

## บทที่ 7

### การปรับปรุงความไวในการวัด Flying height ของดิสก์

ในปัจจุบัน Flying height ของหัวอ่าน/เขียนมีขนาดอยู่ที่ประมาณ 10 นาโนเมตร [5, 6] และในอนาคตระยะ Flying height ของหัวอ่าน/เขียนมีแนวโน้มที่จะลดลง เพื่อที่จะเพิ่มความหนาแน่นของข้อมูลต่อ 1 แผ่นแม่เหล็ก ซึ่งในการวัด Flying height ด้วยวิธี Intensity interferometry ด้วยจานแก้วนั้นจะมี Sensitivity ในการวัด Flying height ที่ต่ำซึ่งสามารถสังเกตได้จากรูปที่ 6.10 ว่าความชันของเส้นโค้งความเข้มแสงทั้ง 3 ความยาวคลื่นนั้นต่ำลงที่ Flying height ต่ำๆ (ตั้งแต่ 20 นาโนเมตรลงมา) ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดที่จะพัฒนา Sensitivity ในการวัด Flying height ด้วยวิธี Intensity interferometry โดยการพัฒนาดิสก์ที่มี Sensitivity ในการวัด Flying height ดีกว่าจานแก้ว ซึ่งจากการทดสอบพบว่าจานแก้วที่เคลือบด้วยชั้นฟิล์มชนิดต่างๆจะมีคุณสมบัติทางแสงเปลี่ยนแปลงจากจานแก้วทั่วไป เช่นลักษณะของเส้นโค้งความเข้มแสงที่แสดงให้เห็นในบทที่ 6 แล้วว่าการเคลือบผิวจานแก้วด้วยซิลิกอน และ DLC นั้นส่งผลให้ลักษณะเส้นโค้งของความเข้มแสงเปลี่ยนแปลงไปจากจานแก้วซึ่งรวมถึง Sensitivity ในการวัด Flying height ด้วยโดยที่ Sensitivity ในการวัด Flying height คือการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงที่วัดได้เมื่อ Flying height เปลี่ยนแปลงไป 1 นาโนเมตรหรือก็คือความชันของเส้นโค้งความเข้มแสงที่เป็นฟังก์ชันของ Flying height จะเห็นได้ว่าดิสก์ที่มีซิลิกอนและ DLC นั้นจะมี Sensitivity ในช่วง Flying height ต่ำๆ (Near contact flying height) ดีกว่าจานแก้ว

ในส่วนของการปรับปรุงความไวในการวัด Flying height ของดิสก์นั้นจะเริ่มจากการวัดดรรชนีหักเหของฟิล์มซิลิกอนและ DLC ในบทที่ 7.1 เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณเพื่อที่จะเลือกความหนาของฟิล์มที่จะนำไปสร้างดิสก์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอติสก์ 2 แบบที่จะใช้ในการปรับปรุงความไวคือ 1. ดิสก์ที่มี 3 ชั้น (3-Layers-disk) และ 2. ดิสก์ที่มี 5 ชั้น (5-Layers-disk) ซึ่งในส่วนของการคำนวณ, การเลือกความหนาที่จะใช้ในการสร้าง และการสร้างดิสก์ของดิสก์ทั้ง 2 แบบอธิบายไว้ในบทที่ 7.2 และ 7.3 ตามลำดับ จากนั้นจะทำการทดสอบ Sensitivity ของดิสก์ทั้ง 2 แบบเปรียบเทียบกับจานแก้วในบทที่ 7.4 และสรุปผลในบทที่ 7.5

#### 7.1 การวัดดรรชนีหักเหของฟิล์มซิลิกอนและ DLC

เนื่องจากการทดสอบนี้มีการเว้นช่วงระยะห่างจากการทดสอบการประยุกต์ใช้งานดิสก์ในเครื่องวัด Flying height tester (บทที่ 6) พอสมควรดังนั้นค่าดรรชนีหักเหของฟิล์ม

ซิลิกอนและ DLC อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นได้ รวมถึงในการคำนวณในส่วนของการ Optimize sensitivity นั้นค่าดรรชนีหักเหที่จำเป็นต้องมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือจึงจะสามารถมั่นใจได้ว่าผลที่ได้จากการ Optimize นั้นถูกต้องและสามารถนำไปพิจารณาในการสร้างติสก์ได้ จึงทำการวัดดรรชนีหักเหของฟิล์มอีกครั้ง โดยในครั้งนี้จะใช้ขั้นตอนต่าง ๆ ดังที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 6.1.1 แต่จะทำการปลูกฟิล์มซิลิกอนและ DLC บนซิลิกอนเวเฟอร์ที่มีชั้นของ  $\text{SiO}_2$  ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 7.1 แทนซิลิกอนเวเฟอร์ เนื่องจากการปลูกฟิล์มบนซิลิกอนเวเฟอร์ที่มีชั้นของ  $\text{SiO}_2$  นั้นจะให้ผลลัพธ์ในการวัดที่ดีกว่า ประกอบกับการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของโมเดลที่ใช้การวิเคราะห์ดรรชนีหักเหของฟิล์ม จึงทำให้สามารถเลือกโมเดลที่สามารถ (Tauc-Lorentz model) Fitting ข้อมูล Psi และ Delta ที่ได้จากการวัดโดยที่มี MSE น้อยมากๆ (MSE น้อยกว่า 5) ซึ่งหมายถึงข้อมูลทั้ง 2 นั้นมีความใกล้เคียงกันมากดังที่แสดงไว้ดังรูปที่ 7.2 (b) และ รูปที่ 7.3(b) และส่งผลให้ค่าดรรชนีหักเหของฟิล์มซิลิกอนและ DLC ครั้งนี้มีความน่าเชื่อถือและความถูกต้องมาก ซึ่งดรรชนีหักเหที่จะใช้ในการ Optimize sensitivity แสดงไว้ดังตารางที่ 7.1 (โดยที่ดรรชนีหักเหของงานแก้วและหัวอ่าน/เขียนได้จากทางข้อมูลของบริษัท)



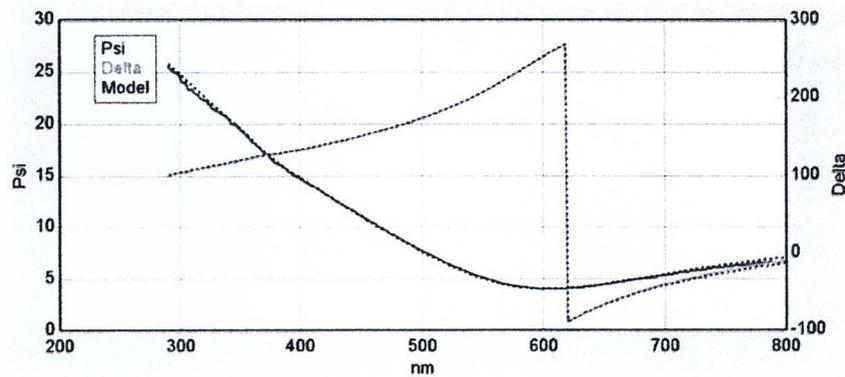
รูปที่ 7.1 ฟิล์มซิลิกอนและ DLC ที่ปลูกบนซิลิกอนเวเฟอร์ที่มีชั้นของ  $\text{SiO}_2$

## DLC

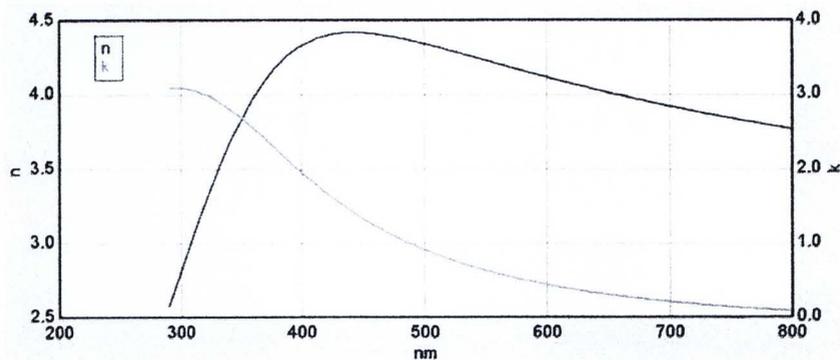
(a)

