. 165-171.
21. Waits, C.M, B. Morgan, M. Kastantin and R. Ghodssi, 2005, "Microfabrication of 3D silicon MEMS structures using gray-scale lithography and deep reactive ion etching", **Applied physical (sensor and actuator)**, Vol. 119, pp. 245-253.
22. Kalk F.D., French R., Alpay H.U. and Hughes G., 1994, "Attenuated phase-shifting photomasks fabricated from Cr-based embedded shifter blanks", **SPIE proceeding Photomask Japan**, Vol. 2254, pp. 64-70.
23. Jantawong J., Atthi N., Niamcharoen S., Siangjaew K., Jamsaksiri W. and Poyai A., 2007, "3D- microstructure fabrication by using energy dose variation lithography technique", **The International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST2007)**, p. 32.
24. Kim S-K., Lee J-E., Park S-W. and Oh H-K., 2006, "Optical lithography simulation for the whole resist process", **Current Applied Physics**, Vol. 6, pp. 48-53.
25. Mack C. A., 2007, "**Fundamental principles of optical lithography.**", John Wiley & Sons Ltd, pp. 12-26.
26. Dill F. H., 1975, "Opical lithography", **IEEE Trans. Electron Devices**, ED-22, No. 7, pp. 440-444.

27. Mack C. A., 2006, "Field guide to optical lithography", **SPIE Field Guides**, Vol. FG06, John E. Greivenkamp, Series Editor, pp. 53, 60, 70-74.
28. Vehanarat S., Prom-on S., and Silapunt R., 2009, "Analysis and prediction of photolithography process simulation approach", **The 2nd International Data Storage Conference**, Abstract No. 87.
29. Flack W. and Newman G., 1997, "Advanced simulation techniques for thick photoresist lithography", **SPIE 3049-72**, pp. 1-16.
30. Sekiguchi A., Mack C. A., Minami Y. and Matsuzawa T., 1996, "Resist metrology for lithography simulation, Part 2: development parameter measurements," **Metrology, Inspection, and Process Control for Microlithography X, Proc., SPIE**, Vol. 2725, pp. 49-63.
31. Microlithography Materials and Processes Laboratory, **DRM – Development Rate Measurement**, [Online] Available: http://www.rit.edu/kgcoe/ue/courses/0305-676/drm/DRM_Lab_old.pdf [2011, March 23].
32. Thornton S. H. and Mack C. A., 1996, "Lithography model tuning: matching simulation to experiment", **Optical Microlithography IX, Proc., SPIE**, Vol. 2726, pp. 223-235.
33. SILVACO Inc., **Optolith**, [Online] Available: http://www.silvaco.com/products/vwf/athena/optolith/optolith_br.html [2011, March 23].
34. Syahir Hakim, **Scanning Electron Microscope (SEM)** [Online] Available: <http://www.livenano.org/uncategorized/scanning-electron-microscope-sem> [2011, March 23].
35. Sung Lee, 1998, **Tencor Profilometer manual** [Online] Available: <http://www.ncf.uic.edu/manuals/TencorManual.pdf> [2011, March 23].

ภาคผนวก ก

ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลาย
ที่เงื่อนไขการผลิตที่แตกต่างกัน

ตารางที่ ก.1 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย เมื่อปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสง สำหรับเทคนิคการฉายแสงครั้งเดียว

ค่าพลังงานในการฉายแสง E (mJ/cm ²)	ค่าเฉลี่ยความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย (μm)					
	เวเฟอร์ที่ 1			เวเฟอร์ที่ 2		
100	8.24	7.94	8.67	7.43	8.15	8.21
200	12.08	12.55	11.48	11.01	11.72	12.43
300	14.40	14.53	14.45	14.48	14.34	14.57
400	17.44	17.53	17.41	17.58	15.77	16.78
500	20.54	19.63	19.27	18.96	18.69	19.32
600	21.48	21.68	21.75	20.36	20.86	20.84
700	21.92	22.08	22.20	21.77	21.85	21.26
800	21.93	21.93	22.30	21.16	22.48	21.21
900	22.30	22.00	22.30	20.99	21.98	20.81
1000	22.30	22.00	22.30	21.03	22.13	21.60



ตารางที่ ก.2 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรก (E_1) เท่ากับ 100 mJ/cm^2 และปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm^2)	ค่าเฉลี่ยความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย (μm)			
	เวเฟอร์ที่ 1		เวเฟอร์ที่ 2	
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	NA	NA	3.345	7.725
100	7.010	8.590	6.345	9.120
150	8.470	11.685	7.35	10.070
200	9.630	13.135	8.515	11.640
250	11.075	14.220	10.920	14.670
300	12.645	15.715	11.055	13.600
350	13.035	16.550	12.930	15.135
400	14.105	18.105	14.135	17.205
450	16.410	17.780	14.395	17.040
500	17.430	19.015	16.220	17.975
550	16.835	20.050	17.655	18.875
600	18.195	20.435	18.370	18.890
650	20.085	20.505	18.945	19.290
700	20.250	20.550	19.115	19.175
750	20.250	20.550	19.115	19.175
800	20.250	20.550	19.115	19.175
850	20.250	20.550	19.115	19.175
900	NA	NA	3.345	7.725

ตารางที่ ก.3 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรก (E_1) เท่ากับ 200 mJ/cm^2 และปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm^2)	ค่าเฉลี่ยความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย (μm)			
	เวเฟอร์ที่ 1		เวเฟอร์ที่ 2	
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	3.885	10.380	3.835	11.000
100	6.330	11.680	5.715	12.480
150	7.425	13.440	7.555	13.630
200	9.645	14.130	9.245	14.765
250	9.970	15.065	10.445	15.250
300	10.770	16.230	11.680	17.230
350	12.985	18.090	13.175	18.255
400	15.015	18.520	13.440	19.050
450	15.820	19.305	15.485	19.230
500	16.845	19.055	15.825	19.845
550	17.8895	19.420	17.775	20.265
600	19.050	19.460	18.315	20.695
650	19.650	19.650	20.140	20.235
700	19.650	19.650	20.140	20.235
750	19.650	19.650	20.140	20.235
800	19.650	19.650	20.140	20.235
850	19.650	19.650	20.140	20.235
900	19.650	19.650	20.140	20.235