Layer # 2 = <u>Carbon on SiO<sub>2</sub> Thin MT</u> Thickness # 2 = <u>530.00 Å</u> Amp. = <u>18.238</u> (fit) Brod. = <u>7.448</u> (fit) E <sub>o</sub> = <u>6.214</u> (fit) E <sub>g</sub> = <u>0.735</u> (fit) E <sub>inf</sub> = <u>2.652</u> (fit)
Layer # 1 = <u>SiO<sub>2</sub></u> Thickness # 1 = <u>5018.30 Å</u> (fit)
Substrate = <u>SI_JELL</u>

(b)



(c)



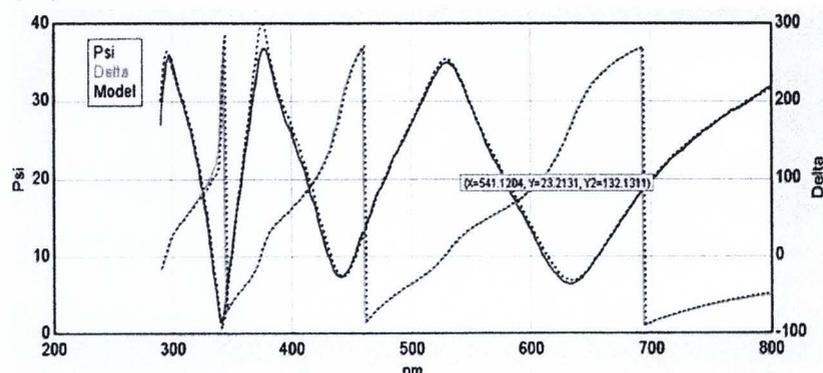
รูปที่ 7.2 ขั้นตอนการวัดดรรชนีหักเหของฟิล์ม DLC การสร้างแบบจำลองของชั้นงานที่ใช้ในการวัดและเลือกโมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ (a), ผลการ Fitting ของ Psi และ Delta ที่ได้จากการวัดและจากการคำนวณโดยใช้โมเดล Tauc-Lorentz (b), ดรรชนีหักเหของฟิล์ม DLC ที่แปลงมาจากผลการ Fitting (c)

## Silicon

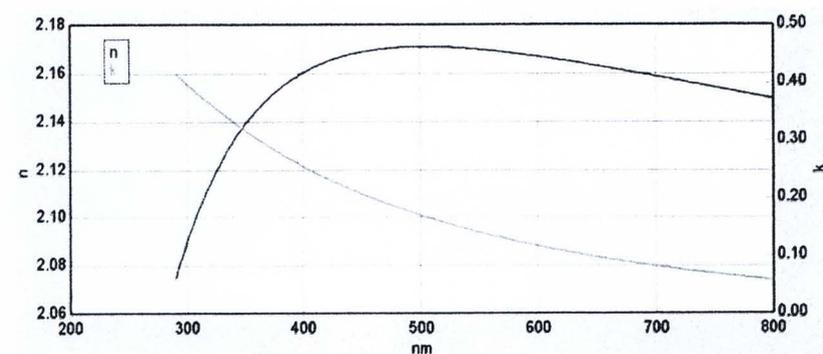
(a)

Layer # 2 = a-Si Ion Beam SPT Thickness # 2 = <b>264.28 Å</b> (fit) Amp. = <u>107.807</u> Brod. = <u>2.393</u> Eo = <u>3.606</u> Eg = <u>1.162</u> Einf = <u>1.160</u>
Layer # 1 = SiO <sub>2</sub> _JAW Oxide Thickness = <b>207.32 Å</b> (fit)
Substrate = <u>SI_JAW</u>

(b)



(c)



รูปที่ 7.3 ขั้นตอนการวัดดรรชนีหักเหของฟิล์มซิลิกอน การสร้างแบบจำลองของชั้นงานที่ใช้ในการวัดและเลือกโมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ (a), ผลการ Fitting ของ Psi และ Delta ที่ได้จากการวัดและจากการคำนวณโดยใช้โมเดล Tauc-Lorentz (b), ดรรชนีหักเหของฟิล์มซิลิกอนที่แปลงมาจากผลการ Fitting (c)

ตารางที่ 7.1 ดรรชนีหักเหของวัสดุที่ใช้ในการคำนวณเพื่อการ Optimize sensitivity

Material	Wavelength 450nm	Wavelength 550nm	Wavelength 650nm
Silicon	4.419+1.328i	4.232+0.634i	4.014+0.309i
DLC	2.169+0.2087i	2.1699+0.1416i	2.1631+0.0985i
Air	1	1	1
Glass disk	1.54+0.02i	1.51+0.01i	1.52
Slider (AlTiC)	2.39+0.432i	2.354+0.363i	2.289+0.344i

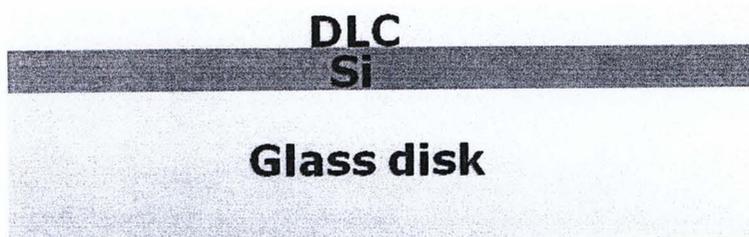
## 7.2 การปรับปรุงความไวในการวัด Flying height โดยใช้ดิสก์ที่มี 3 ชั้น

เนื่องจาก Sensitivity หรือความชันของเส้นโค้งที่เปลี่ยนไปจะขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ดรรชนีหักเหของจานแก้ว ดรรชนีหักเหของฟิล์มที่นำมาเคลือบและความหนาของฟิล์ม ดังนั้นถ้าสามารถที่จะเลือกความหนาของฟิล์มที่เหมาะสมได้ก็จะสามารถเพิ่ม Sensitivity ในการวัด Flying height ได้ โดยที่ Sensitivity ที่มีค่ามากหมายถึงสามารถวัดได้ละเอียดมากขึ้น โดยที่เงื่อนไขของการ Optimize คือเส้นโค้งของความเข้มแสงต้องไม่มีจุดเปลี่ยนโค้งในช่วง Flying height ที่สนใจ ซึ่งจะเห็นได้จากการเคลือบผิวจานแก้วด้วยซิลิกอนและ DLC ด้วยความหนาตามบทที่ 6 นั้นจะทำให้เส้นโค้งของความเข้มแสงเกิดจุดเปลี่ยนโค้งที่ Flying height ประมาณ 25 นาโนเมตรและเป็นผลให้ไม่สามารถวัด Flying height ที่บริเวณนี้ได้ ดังนั้นจึงกำหนดเงื่อนไขนี้ขึ้นมาในการ Optimize เพื่อที่จะทำให้ดิสก์ที่ได้หลังจากการ Optimize มีทั้ง Sensitivity ดีขึ้นและสามารถนำไปใช้ในกระบวนการวัด Flying height ได้อย่างเหมาะสมในทุกๆ Flying height