ตารางที่ ก.4 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรก (E_1) เท่ากับ 300 mJ/cm^2 และปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm^2)	ค่าเฉลี่ยความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย (μm)			
	เวเฟอร์ที่ 1		เวเฟอร์ที่ 2	
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	3.915	13.785	4.160	13.99
100	6.785	15.455	6.470	14.835
150	7.995	16.490	8.450	16.940
200	10.140	17.220	10.075	18.280
250	11.985	19.100	11.115	18.715
300	12.140	19.175	13.265	20.575
350	13.710	19.060	14.170	20.925
400	14.795	20.770	15.175	20.420
450	15.990	20.905	16.165	20.100
500	17.530	20.685	17.480	19.965
550	17.500	21.350	18.285	20.985
600	19.890	22.240	19.035	20.7100
650	20.020	20.590	20.215	20.835
700	19.880	20.470	20.620	20.535
750	20.155	20.520	20.640	20.715
800	20.445	20.295	20.810	20.430
850	20.885	20.740	20.370	20.240
900	21.005	21.000	20.060	20.225

ตารางที่ ก.5 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรก (E_1) เท่ากับ 400 mJ/cm^2 และปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm^2)	ค่าเฉลี่ยความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย (μm)			
	เวเฟอร์ที่ 1		เวเฟอร์ที่ 2	
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	3.815	16.325	3.870	15.620
100	6.185	17.050	6.170	16.460
150	8.090	17.690	8.235	18.025
200	9.425	19.875	10.345	19.475
250	11.570	20.670	10.660	20.485
300	12.590	20.505	12.070	20.340
350	13.435	20.680	12.605	20.410
400	14.770	20.015	15.100	20.430
450	15.595	20.270	15.995	20.655
500	16.810	20.380	16.505	20.315
550	17.165	20.935	18.280	20.645
600	18.895	20.995	19.230	20.720
650	20.605	21.175	20.530	20.975
700	20.425	20.795	21.010	20.8675
750	20.230	20.590	20.495	20.635
800	20.680	20.845	20.510	20.5815
850	21.075	20.610	20.520	20.710
900	20.695	20.585	20.625	20.691

ตารางที่ ก.6 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรก (E_1) เท่ากับ 500 mJ/cm^2 และปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm^2)	ค่าเฉลี่ยความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย (μm)			
	เวเฟอร์ที่ 1		เวเฟอร์ที่ 2	
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	3.615	19.180	4.390	19.060
100	6.510	19.865	7.940	20.365
150	7.880	20.690	9.770	21.075
200	10.625	20.835	11.085	20.780
250	12.305	20.860	12.595	21.195
300	12.815	20.940	13.295	21.175
350	14.055	20.940	15.045	21.080
400	15.395	20.550	16.955	20.615
450	16.095	21.060	16.460	20.580
500	17.950	20.725	18.990	21.460
550	18.010	21.120	20.525	21.600
600	19.205	21.250	20.840	21.690
650	20.750	21.835	21.260	21.435
700	20.455	20.475	21.235	21.230
750	21.270	21.375	21.495	21.605
800	21.545	21.60	21.580	21.575
850	21.715	21.780	20.995	20.990
900	21.875	21.650	20.890	20.980

ตารางที่ ก.7 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรก (E_1) เท่ากับ 600 mJ/cm^2 และปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm^2)	ค่าเฉลี่ยความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย (μm)			
	เวเฟอร์ที่ 1		เวเฟอร์ที่ 2	
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	4.240	20.503	4.265	20.835
100	7.720	20.535	7.670	21.120
150	9.420	20.605	8.970	21.315
200	10.245	20.460	11.290	21.090
250	12.520	20.710	11.955	21.420
300	13.710	20.590	14.415	20.985
350	14.560	20.615	16.150	21.025
400	15.920	20.485	17.305	20.855
450	17.790	20.510	15.235	20.925
500	17.895	20.950	18.005	21.395
550	19.450	21.120	18.210	21.570
600	19.720	21.195	20.690	21.195
650	20.505	21.750	21.720	22.140
700	21.575	21.795	22.320	22.455
750	20.740	21.540	22.195	22.460
800	20.700	20.615	21.635	21.675
850	21.010	20.735	21.280	21.310
900	21.080	20.930	21.225	21.445

ตารางที่ ก.8 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 45 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 50 mJ/cm² ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 90° C เป็นเวลา 5 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm ²)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	19.54	16.21	19.21	16.01
100	16.16	13.77	15.63	13.98
200	12.65	10.52	12.47	11.62
300	9.36	8.41	9.21	7.79
400	7.02	5.27	6.93	6.05
500	4.30	2.98	4.73	3.56
600	2.80	2.45	2.64	2.72
700	0.89	0.50	0.57	0.00
800	0.00	0.00	0.00	0.00
900	0.00	0.00	0.00	0.00
1000	0.00	0.00	0.00	0.00
1100	0.00	0.00	0.00	0.00
1200	0.00	0.00	0.00	0.00
1300	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ก.9 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 45 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 100 mJ/cm^2 เปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 90° C เป็นเวลา 5 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm^2)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์ม น้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	18.20	14.08	18.45	13.98
100	15.53	11.52	15.39	11.94
200	11.72	9.18	11.84	9.18
300	8.92	6.56	9.03	6.01
400	7.07	2.28	7.43	5.13
500	4.69	0.10	4.22	2.54
600	2.68	0.00	2.04	0.00
700	0.00	0.00	0.00	0.00
800	0.00	0.00	0.00	0.00
900	0.00	0.00	0.00	0.00
1000	0.00	0.00	0.00	0.00
1100	0.00	0.00	0.00	0.00
1200	0.00	0.00	0.00	0.00
1300	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ก.10 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 45 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 1300 mJ/cm^2 ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 90° C เป็นเวลา 5 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm^2)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	18.65	0.00	18.55	0.00
100	15.66	0.00	16.04	0.00
200	12.03	0.00	12.13	0.00
300	8.98	0.00	9.33	0.00
400	7.28	0.00	7.16	0.00
500	4.90	0.00	4.76	0.00
600	1.31	0.00	1.02	0.00
700	0.00	0.00	0.00	0.00
800	0.00	0.00	0.00	0.00
900	0.00	0.00	0.00	0.00
1000	0.00	0.00	0.00	0.00
1100	0.00	0.00	0.00	0.00
1200	0.00	0.00	0.00	0.00
1300	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ก.11 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 150 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 50 mJ/cm^2 ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 90°C เป็นเวลา 5 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm^2)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	16.62	13.66	16.36	13.06
100	13.40	10.48	13.78	11.02
200	9.56	6.88	9.11	9.69
300	6.38	3.62	5.79	4.97
400	3.18	2.26	3.45	1.74
500	0.93	0.33	1.69	0.00
600	0.00	0.00	0.00	0.00
700	0.00	0.00	0.00	0.00
800	0.00	0.00	0.00	0.00
900	0.00	0.00	0.00	0.00
1000	0.00	0.00	0.00	0.00
1100	0.00	0.00	0.00	0.00
1200	0.00	0.00	0.00	0.00
1300	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ก.12 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 150 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 100 mJ/cm² ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 90° C เป็นเวลา 5 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm ²)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	16.22	11.01	15.67	10.23
100	12.28	9.67	11.87	8.79
200	9.63	7.03	9.48	6.52
300	5.87	2.36	5.57	2.44
400	2.28	1.26	3.02	1.10
500	0.78	0.08	1.22	0.00
600	0.00	0.00	0.00	0.00
700	0.00	0.00	0.00	0.00
800	0.00	0.00	0.00	0.00
900	0.00	0.00	0.00	0.00
1000	0.00	0.00	0.00	0.00
1100	0.00	0.00	0.00	0.00
1200	0.00	0.00	0.00	0.00
1300	0.00	0.00	0.00	0.00