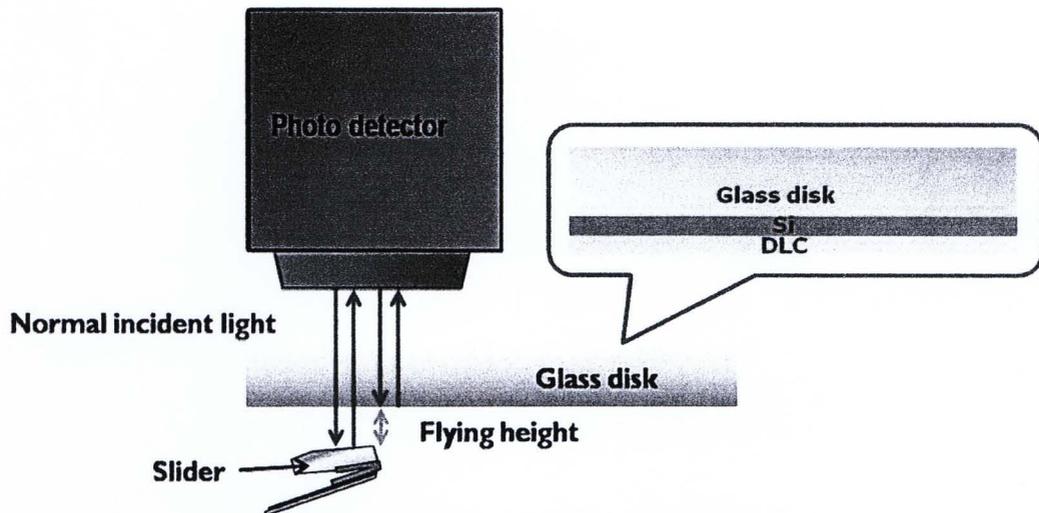
ในการเลือกความหนาของฟิล์มที่จะนำมาเคลือบบนจานแก้วเพื่อทำการ Optimize นั้น ต้องไม่เป็นอุปสรรคต่อกระบวนการวัด Flying height คือต้องไม่ส่งผลต่อความชัดเจนของ Pole-tip และดิสก์หลังการ Optimize ควรจะมีความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นจากจานแก้วด้วย ซึ่งจะเลือกฟิล์มซิลิกอนและ DLC เพื่อทำการ Optimize ความหนาซึ่งสามารถปลูกได้ที่บริษัทเวสเทิร์น ดิจิตอล โดยที่ความหนาของซิลิกอนที่ใช้จะต้องไม่รบกวนต่อความชัดเจนของ Pole-tip อีกทั้ง DLC ยังเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงมากดังที่แสดงค่าความแข็งแรงไว้ดังตารางที่ 2.2 ดังนั้นดิสก์ที่ได้หลังจากการ Optimize นั้นจะมีทั้งความแข็งแรงที่มากขึ้น, Sensitivity ที่ดีขึ้นและสามารถ

นำไปใช้ในกระบวนการวัด Flying height ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งดิสก์ที่ใช้ในการทดสอบนี้จะมี 2 แบบคือ 1. ดิสก์ที่มี 3 ชั้น (3-Layers-disk) และ 2. ดิสก์ที่มี 5 ชั้น (5-Layers-disk)

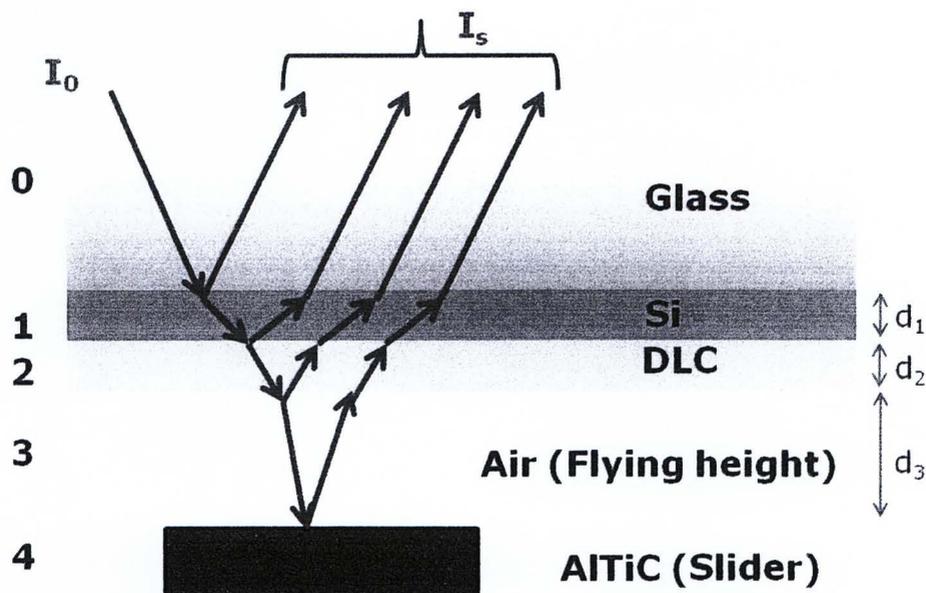
ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงการปรับปรุง Sensitivity โดยใช้ดิสก์ที่มี 3 ชั้น (ในส่วนของดิสก์ที่มี 5 ชั้นจะอธิบายไว้ในบทที่ 7.3) ลักษณะของดิสก์ที่จะนำมา Optimize sensitivity แสดงไว้ดังรูปที่ 7.4 ดิสก์จะมี 3 ชั้น (3-Layers-disk) ซึ่งประกอบด้วยชั้นของจานแก้ว, ซิลิกอน และ DLC ซึ่งดิสก์ที่มีลักษณะนี้จะมีโอกาสในการเพิ่ม Sensitivity ในการวัด Flying height ได้ถ้าสามารถเลือกความหนาของชั้นฟิล์มซิลิกอนและ DLC ได้อย่างเหมาะสมและเนื่องจากชั้นฟิล์มที่สัมผัสกับหัวอ่าน/เขียนนั้นเป็น DLC ซึ่งจะทำให้ความแข็งแรงของดิสก์นั้นเพิ่มขึ้นจากจานแก้วด้วยดังที่อธิบายไว้ในบทที่ 4 และ 5 โดยปกติแล้วในการวัด Flying height ด้วยจานแก้วนั้นจะมีไดอะแกรมดังรูปที่ 7.5 โดยที่แสงจากแหล่งกำเนิดจะสะท้อนจากด้านล่างของจานแก้วและผิวหน้าของหัวอ่าน/เขียน (Slider) กลับไปที่ Detector แต่ในกรณีที่ใช้ดิสก์ที่เคลือบด้วยซิลิกอนและ DLC ดังที่แสดงในรูปที่ 7.4 การสะท้อนของแสงจะซับซ้อนกว่านี้ โดยสามารถเขียนแบบจำลองการวัด Flying height ที่ใช้ดิสก์ที่เคลือบด้วยซิลิกอนและ DLC เพื่อใช้ในการคำนวณความเข้มแสงเพื่อ Optimize sensitivity ได้ดังรูปที่ 7.6



รูปที่ 7.4 ลักษณะของดิสก์ที่มี 3 ชั้นที่จะใช้ในการ Optimize sensitivity ในการวัด Flying height โดยการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้นฟิล์มซิลิกอนและ DLC



รูปที่ 7.5 ไดอะแกรมการวัด Flying height ของเครื่อง flying height tester โดยใช้จานแก้วแบบปกติซึ่งในการคำนวณจะใช้ดิสก์ที่มี 3 ชั้นแทนจานแก้ว ซึ่งการสะท้อนของแสงจะซับซ้อนกว่ามาก



รูปที่ 7.6 แบบจำลองของดิสก์ที่มี 3 ชั้นที่ใช้ในการคำนวณเพื่อปรับปรุง Sensitivity ในการวัด Flying height โดยที่  $d_1$ ,  $d_2$ , และ  $d_3$  คือความหนาของ Si, DLC และ Flying height ตามลำดับ โดยวัสดุที่ใช้ทำ Slider คือ AITiC

### 7.2.1 การคำนวณทางทฤษฎีของความเข้มแสงของแสงที่สะท้อนในการวัด Flying height ในกรณีใช้ดิสก์ที่มี 3 ชั้น

จากรูปที่ 7.5 แสงที่มาจกแหล่งกำเนิดจะตกกระทบดิสก์เป็นลักษณะ Normal incident และเดินทางผ่านและสะท้อนจากชั้นตัวกลางต่างๆตามแบบจำลองในรูปที่ 7.6 ซึ่งสามารถใช้

Thin film theory [6] คำนวณความเข้มแสงทั้งหมดที่สะท้อนออกมาจากชั้นต่างๆของแบบจำลองในรูปที่ 7.6 ได้จากสมการที่ (7.1) โดยสามารถดูการพิสูจน์เพิ่มเติมได้ที่ภาคผนวก ก.

$$I_s = I_0 \left[ \frac{r_{01} + r_{1234} e^{2i\beta_1}}{1 + r_{01} r_{1234} e^{2i\beta_1}} \right]^2 \quad \text{--- (7.1)}$$

ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในลักษณะ

$$I_s = I_0 |R|^2 e^{i\varphi} = I_0 R^2 \quad \text{--- (7.2)}$$

โดยที่ตัวแปรต่างๆสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$r_{1234} = \left[ \frac{r_{12} + r_{234} e^{2i\beta_2}}{1 + r_{12} r_{234} e^{2i\beta_2}} \right] \quad \text{--- (7.3)}$$