ตารางที่ ก.13 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 150 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 1300 mJ/cm² ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 90° C เป็นเวลา 5 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm ²)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	16.22	0.00	16.12	0.00
100	12.06	0.00	12.19	0.00
200	8.87	0.00	8.49	0.00
300	4.76	0.00	5.43	0.00
400	3.04	0.00	2.65	0.00
500	0.71	0.00	0.76	0.00
600	0.00	0.00	0.00	0.00
700	0.00	0.00	0.00	0.00
800	0.00	0.00	0.00	0.00
900	0.00	0.00	0.00	0.00
1000	0.00	0.00	0.00	0.00
1100	0.00	0.00	0.00	0.00
1200	0.00	0.00	0.00	0.00
1300	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ก.14 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 150 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 50 mJ/cm^2 ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 90° C เป็นเวลา 10 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm^2)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	16.10	12.71	15.72	13.07
100	13.16	10.89	12.57	11.36
200	9.74	7.91	9.63	7.60
300	6.55	4.72	6.37	5.20
400	3.43	3.07	3.50	3.28
500	0.81	0.19	0.79	0.21
600	0.00	0.00	0.00	0.00
700	0.00	0.00	0.00	0.00
800	0.00	0.00	0.00	0.00
900	0.00	0.00	0.00	0.00
1000	0.00	0.00	0.00	0.00
1100	0.00	0.00	0.00	0.00
1200	0.00	0.00	0.00	0.00
1300	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ก.15 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 150 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 100 mJ/cm^2 ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 90°C เป็นเวลา 10 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm^2)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	15.88	10.86	15.91	11.91
100	13.09	8.78	13.18	9.44
200	8.50	6.30	8.78	6.26
300	6.52	4.61	7.29	4.10
400	4.09	2.78	4.25	1.08
500	1.30	0.00	2.10	0.00
600	0.00	0.00	0.00	0.00
700	0.00	0.00	0.00	0.00
800	0.00	0.00	0.00	0.00
900	0.00	0.00	0.00	0.00
1000	0.00	0.00	0.00	0.00
1100	0.00	0.00	0.00	0.00
1200	0.00	0.00	0.00	0.00
1300	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ก.16 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 150 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) $1,300 \text{ mJ/cm}^2$ ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 90°C เป็นเวลา 10 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm^2)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	15.41	0.00	15.34	0.00
100	13.32	0.00	13.43	0.00
200	9.44	0.00	9.68	0.00
300	6.83	0.00	5.78	0.00
400	3.04	0.00	4.47	0.00
500	0.40	0.00	0.60	0.00
600	0.00	0.00	0.00	0.00
700	0.00	0.00	0.00	0.00
800	0.00	0.00	0.00	0.00
900	0.00	0.00	0.00	0.00
1000	0.00	0.00	0.00	0.00
1100	0.00	0.00	0.00	0.00
1200	0.00	0.00	0.00	0.00
1300	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ก.17 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 45 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 50 mJ/cm^2 ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 90°C เป็นเวลา 10 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm^2)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	19.09	16.54	19.02	16.77
100	16.89	14.39	16.32	14.47
200	15.59	11.42	14.25	10.52
300	10.29	8.68	10.24	9.93
400	7.68	6.74	7.01	6.62
500	5.18	4.72	5.43	4.32
600	3.22	2.53	3.91	3.34
700	1.86	1.99	1.91	1.95
800	0.89	0.23	0.58	0.10
900	0.21	1.13	1.01	0.58
1000	0.83	0.29	0.78	0.15
1100	2.01	0.24	1.34	0.14
1200	0.57	0.47	1.13	1.98
1300	0.00	0.15	0.21	0.00

ตารางที่ ก.18 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 45 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 100 mJ/cm^2 ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 90° C เป็นเวลา 10 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm^2)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	18.72	14.27	18.92	14.56
100	15.82	12.33	16.10	12.51
200	12.27	10.16	12.31	9.44
300	10.05	7.47	9.70	7.63
400	7.48	5.22	7.10	5.68
500	5.18	3.08	5.39	3.16
600	3.72	2.59	2.76	2.32
700	2.36	1.16	2.10	0.80
800	0.84	0.20	0.30	0.00
900	0.00	0.00	0.00	0.00
1000	0.00	0.00	0.00	0.00
1100	0.00	0.00	0.00	0.00
1200	0.00	0.00	0.00	0.00
1300	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ก.19 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 45 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) $1,300 \text{ mJ/cm}^2$ ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 90°C เป็นเวลา 10 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm^2)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	18.71	0.00	19.02	0.00
100	16.02	0.00	16.15	0.00
200	12.58	0.00	12.73	0.00
300	9.74	0.00	9.57	0.00
400	7.82	0.00	7.80	0.00
500	5.09	0.00	5.58	0.00
600	3.35	0.00	4.22	0.00
700	1.34	0.00	2.73	0.00
800	0.40	0.00	0.70	0.00
900	0.00	0.00	0.00	0.00
1000	0.00	0.00	0.00	0.00
1100	0.00	0.00	0.00	0.00
1200	0.00	0.00	0.00	0.00
1300	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ก.20 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 150 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 50 mJ/cm^2 ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 120° C เป็นเวลา 5 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm^2)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	18.71	15.11	18.48	15.17
100	14.87	12.64	15.30	13.28
200	10.63	9.31	10.80	9.24
300	8.19	6.85	7.73	6.45
400	5.77	4.44	5.56	4.89
500	3.51	2.36	3.50	2.55
600	1.36	0.41	1.73	0.64
700	0.00	0.00	0.00	0.00
800	0.00	0.00	0.00	0.00
900	0.00	0.00	0.00	0.00
1000	0.00	0.00	0.00	0.00
1100	0.00	0.00	0.00	0.00
1200	0.00	0.00	0.00	0.00
1300	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ก.21 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 150 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 100 mJ/cm² ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 120° C เป็นเวลา 5 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm ²)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	18.47	12.78	18.28	12.48
100	15.07	11.18	14.98	10.58
200	11.03	8.11	10.82	7.71
300	8.17	5.59	7.88	5.48
400	4.97	2.78	5.19	2.90
500	3.16	0.68	3.60	0.52
600	1.32	0.00	1.17	0.00
700	0.00	0.00	0.00	0.00
800	0.00	0.00	0.00	0.00
900	0.00	0.00	0.00	0.00
1000	0.00	0.00	0.00	0.00
1100	0.00	0.00	0.00	0.00
1200	0.00	0.00	0.00	0.00
1300	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ก.22 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 150 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 1,300 mJ/cm² ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 120° C เป็นเวลา 5 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm ²)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	18.03	0.00	18.15	0.00
100	14.99	0.00	15.50	0.00
200	10.88	0.00	11.02	0.00
300	7.62	0.00	8.22	0.00
400	5.31	0.00	5.81	0.00
500	2.82	0.00	3.45	0.00
600	1.02	0.00	1.25	0.00
700	0.00	0.00	0.00	0.00
800	0.00	0.00	0.00	0.00
900	0.00	0.00	0.00	0.00
1000	0.00	0.00	0.00	0.00
1100	0.00	0.00	0.00	0.00
1200	0.00	0.00	0.00	0.00
1300	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ก.23 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 45 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 50 mJ/cm^2 ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 120°C เป็นเวลา 5 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm^2)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	18.96	18.94	18.76	18.68
100	18.13	18.26	18.34	18.54
200	17.98	18.29	17.71	18.32
300	17.29	17.47	17.21	17.53
400	16.82	16.98	16.84	17.00
500	16.80	16.72	16.62	16.60
600	16.30	16.39	16.18	16.43
700	16.29	16.34	15.50	16.08
800	16.30	16.51	16.43	16.30
900	16.13	16.25	16.32	16.31
1000	15.09	15.05	15.32	15.26
1100	15.08	15.11	15.40	15.39
1200	15.82	15.79	15.56	15.51
1300	15.56	15.75	15.95	15.44

ตารางที่ ก.24 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 45 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 100 mJ/cm² ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 120° C เป็นเวลา 5 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm ²)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	18.37	18.81	18.46	18.20
100	18.09	17.94	18.31	18.03
200	17.54	18.03	18.05	18.17
300	17.65	17.78	17.46	17.23
400	16.97	17.59	17.21	17.12
500	16.45	16.89	16.98	17.35
600	16.34	16.67	16.48	17.14
700	16.54	16.84	16.24	16.97
800	16.74	16.97	16.42	16.75
900	16.24	16.58	16.17	16.54
1000	16.14	16.75	16.34	16.67
1100	16.57	16.40	16.07	16.48
1200	16.78	17.02	15.98	16.14
1300	15.89	16.03	16.05	16.24

ตารางที่ ก.25 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 45 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 1,300 mJ/cm² ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 120° C เป็นเวลา 5 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm ²)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์ม น้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	18.58	17.67	18.54	17.55
100	18.43	17.54	18.34	17.48
200	18.14	17.45	18.29	17.87
300	18.64	17.31	18.42	17.46
400	18.04	17.64	18.16	17.19
500	17.97	17.45	18.07	17.45
600	17.52	17.14	17.76	17.32
700	17.31	17.64	17.61	17.14
800	17.42	17.16	17.37	17.64
900	17.16	17.34	17.09	17.40
1000	17.24	17.21	17.16	17.16
1100	17.34	17.31	17.65	17.34
1200	17.05	17.04	17.45	17.04
1300	17.15	16.79	17.44	16.97



ตารางที่ ก.26 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 150 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 50 mJ/cm² ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 120° C เป็นเวลา 10 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm ²)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	19.46	19.42	19.64	19.68
100	19.42	19.24	19.18	19.75
200	19.64	19.54	19.53	19.45
300	19.67	19.12	19.97	19.64
400	19.57	19.34	19.72	19.24
500	19.37	19.42	19.14	19.34
600	19.48	19.20	19.45	19.26
700	19.24	19.17	19.64	19.31
800	19.31	19.47	19.34	19.42
900	19.05	19.14	19.25	19.27
1000	19.47	19.03	19.52	19.17
1100	19.05	19.33	19.64	19.24
1200	19.34	19.01	19.46	19.44
1300	19.17	19.21	19.24	19.52

ตารางที่ ก.27 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 150 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 100 mJ/cm^2 ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 120°C เป็นเวลา 10 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm^2)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	19.54	19.32	19.66	19.44
100	19.67	19.42	19.64	19.48
200	19.35	19.37	19.36	19.17
300	19.45	19.46	19.62	19.24
400	19.78	19.57	19.38	19.25
500	19.34	19.67	19.43	19.75
600	19.46	19.48	19.24	19.34
700	19.28	19.21	19.44	19.65
800	19.39	19.26	19.20	19.25
900	19.48	19.33	19.15	19.03
1000	19.27	19.24	19.45	19.35
1100	19.29	19.20	19.34	19.31
1200	19.45	19.06	19.56	19.14
1300	19.22	19.19	19.13	19.11