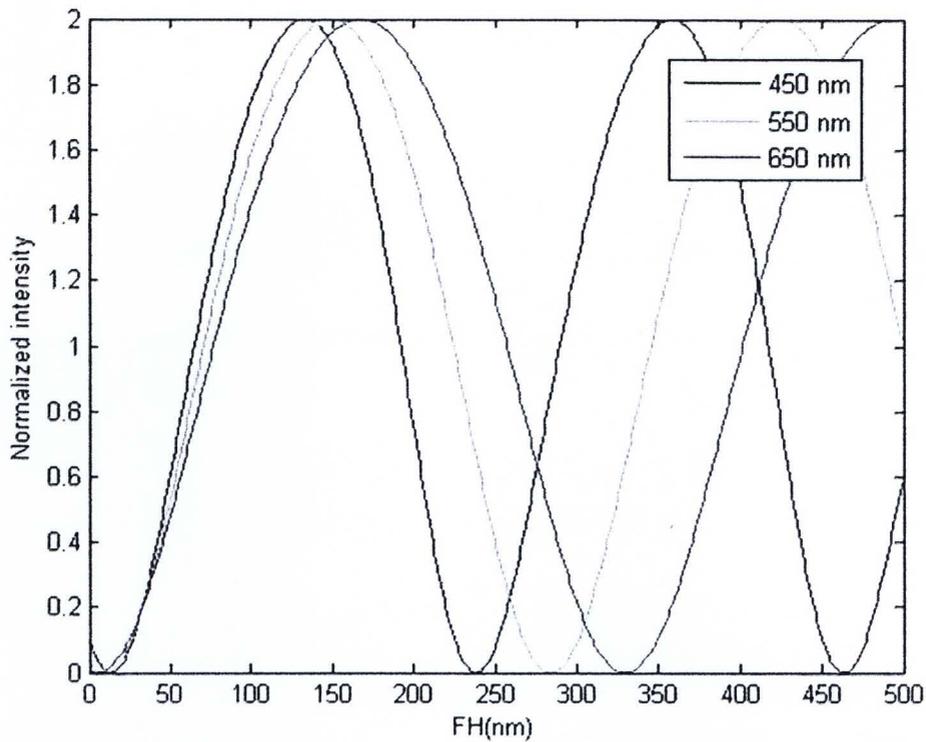
$$r_{234} = \left[ \frac{r_{23} + r_{34} e^{2i\beta_3}}{1 + r_{23} r_{34} e^{2i\beta_3}} \right] \quad \text{--- (7.4)}$$

$$\beta_i = 2\pi \left( \frac{d_i}{\lambda} \right) n_i \quad \text{--- (7.5)}$$

$$r_{ij} = \frac{(n_i + ik_i) - (n_j + ik_j)}{(n_i + ik_i) + (n_j + ik_j)} \quad \text{--- (7.6)}$$

$$\frac{I_s}{I_0} = |R^2| \quad \text{--- (7.7)}$$

ซึ่งความหมายของตัวแปรต่างๆได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 6.1.2 แล้ว จากนั้นทำการ Normalize สมการที่ (7.7) ให้ความเข้มแสงอยู่ในช่วง 0 ถึง 2 ก็จะสามารถสร้างเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับ Flying height ของแต่ละความหนาของชั้นฟิล์มได้ โดยที่ตัวอย่างของผลการคำนวณของดิสก์ที่มีความหนาของชั้นฟิล์ม Si และ DLC 1 นาโนเมตรแสดงไว้ดังรูปที่ 7.7 โดยใช้ดรรชนีหักเหและพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการคำนวณแสดงไว้ดังตารางที่ 7.1 และตารางที่ 7.2



รูปที่ 7.7 ตัวอย่างของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและ Flying height ที่ได้จากการคำนวณของดิสก์ที่มีความหนาของ Si และ DLC 1 นาโนเมตร

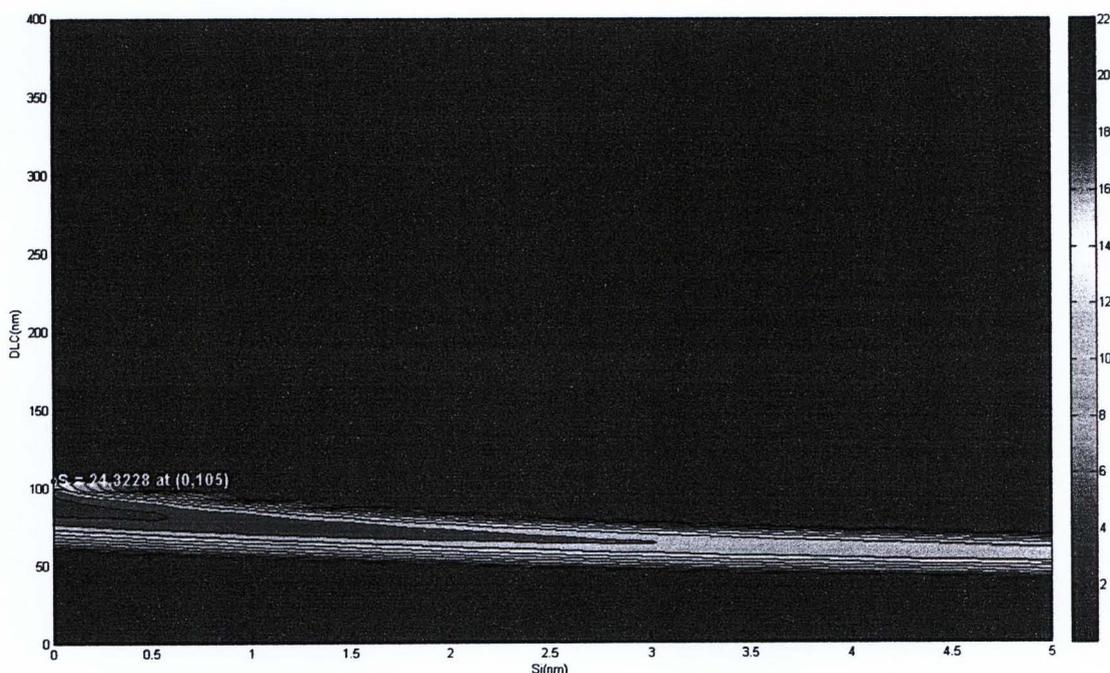
ตารางที่ 7.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการ Optimize sensitivity ของดิสก์ที่มี 3 ชั้น

Parameters	Boundary	Interval
ความหนา Si <sub>1</sub> (d <sub>1</sub> )	0 ถึง 5 นาโนเมตร	0.5 นาโนเมตร
ความหนา DLC <sub>1</sub> (d <sub>2</sub> )	0 ถึง 400 นาโนเมตร	1 นาโนเมตร
Flying height (d <sub>3</sub> )	0 ถึง 500 นาโนเมตร	1 นาโนเมตร
Wavelength (Blue, Green, Red)	450, 550 และ 650 นาโนเมตร	1 นาโนเมตร

### 7.2.2 การ Optimize sensitivity จากการคำนวณทางทฤษฎีของดิสก์ที่มี 3 ชั้นโดยการเปลี่ยนแปลงความหนาของฟิล์มซิลิกอนและ DLC

จากแบบจำลองและวิธีการคำนวณที่แสดงไว้ดังรูปที่ 7.6 และหัวข้อที่ 7.2.1 มาประยุกต์ใช้ในการเขียนโปรแกรมโดยใช้ Matlab เพื่อ Optimize sensitivity โดยการเปลี่ยนแปลงความหนาของ Si และ DLC โดยมีแบบจำลองการคำนวณดังรูปที่ 7.6 และตรงขั้นนี้หักเหตามตารางที่ 7.1 และพารามิเตอร์ที่จะใช้การคำนวณดังตารางที่ 7.2 ซึ่งความหนาของซิลิกอนจะถูกจำกัดอยู่ที่ 5 นาโนเมตรเนื่องจากผลจากการทดสอบการมองเห็น Pole-tip ในหัวข้อที่ 4.1 โดยที่นิยามของ Sensitivity ที่ใช้ในการวัดและการคำนวณคือผลรวมของ