ตารางที่ ก.28 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลายเป็นเวลา 150 วินาที ที่ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรกเท่ากับ (E_1) 1,300 mJ/cm² ปรับเปลี่ยนค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 (E_2) สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง ที่อุณหภูมิในการอบ 120° C เป็นเวลา 10 นาที

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่ 2 หรือ E_2 (mJ/cm ²)	ค่าความหนาของชั้นฟิล์ม น้ำยาไวแสงที่หายไปภายหลังการล้างลาย (μm)			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
50	19.68	19.59	19.61	19.62
100	19.34	19.54	19.53	19.52
200	19.57	19.25	19.34	19.43
300	19.65	19.37	19.48	19.55
400	19.66	19.68	19.42	19.34
500	19.54	19.14	19.34	19.57
600	19.32	19.62	19.35	19.37
700	19.27	19.14	19.57	19.44
800	19.43	19.31	19.34	19.32
900	19.64	19.04	19.26	19.27
1000	19.24	19.23	19.36	19.16
1100	19.34	19.17	19.13	19.35
1200	19.28	19.09	19.05	19.28
1300	19.13	19.29	19.22	19.18

ตารางที่ ก.29 สรุปค่าความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลาย ณ ตำแหน่งที่ 1 ($T1_{PR}$) ตำแหน่งที่ 2 ($T2_{PR}$) และค่ามุมผกผันลายวงจร (θ_s) ที่ทดสอบได้ในแต่ละเงื่อนไข

T_{PB} (°C)	t_{PB} (min)	t_{Dev} (sec)	E_1 (mJ/cm ²)	E_2 (mJ/cm ²)	$T1_{PR}$ (μ m)	$T2_{PR}$ (μ m)	θ_s (degree)
0	5	45	50	1300	0.00	0.00	89.05
90	5	45	1300	50	18.60	0.00	89.95
90	5	150	50	1300	0.00	0.00	89.84
90	5	150	1300	50	16.17	0.00	90.29
90	10	45	50	1300	0.11	0.08	88.85
90	10	45	1300	50	18.87	0.00	88.22
90	10	150	50	1300	18.87	0.00	90.45
90	10	150	1300	50	15.38	0.00	89.56
120	5	45	50	1300	15.76	15.60	90.24
120	5	45	1300	50	18.56	17.61	90.00
120	5	150	50	1300	0.00	0.00	91.54
120	5	150	1300	50	18.09	0.00	89.57
120	10	45	50	1300	NA	NA	NA
120	10	45	1300	50	NA	NA	NA
120	10	150	50	1300	19.21	19.37	NA
120	10	150	1300	50	19.65	19.61	NA

หมายเหตุ NA หมายถึง ไม่สามารถวัดความลึกของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือได้

ตารางที่ ก.30 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลายที่เวลาแตกต่างกัน
สำหรับเทคนิคการฉายแสงครั้งเดียว

ค่าพลังงานในการ ฉายแสง (mJ/cm ²)	ระยะเวลาในการล้างลาย หรือ t_{Dev} (วินาที)						
	15	30	45	60	90	120	135
0	20.40	19.69	20.30	20.36	20.36	20.17	20.69
100	19.18	17.27	17.01	16.50	15.20	15.01	14.27
200	17.64	14.74	14.10	13.50	11.92	11.39	11.08
300	16.60	13.22	11.70	11.47	9.34	8.84	8.51
400	16.05	11.57	9.32	8.52	6.72	6.26	6.31
500	15.34	11.42	7.91	6.57	5.24	4.27	3.63
600	15.10	8.84	5.45	4.74	2.62	2.07	1.55
700	15.28	10.54	5.07	3.80	1.19	0.74	0.35
800	14.95	8.97	4.06	1.59	0.00	0.00	0.00
900	14.67	7.77	2.87	0.00	0.00	0.00	0.00
1000	13.93	5.60	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
1100	15.32	6.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
1200	15.32	6.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1300	15.70	8.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ก.36 การเปรียบเทียบความหนาชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการฉายแสงจากการ
ทดลองจริงและจากโปรแกรมแบบจำลอง สำหรับเทคนิคการฉายแสงครั้งเดียว

ค่าพลังงานในการฉายแสง (mJ/cm ²)	ความหนาชั้นน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้าง ลาย (μm)	
	ผลจากการทดลองจริง	ผลจากโปรแกรม แบบจำลอง
0	20.17	20.00
100	15.01	13.56
200	11.39	10.44
300	8.84	8.40
400	6.26	6.70
500	4.27	5.10
600	2.07	3.40
700	0.74	1.50
800	0.00	0.00
900	0.00	0.00
1000	0.00	0.00
1100	0.00	0.00
1200	0.00	0.00
1300	0.00	0.00

ตารางที่ ก.37 การเปรียบเทียบความหนาชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังการล้างลายจากการ
ทดลองจริงและจากโปรแกรมแบบจำลอง สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง

ค่าพลังงานใน การฉายแสง ครั้งแรก E_1 (mJ/cm ²)	ค่าพลังงานใน การฉายแสง ครั้งที่สอง E_2 (mJ/cm ²)	ค่าพลังงานใน การฉายแสง รวม E_C (mJ/cm ²)	ความหนาชั้นน้ำยาไวแสงที่เหลือ ภายหลังการฉายแสง (μm)	
			ผลจากโปรแกรม แบบจำลอง	ผลจากการ ทดลองจริง
100	50	150	11.20	11.20
100	100	200	10.10	9.62
100	200	300	8.68	6.96
100	300	400	7.77	4.19
100	400	500	6.99	2.01
100	500	600	6.44	0.00
100	600	700	5.86	0.00
200	50	250	8.83	7.82
200	100	300	8.21	7.05
200	200	400	7.31	4.55
200	300	500	6.62	2.14
200	400	600	5.97	0.53
200	500	700	5.52	0.00
200	600	800	5.06	0.00
300	50	350	6.97	5.57
300	100	400	6.60	4.85
300	200	500	5.88	1.95
300	300	600	5.31	0.45
300	400	700	4.84	0.00
300	500	800	4.46	0.00
300	600	900	4.11	0.00



ตารางที่ ก.38 ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงภายหลังการล้างลาย จากโปรแกรมแบบจำลอง เมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่าคงที่ของดิคส์ สำหรับการฉายแสงสองครั้ง