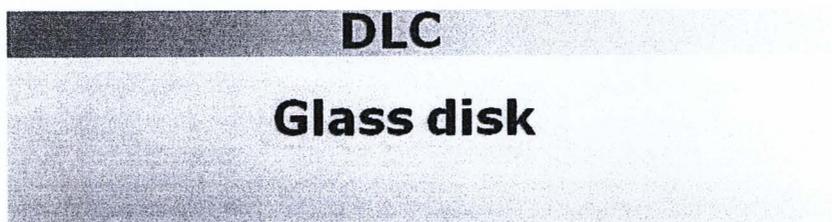
Sensitivity ที่ Flying height 1, 10, 20, 30, 40 และ 50 นาโนเมตรของทั้ง 3 ความยาวคลื่นซึ่งก็คือผลรวมของความชันของเส้นโค้งตาม Flying height ดังกล่าวของทั้ง 3 ความยาวคลื่น จากนั้นทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้นฟิล์มต่างๆ ตามที่ได้กำหนดไว้ดังตารางที่ 7.2 เพื่อที่หาความหนาของชั้นฟิล์มที่สามารถให้ Sensitivity ในการวัด Flying height ที่มากที่สุด โดยที่สามารถดูรายละเอียดของโปรแกรมเพิ่มเติมได้ที่ภาคผนวก ข.2 และ ข.3



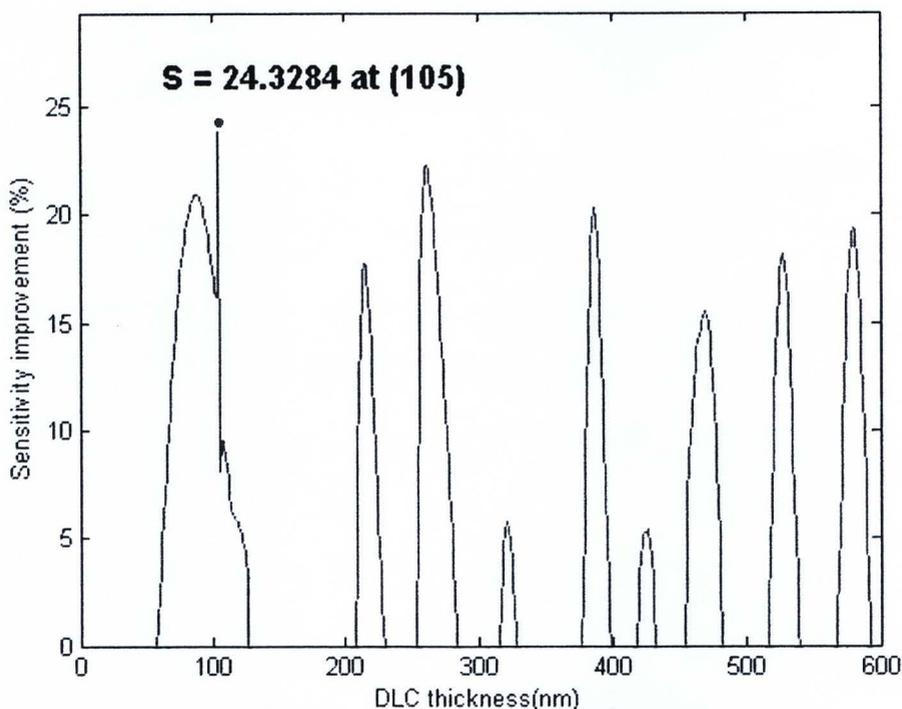
รูปที่ 7.8 Sensitivity ในการวัด Flying height ของดิสก์มี 3 ชั้นโดยการเปลี่ยนแปลงความหนาของซิลิกอนและ DLC ซึ่งแสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากงานแก้ว

ซึ่งจากผลการ Optimize sensitivity ในการวัด Flying height ของดิสก์ที่มี 3 ชั้น โดยการเปลี่ยนแปลงความหนาของซิลิกอนและ DLC ที่แสดงไว้ดังรูปที่ 7.8 พบว่าความหนาของฟิล์ม Si และ DLC ที่ให้ค่า Sensitivity ในการวัด Flying height มากที่สุดคือ 0 และ 105 นาโนเมตร Sensitivity ในการวัด Flying height สามารถเพิ่มขึ้นจากงานแก้วถึง 24.32 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าการเพิ่มความหนาของซิลิกอนจะส่งผลให้ Sensitivity ในการวัด Flying height นั้นลดลง และผลการ Optimize sensitivity ที่แสดงไว้ดังรูปที่ 7.8 ยังแสดงให้เห็นว่า ดิสก์ที่มีชั้นของ DLC เพียงอย่างเดียวดังรูปที่ 7.9 ก็สามารถเพิ่ม Sensitivity ในการวัด Flying height ได้อีกด้วย จึงทำการ Optimize เพิ่มเติมในส่วนของดิสก์ที่มีเฉพาะชั้นของ DLC โดยใช้วิธีการคำนวณตามที่ได้อธิบายไปแล้วส่วนค่าตรรกษนี้หักเหแสดงไว้ในตารางที่ 7.1 โดยจะทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของ DLC จาก 0 ถึง 600 นาโนเมตรซึ่งผลของการคำนวณที่เทียบเป็น

เปอร์เซ็นต์จากงานแก้วแสดงไว้ดังรูปที่ 7.10 โดยแสดงผลเฉพาะค่า Sensitivity ที่เพิ่มขึ้นเท่านั้น



รูปที่ 7.9 ลักษณะของดิสก์ที่จะใช้ในการปรับปรุง Sensitivity ในการวัด Flying height ที่ประกอบด้วยฟิล์ม DLC เพียงอย่างเดียว



รูปที่ 7.10 Sensitivity ในการวัด Flying height ของดิสก์ที่มีชั้นของ DLC เพียงอย่างเดียว โดยที่ค่า Sensitivity ที่มากที่สุดคือ 24.32% ที่ความหนา DLC 105 นาโนเมตร

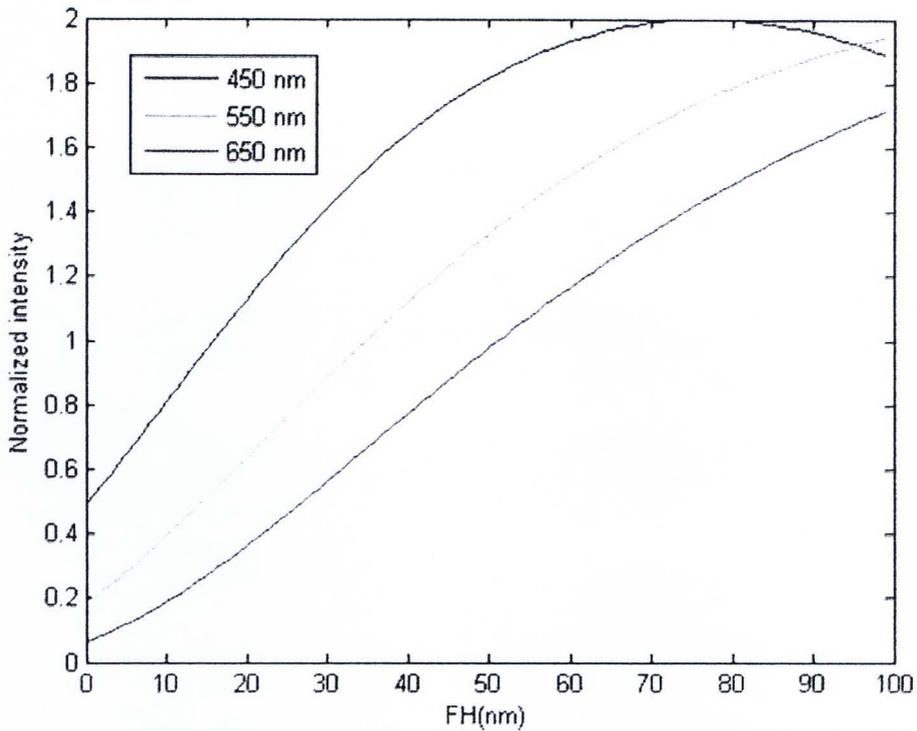
จากผลการ Optimize sensitivity ในการวัด Flying height ของดิสก์ที่มี 3 ชั้นดังที่แสดงไว้ดังรูปที่ 7.8 และผลการ Optimize sensitivity ในการวัด Flying height ของดิสก์ที่มี DLC เพียงอย่างเดียวดังที่แสดงไว้ดังรูปที่ 7.10 จะถูกนำมาพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการจะสามารถสร้างดิสก์ที่มีความหนาของฟิล์มตามที่ต้องการซึ่งจะอธิบายไว้ในหัวข้อต่อไป