<i>Dill's A</i>	<i>Dill's B</i>	<i>Dill's C</i>	ความหนาชั้นน้ำยาไวแสงที่เหลือ ภายหลังการล้างลาย (μm)
0.4500	0.0243	0.010	8.63
0.2500	0.0350	0.030	2.74
0.2500	0.0243	0.030	2.73
0.3697	0.0350	0.0203	5.36
0.4500	0.0243	0.030	2.73
0.2500	0.0150	0.010	8.63
0.3697	0.0150	0.030	2.73
0.4500	0.0150	0.010	8.63
0.3697	0.0150	0.010	8.63
0.2500	0.0150	0.0203	5.36
0.4500	0.0350	0.010	8.63
0.3697	0.0243	0.0203	5.36
0.4500	0.0350	0.030	2.73
0.2500	0.0243	0.010	8.63
0.4500	0.0150	0.030	2.73
0.3697	0.0350	0.030	2.73
0.4500	0.0243	0.0203	5.36
0.3697	0.0150	0.0203	5.36
0.2500	0.0350	0.010	8.63
0.3697	0.0243	0.030	2.73
0.4500	0.0150	0.0203	5.36
0.2500	0.0350	0.0203	5.36
0.3697	0.0350	0.010	8.63
0.4500	0.0350	0.0203	5.36
0.3697	0.0243	0.010	8.63
0.2500	0.0150	0.030	2.72
0.2500	0.0243	0.0203	5.36

ตารางที่ ก.39 การเปรียบเทียบความหนาชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังจากล้างลาย จากการทดลองจริงและจากโปรแกรมแบบจำลอง โดยปรับเปลี่ยนค่า *Dill's C* สำหรับเทคนิคการฉายแสงสองครั้ง

ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งแรก E_1 (mJ/cm ²)	ค่าพลังงานในการฉายแสงครั้งที่สอง E_2 (mJ/cm ²)	ค่าพลังงานในการฉายแสงรวม E_C (mJ/cm ²)	ความหนาชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงที่เหลือภายหลังจากล้างลาย (m)		
			ผลจากการทดลอง	ผลจากโปรแกรมแบบจำลอง เมื่อยังไม่ปรับค่า <i>Dill's C</i>	ผลจากโปรแกรมแบบจำลอง เมื่อปรับค่า <i>Dill's C</i> แล้ว
200	50	250	7.82	8.83	8.03
200	100	300	7.05	8.21	6.80
200	200	400	4.55	7.31	4.50
200	300	500	2.14	6.62	2.48
200	400	600	0.53	5.97	0.57
200	500	700	0.00	5.52	0.00
200	600	800	0.00	5.06	0.00

ภาคผนวก ข
รหัสของ โปรแกรมแบบจำลอง ที่ใช้ในการทดลอง

รหัสของโปรแกรมแบบจำลอง สำหรับการทดลองที่ 4.3 เพื่อหาค่าคงที่ของแมคเพื่ออธิบายจลพลศาสตร์ของการล้างลาย สำหรับกระบวนการถ่ายแบบลายวงจรที่มีการฉายแสงหลายครั้ง

```
set dose_2=100
go athena simflags="-V 5.10.7.R"
```

```
## Set Litho Parameters####
```

```
set DOF=7.910
```

```
set NA=0.16
```

```
set focus=0
```

```
set PR_thickness=20
```

```
set dose1=400
```

```
set dose2=$dose_2
```

```
set develop_time=120
```

```
set lambda=2*$DOF*$NA*$NA
```

```
# Define the structure
```

```
line x loc=-20 spac=5
```

```
line x loc=-18 spac=1
```

```
line x loc=-16 spac=1
```

```
line x loc=-14 spac=0.75
```

```
line x loc=-12 spac=0.5
```

```
line x loc=-10 spac=0.2
```

```
line x loc=-8 spac=0.1
```

```
line x loc=-6 spac=0.2
```

```
line x loc=-4 spac=0.2
```

```
line x loc=0 spac=0.1
```

```
line x loc=4 spac=0.2
```

```
line x loc=6 spac=0.2
```

```
line x loc=8 spac=0.1
```

```
line x loc=10 spac=0.2
```

```
line x loc=12 spac=0.5
```

```
line x loc=14 spac=0.75
```

```
line x loc=16 spac=1
```

ปรับค่าพลังงานการฉายแสงครั้งที่ 1
เป็น 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400
และ 500 mJ/cm² ตามลำดับ

ปรับค่าพลังงานการฉายแสงครั้งที่ 2
เป็น 50, 100, 200, 300, 400 และ 500
mJ/cm² ตามลำดับ