### 7.2.3 การพิจารณาความหนาของฟิล์มที่จะทำการสร้างของดิสก์ที่มี DLC เพียงอย่างเดียวและดิสก์ที่มี 3 ชั้น

ในการพิจารณาความหนาที่จะใช้ในการสร้างดิสก์นั้นจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ 1.ดิสก์ที่มีเฉพาะชั้นของ DLC และ 2.ดิสก์ที่มี 3 ชั้นที่มีลักษณะของฟิล์มซิลิกอนและ DLC ดังรูปที่ 7.4 โดยอ้างอิงความหนาจากผลการ Optimize ในหัวข้อที่ 7.2.2 ในการสร้างดิสก์นั้นอาจไม่สามารถใช้ช่วงความหนาของฟิล์มที่ให้ค่า Sensitivity ที่ดีที่สุดเพราะต้องพิจารณาความเป็นไปได้ในกระบวนการสร้างด้วยเนื่องจากการควบคุมความหนาของชั้นฟิล์มให้ได้พอดีกับความหนาที่ต้องการนั้นควบคุมได้ยาก ดังนั้นในการเลือกความหนาที่จะทำการสร้างจากผลการ Optimize นั้นจะเลือกในช่วงที่เมื่อเกิดความคลาดเคลื่อนของความหนาในการปลูกฟิล์มจากที่กำหนดไว้แล้วจะไม่ทำให้ Sensitivity ในการวัด Flying height นั้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

#### การพิจารณาความหนาของฟิล์มที่เหมาะสมของดิสก์ที่มีเฉพาะชั้น DLC

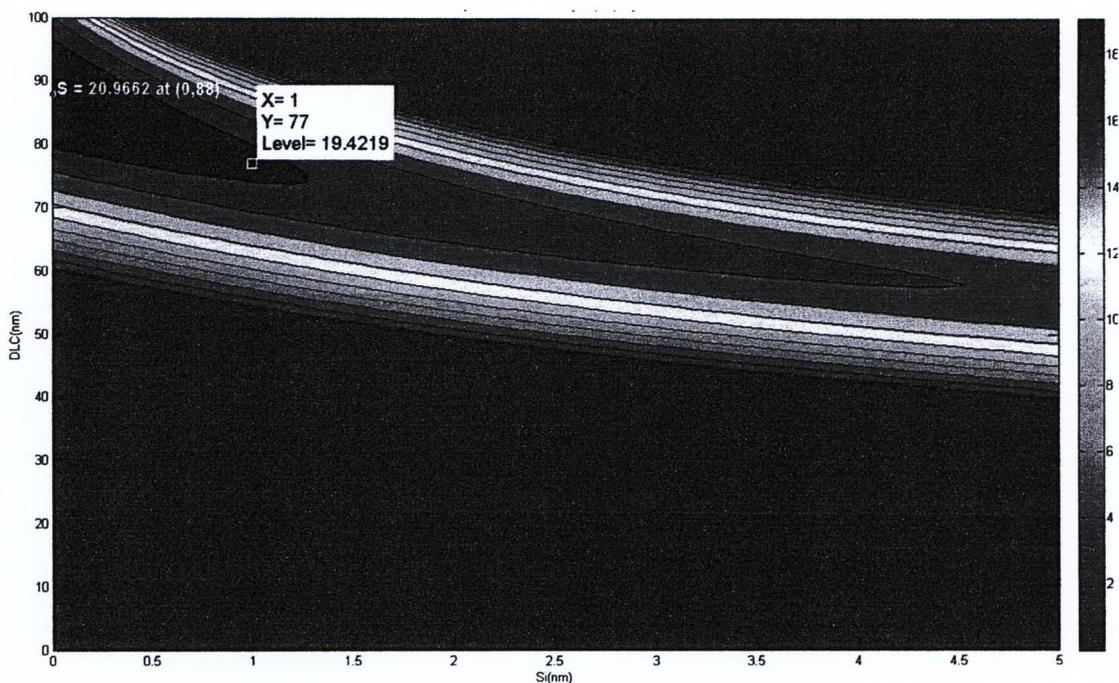
ในการสร้างดิสก์ที่มีเฉพาะ DLC นั้นจะใช้เครื่องมือ, กระบวนการและพารามิเตอร์ต่างๆ ในการสร้างดิสก์ตามหัวข้อที่ 3.1 (แต่ไม่มีการปลูกฟิล์มซิลิกอน) ส่วนความหนาของ DLC นั้นจะพิจารณาจากผลของการ Optimize ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 7.10 ซึ่งจากรูปจะเห็นว่าความหนาของ DLC ที่ให้ Sensitivity ที่มากที่สุดคือ 105 นาโนเมตรโดยที่ Sensitivity เพิ่มขึ้นจากงานแก้ว 24.32% แต่เนื่องจากในกระบวนการสร้างนั้นต้องเข้าไปใช้เครื่องมือของทางบริษัทเวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) ซึ่งมีข้อจำกัดในการสร้างคือไม่สามารถที่จะปลูกฟิล์มให้หนาเกิน 100 นาโนเมตรได้เพราะจะทำให้เครื่องมือนั้นเกิด Contamination ขึ้นและจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตของทางบริษัท ดังนั้นในการสร้างดิสก์ที่มีเฉพาะ DLC จึงถูกจำกัดความหนาให้ไม่เกิน 100 นาโนเมตร จากรูปที่ 7.10 เมื่อพิจารณา Sensitivity ในช่วงความหนา DLC ไม่เกิน 100 นาโนเมตรจะพบว่าช่วงความหนา DLC 70 ถึง 100 นาโนเมตรสามารถเพิ่ม Sensitivity ได้ตั้งแต่ 15 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จึงเลือกที่จะสร้างดิสก์ที่มี DLC หนา 88 นาโนเมตรเพราะเป็นจุดยอดของกราฟซึ่งสามารถเพิ่ม Sensitivity ได้ 20.97% ซึ่งจะมีลักษณะเส้นโค้งความเข้มแสงที่เป็นฟังก์ชันของ Flying height โดยเลือกแสดงผลในช่วง Flying height 0 ถึง 100 นาโนเมตรดังรูปที่ 7.11 จากรูปจะเห็นได้ว่าไม่มีจุดเปลี่ยนโค้งในช่วง Flying height ที่สนใจซึ่งจะทำให้ดิสก์นี้สามารถวัด Flying height ได้อย่างเหมาะสม



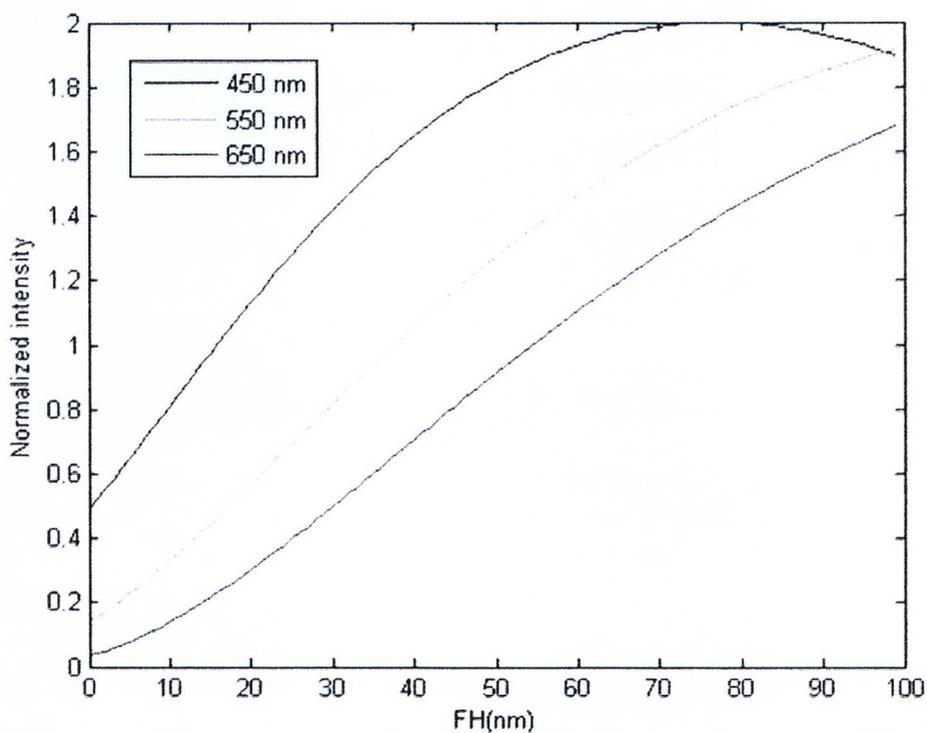
รูปที่ 7.11 ลักษณะเส้นโค้งความเข้มแสงที่เป็นฟังก์ชันของ Flying height ของดิสก์ที่มี DLC 88 นาโนเมตร