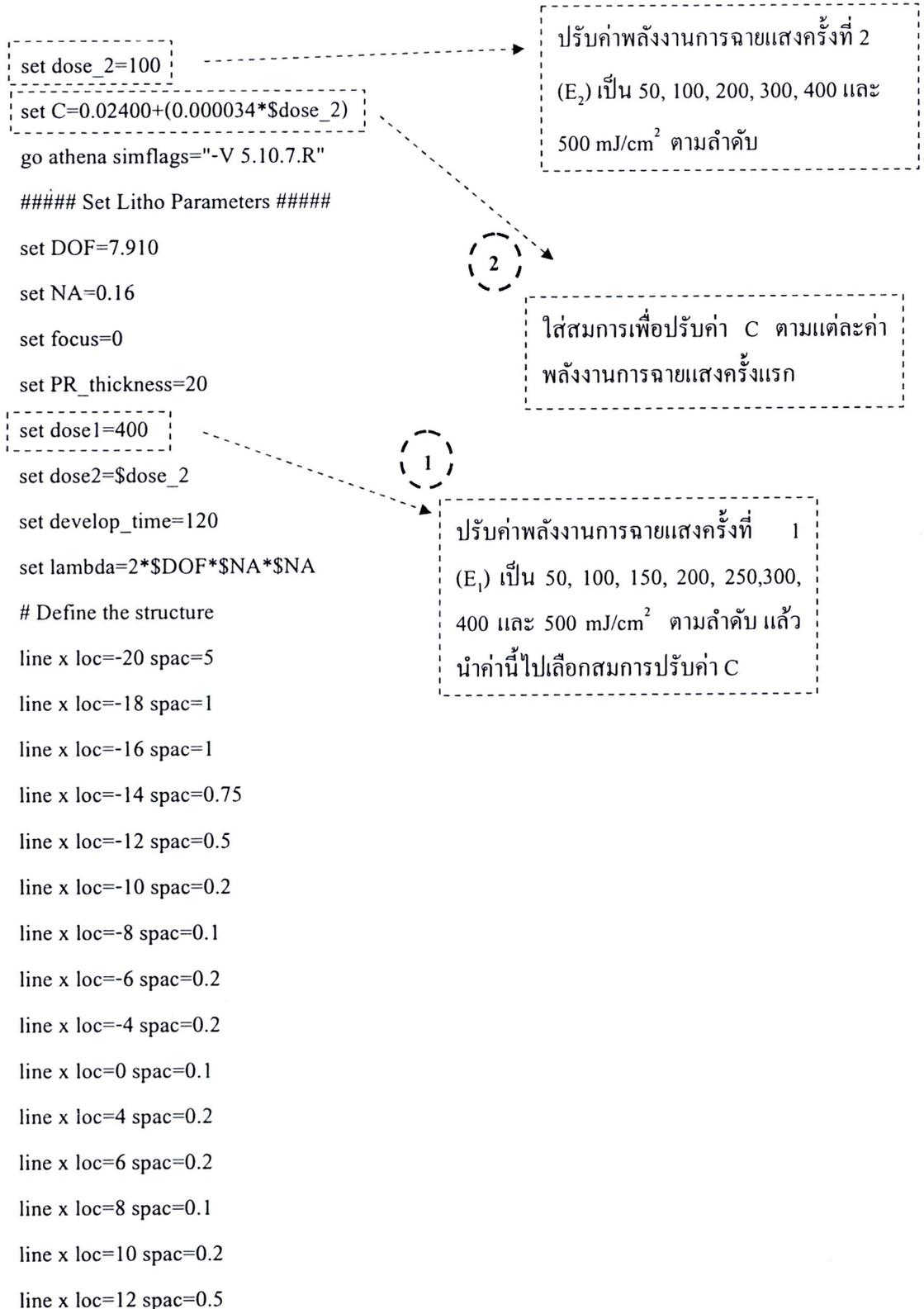
```

line x loc=18 spac=1
line x loc=20 spac=5
#
line y loc=0 spac=1
line y loc=8 spac=1
#
init material=AlTiC
rate.develop name.resist=AZP4620 lambda=$lambda a.dill=0.3697 b.dill=0.0243 c.dill=0.0203
rmax.mack=0.299 rmin.mack=0.00107 mth.mack=0.1849 n.mack=6.39693 Dix.0=7.55e-12
Dix.E=3.34e-3
#----- Refractive index from data sheet----
optical name.resist=AZP4620 lambda=$lambda refrac.real=1.6463 refrac.imag=0 delta.real=0.0333
delta.imag=0.01
optical material=AlTiC lambda=$lambda refrac.real=4.5 refrac.imag=5.2
deposit name.resist=AZP4620 thick=$PR_thickness divisions=40
#----- Soft Bake -----
bake time=5 minutes temp=90 reflow
#####
illumination lambda=$lambda
illum.filter clear.fil circle sigma=0.38
projection na=$NA
pupil.filter clear.fil circle
#----- Layout#1 -----
layout lay.clear x.lo=-1 z.lo=-5 x.hi=1 z.hi=5 phase=0. trans=1.
image win.x.lo=-10 win.x.hi=10 win.z.lo=0 win.z.hi=0 dx=0.1 defocus=$focus n.pupil=8
#----- Exposure Dose#1 -----
expose mult.expose dose="$dose1" num.refl=10
#----- Layout#2 -----
layout lay.clear x.lo=-1 z.lo=-5 x.hi=1 z.hi=5 phase=0. trans=1.
image win.x.lo=-10 win.x.hi=10 win.z.lo=0 win.z.hi=0 dx=0.1 defocus=$focus n.pupil=8
#----- Exposure Dose#2 -----
expose mult.expose dose="$dose2" num.refl=10

```

```
# Time in seconds
#----- Develop -----
develop mack time="$develop_time" steps=4 substeps=30
#
structure outfile=Double_Exposure.str
tonyplot -st Double_Exposure.str
#
quit
```

รหัสของโปรแกรมแบบจำลอง สำหรับการทดลองที่ 4.4 เพื่อหาค่าคงที่ของดิลล์เพื่ออธิบายจลพลศาสตร์ของการฉายแสง สำหรับกระบวนการถ่ายแบบลายวงจรที่มีการฉายแสงหลายครั้ง



```

line x loc=14 spac=0.75
line x loc=16 spac=1
line x loc=18 spac=1
line x loc=20 spac=5
#
line y loc=0 spac=1
line y loc=8 spac=1
#
init material=AlTiC
rate.develop name.resist=AZP4620 lambda=$lambda a.dill=0.3697 b.dill=0.0243 c.dill="$C"
rmax.mack=0.299 rmin.mack=0.00107 mth.mack=0.1849 n.mack=6.39693 Dix.0=7.55e-12
Dix.E=3.34e-3
#-----Refractive index from data sheet----
optical name.resist=AZP4620 lambda=$lambda refrac.real=1.6463 refrac.imag=0 delta.real=0.0333
delta.imag=0.01
optical material=AlTiC lambda=$lambda refrac.real=4.5 refrac.imag=5.2
deposit name.resist=AZP4620 thick=$PR_thickness divisions=40
#----- Soft Bake -----
bake time=5 minutes temp=90 reflow
#####
illumination lambda=$lambda
illum.filter clear.fil circle sigma=0.38
projection na=$NA
pupil.filter clear.fil circle
#----- Layout#1 -----
layout lay.clear x.lo=-1 z.lo=-5 x.hi=1 z.hi=5 phase=0. trans=1.
image win.x.lo=-10 win.x.hi=10 win.z.lo=0 win.z.hi=0 dx=0.1 defocus=$focus n.pupil=8
#----- Exposure Dose#1 -----
expose mult.expose dose="$dose1" num.refl=10
#----- Layout#2 -----
layout lay.clear x.lo=-1 z.lo=-5 x.hi=1 z.hi=5 phase=0. trans=1.
image win.x.lo=-10 win.x.hi=10 win.z.lo=0 win.z.hi=0 dx=0.1 defocus=$focus n.pupil=8

```

```
#----- Exposure Dose#2 -----  
expose mult.expose dose="$dose2" num.refl=10  
# Time in seconds  
#----- Develop -----  
develop mack time="$develop_time" steps=4 substeps=30  
#  
structure outfile=Double_Exposure.str  
tonyplot -st Double_Exposure.str  
#  
quit
```

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล	นางสาวปัทมา พลประสิทธิ์
วัน เดือน ปีเกิด	30 มิถุนายน 2529
ประวัติการศึกษา	
ระดับมัธยมศึกษา	ประโยชน์มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวิเชียรมาตุ พ.ศ. 2547
ระดับปริญญาตรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2551
ระดับปริญญาโท	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2553
ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์	<p>(1) Patama P., Nithi A., Thawad T., Wutthinan J., Charndet H., Amporn P., and Rardchawadee S., “<i>Effects of Lithographic Parameters to the Air Bearing Surface Fabrication Using Double-Exposure Patterning</i>”, ECTI-CON, 2011. To be published.</p> <p>(2) Patama P., Nithi A., Thawad T., Wutthinan J., Charndet H., Amporn P., and Rardchawadee S., “<i>Double Exposure Effects on Photoresist Model Parameters in 3-D Patterning</i>”, ITC-CSCC, 2011. To be published.</p> <p>(3) Patama P., Nithi A., Thawad T., Wutthinan J., Charndet H., Amporn P., and Rardchawadee S., “<i>Effect of Lithographic Parameters to the 3-D Microstructure Fabrication Using Double-Exposure Patterning</i>”, ITC-CSCC, 2011. To be published.</p> <p>(4) Nithi A., Patama P., Thawad T., Wutthinan J., Charndet H., Amporn P., and Rardchawadee S., “<i>Adjustment of Exposure Kinetics Simulation Parameters for a 3-D Microstructure Fabrication Using Double-Exposure Lithography</i>”, ITC-CSCC, 2011. To be published.</p>

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ข้อตกลงว่าด้วยการโอนสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา

วันที่ 7 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2554

ข้าพเจ้า นางสาวปัทมา พลประสิทธิ์ รหัสประจำตัว 52403426 เป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระดับ ปริญญาโท หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า (วิชาเอกวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม) คณะ วิศวกรรมศาสตร์ อยู่บ้านเลขที่ 133/319 ถนนรัชฎา ตำบลทับเที่ยง อำเภอเมือง จังหวัดตรัง รหัสไปรษณีย์ 92000 เป็น “ผู้โอน” ขอนสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาให้ไว้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยมี รศ.ดร.ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ ตำแหน่ง รองคณบดีฝ่ายวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นตัวแทน “ผู้รับโอน” สิทธิในทรัพย์สินทางปัญญา และมีข้อตกลงดังนี้

1. ข้าพเจ้าได้จัดทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อศึกษาผลของการฉายแสงหลายระดับ สำหรับการสร้างพื้นผิวแอร์เรย์บนหัวอ่าน/เขียนฮาร์ดดิสก์ ซึ่งอยู่ในความควบคุมของ ผศ.ดร.ราชวัติ ทิลาพันธ์ อาจารย์ที่ ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 และถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2. ข้าพเจ้าตกลงโอนลิขสิทธิ์จากผลงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการสร้างสรรค์ของข้าพเจ้าในวิทยานิพนธ์ให้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตลอดจนอายุแห่งการคุ้มครองลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 ตั้งแต่วันที่ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์จากมหาวิทยาลัย
3. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำวิทยานิพนธ์ไปใช้ในการเผยแพร่ในสื่อใดๆ ก็ตาม ข้าพเจ้าจะต้องระบุว่าวิทยานิพนธ์เป็นผลงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีทุกครั้งที่มีการเผยแพร่
4. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำวิทยานิพนธ์ไปเผยแพร่ หรือให้ผู้อื่นทำซ้ำหรือดัดแปลงหรือเผยแพร่ต่อสาธารณชนหรือกระทำการอื่นใด ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดยมีค่าตอบแทนในเชิงธุรกิจ ข้าพเจ้าจะกระทำได้เมื่อได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ก่อน
5. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ไปประดิษฐ์หรือพัฒนาต่อยอดเป็น สิ่งประดิษฐ์หรืองานทรัพย์สินทางปัญญาประเภทอื่น ภายในระยะเวลาสิบ (10) ปีนับจากวันลงนามในข้อตกลงฉบับนี้ ข้าพเจ้าจะกระทำได้เมื่อได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีมีสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญานั้น พร้อมกับได้รับชำระค่าตอบแทนการอนุญาตให้ใช้สิทธิดังกล่าว รวมถึงการจัดสรรผลประโยชน์อันพึงเกิดขึ้นจากส่วนใดส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของวิทยานิพนธ์ในอนาคต โดยให้เป็นไปตามระเบียบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ว่าด้วย การบริหารผลประโยชน์อันเกิดจากทรัพย์สินทางปัญญา พ.ศ. 2538

6. ในกรณีที่มีผลประ โยชน์เกิดขึ้นจากวิทยานิพนธ์หรืองานทรัพย์สินทางปัญญาอื่นที่ข้าพเจ้าทำขึ้น โดยมีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีเป็นเจ้าของ ข้าพเจ้าจะมีสิทธิได้รับการจัดสรรผลประโยชน์อันเกิดจากทรัพย์สินทางปัญญาดังกล่าวตามอัตราที่กำหนด ไว้ในระเบียบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ว่าด้วยการบริหารผลประโยชน์อันเกิดจากทรัพย์สินทางปัญญา พ.ศ. 2538

ลงชื่อ.....*ปัทมา พลประสิทธิ์*.....ผู้โอนสิทธิ
(นางสาวปัทมา พลประสิทธิ์)
นักศึกษา

ลงชื่อ.....*[Signature]*.....ผู้รับโอนสิทธิ
(รศ.ดร.ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทนคณบดี

ลงชื่อ.....*[Signature]*.....พยาน
(ผศ.ดร.ราชวัติ ศิลลาพันธ์)

ลงชื่อ.....*[Signature]*.....พยาน
(รศ.ดร.วุฒิชัย อัครวินชัยโชติ)