#### การพิจารณาความหนาของฟิล์มที่เหมาะสมของดิสก์ที่มี 3 ชั้น

จากข้อจำกัดในการสร้างดิสก์ที่ไม่สามารถปลูกฟิล์มที่มีความหนาเกิน 100 นาโนเมตร ได้จึงทำการ Optimize sensitivity ของดิสก์ที่มี 3 ชั้นอีกครั้ง โดยกำหนดขอบเขตความหนาของ DLC ที่ 100 นาโนเมตรซึ่งผลการ Optimize sensitivity ในการวัด Flying height ที่แสดงไว้ดังรูปที่ 7.12 จะเห็นได้ว่าการเพิ่มชั้นความหนาของฟิล์มซิลิกอนจะทำให้ Sensitivity ในการวัด Flying height นั้นลดลงดังนั้นจึงเลือกสร้างดิสก์ที่มีชั้นความหนาของซิลิกอนน้อยๆนั่นคือเลือกที่ความหนาของซิลิกอน 1 นาโนเมตรซึ่งยังเป็นการเพิ่มการยึดติดกัน (Adhesion) ระหว่างฟิล์ม DLC และจานแก้ว ส่วนความหนา DLC เลือกใช้ที่ DLC 77 นาโนเมตรซึ่งเป็นความหนาของ DLC ที่ให้ค่า Sensitivity ในการวัดดีที่สุดในการณที่มีซิลิกอน 1 นาโนเมตรโดยที่ Sensitivity ในการวัด Flying height สามารถเพิ่มขึ้นได้ 19.42 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับจานแก้ว ซึ่งจากผลการ Optimize sensitivity ดังที่แสดงไว้ดังรูปที่ 7.12 จะเห็นว่าทางเลือกสร้างดิสก์ที่ตำแหน่งซิลิกอน 1 นาโนเมตรและ DLC 77 นาโนเมตรนั้นมีช่วงความหนายอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนอยู่พอสมควร กล่าวคือ Sensitivity ในการวัด Flying height นั้นจะไม่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญกรณีที่เกิดความคลาดเคลื่อนของความหนาในการสร้างดิสก์ โดยที่ลักษณะเส้นโค้งของความเข้มแสงของดิสก์นี้แสดงไว้ดังรูปที่ 7.13



รูปที่ 7.12 Sensitivity ในการวัด Flying height ของดิสก์มี 3 ชั้นโดยการเปลี่ยนแปลงความหนาของซิลิกอนและ DLC ซึ่งแสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากงานแก้ว โดยกำหนดขอบเขตของ DLC ที่ 100 นาโนเมตร



รูปที่ 7.13 ลักษณะเส้นโค้งความเข้มแสงที่เป็นฟังก์ชันของ Flying height ของดิสก์ที่มีซิลิกอน 1 นาโนเมตรและ DLC 77 นาโนเมตร

### สรุปผลการพิจารณาความหนา

จากการพิจารณาความหนาของฟิล์มที่จะทำการสร้างของทั้ง 2 ดิสก์สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ไม่สามารถสร้างฟิล์มที่มีความหนาเกิน 100 นาโนเมตรได้ เนื่องจากข้อจำกัดของทางบริษัทเวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย)
2. สำหรับดิสก์ที่มี DLC เพียงอย่างเดียว เลือกสร้างดิสก์ที่มีความหนา DLC 88 นาโนเมตร โดยที่ Sensitivity ในการวัด Flying height สามารถเพิ่มขึ้นได้ 20.97 เปอร์เซ็นต์
3. สำหรับดิสก์ที่มี 3 ชั้น เลือกสร้างดิสก์ที่มีความหนาซิลิกอน 1 นาโนเมตรและ DLC 77 นาโนเมตร โดยที่ Sensitivity ในการวัด Flying height สามารถเพิ่มขึ้นได้ 19.42 เปอร์เซ็นต์

#### **7.2.4 การสร้างดิสก์ที่มี DLC 88 นาโนเมตร**

##### ขั้นตอนในการสร้าง

ใช้กระบวนการสร้างดิสก์ตามหัวข้อที่ 3.1 และพารามิเตอร์ต่างๆตามตารางที่ 3.1 แต่ไม่มีการปลูกฟิล์มซิลิกอน

##### ปัญหาที่เกิดขึ้น

เมื่อทำการสร้างดิสก์ที่มีความหนา DLC 88 นาโนเมตรเสร็จแล้วพบว่าชั้นฟิล์มของ DLC ค่อยๆหลุดลอกออกจากผิวของจานแก้วดังรูปที่ 7.14 ซึ่งทำการเช็คบริเวณ DLC ที่ลอกออกไปแล้ว ส่วนที่มีฟิล์ม DLC ติดอยู่จะมีสีเข้มกว่าส่วนบริเวณที่เกิดการลอกของฟิล์มนั้นเมื่อทำการทำเช็ค DLC ที่ลอกออกจะมีความใสเหมือนจานแก้วปกติ โดยที่เมื่อทิ้งไว้เป็นระยะเวลาหนึ่งฟิล์ม DLC ทั้งหมดจะหลุดลอกออกจากจานแก้ว ทำให้ไม่สามารถนำดิสก์นี้ไปทดสอบวัด Sensitivity โดยใช้เครื่องวัด Flying height ได้ ซึ่งคาดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นน่าจะเกิดจากการยึดเกาะกันระหว่างชั้นฟิล์มของ DLC และผิวของจานแก้วนั้นไม่ดีนักและเนื่องจากความหนาของ DLC ที่ใช้นั้นค่อนข้างหนาทำให้ผลของ Stress ที่เหลืออยู่หลังจากการปลูกฟิล์มนั้นมีมากทำให้ฟิล์ม DLC นั้นหลุดลอกออกจากผิวของจานแก้ว



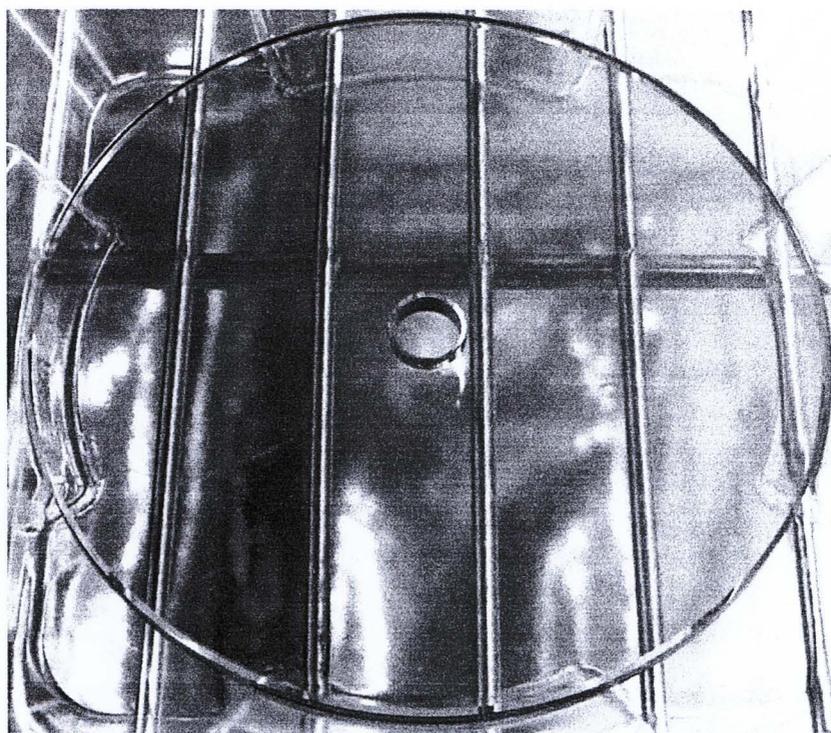
รูปที่ 7.14 ดิสก์ที่มีความหนา DLC 88 นาโนเมตรซึ่งเกิดการหลุดลอกของฟิล์ม DLC ซึ่งบริเวณที่เกิดการหลุดลอกของ DLC เมื่อเซ็ดฟิล์ม DLC ออกจะลักษณะใสเหมือนจานแก้ว

### สรุปผลจากการสร้างดิสก์

ไม่สามารถสร้างดิสก์ที่มี DLC เพียงอย่างเดียวที่มีความหนา 88 นาโนเมตรได้ เนื่องจากเกิดปัญหาด้านการยึดติดกันระหว่างฟิล์ม DLC และจานแก้วทำให้ฟิล์ม DLC หลุดลอกออกจากจานแก้วและไม่สามารถนำไปทดสอบวัด Sensitivity โดยใช้เครื่องวัด Flying height ได้ ดังนั้นในการสร้างดิสก์นั้นจำเป็นต้องมีชั้นของซิลิกอนเป็นตัวช่วยในการยึดติดกัน (Adhesion layer) ระหว่างฟิล์ม DLC และจานแก้ว

### **7.2.5 การสร้างดิสก์ที่มี 3 ชั้นโดยมีความหนาของซิลิกอน 1 นาโนเมตรและ DLC 77 นาโนเมตร**

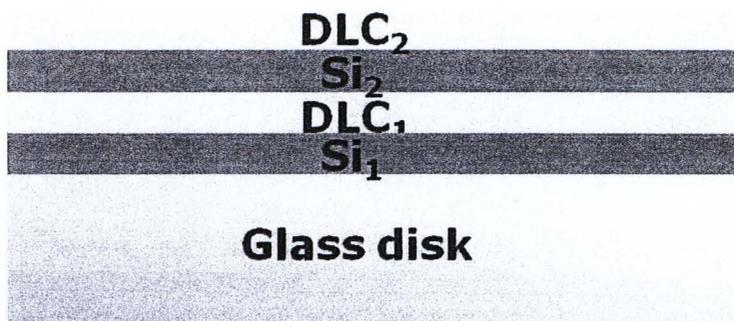
ใช้กระบวนการสร้างดิสก์ตามหัวข้อที่ 3.1 และพารามิเตอร์ต่างๆตามตารางที่ 3.1 ดิสก์ที่สร้างเสร็จแล้วมีลักษณะดังรูปที่ 7.15 ซึ่งมี 3 ชั้นซึ่งประกอบด้วยชั้นของจานแก้ว, ซิลิกอนหนา 1 นาโนเมตรและ DLC หนา 77 นาโนเมตร โดยที่สีของดิสก์จะเข้มกว่าจานแก้วเล็กน้อยและไม่พบการหลุดลอกของฟิล์ม DLC จากนั้นจะนำดิสก์นี้ไปทดสอบวัด Sensitivity ในการวัด Flying height โดยใช้เครื่อง Flying height tester ซึ่งจะอธิบายไว้ในหัวข้อที่ 7.4



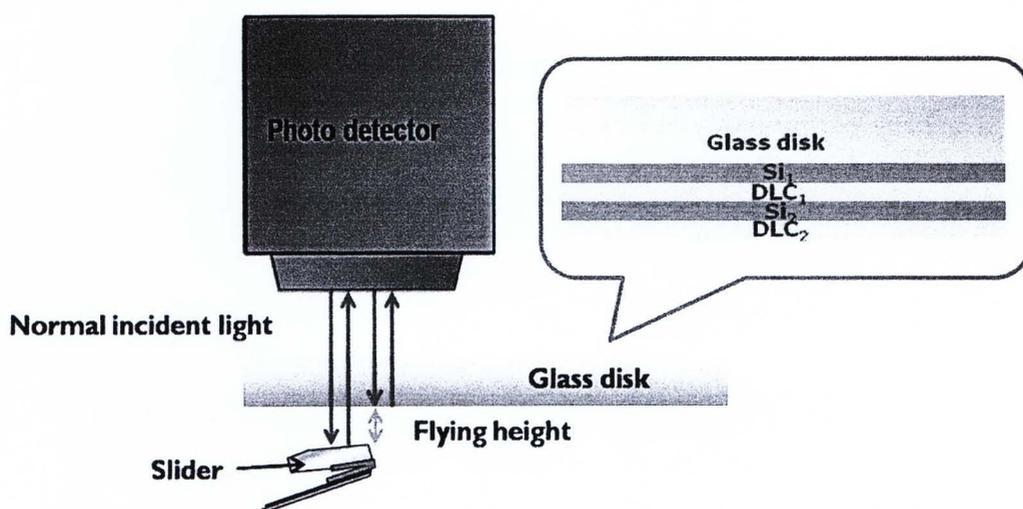
รูปที่ 7.15 ดิสก์ที่เคลือบด้วยซิลิกอนหนา 1 นาโนเมตรและ DLC 77 นาโนเมตร

### 7.3 การปรับปรุงความไวในการวัด Flying height โดยใช้ดิสก์ที่มี 5 ชั้น

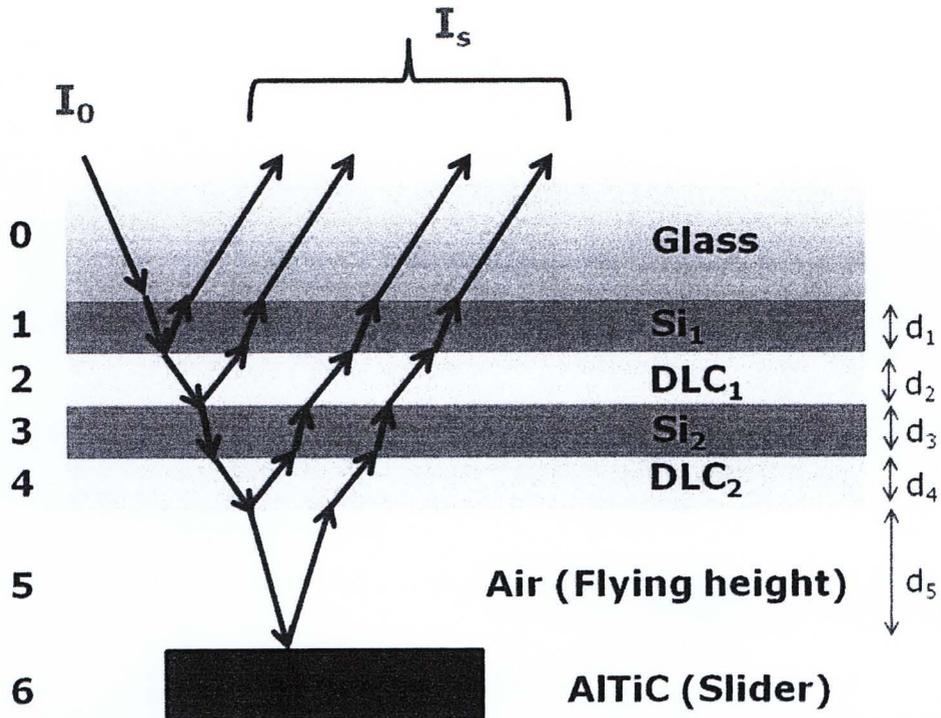
ลักษณะของดิสก์ที่จะนำมา Optimize sensitivity แสดงไว้ดังรูปที่ 7.16 ดิสก์จะมี 5 ชั้น ซึ่งประกอบด้วยชั้นของจานแก้ว, ซิลิกอนชั้นแรก ( $Si_1$ ), DLC ชั้นแรก ( $DLC_1$ ), ซิลิกอนและ DLC ชั้นที่สอง ( $Si_2$  และ  $DLC_2$ ) ซึ่งดิสก์ที่มีลักษณะนี้จะทำให้โอกาสในการเพิ่ม Sensitivity ในการวัด Flying height โดยการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้นฟิล์มซิลิกอนและ DLC นั้นสูงขึ้นกว่าดิสก์ที่มี 3 ชั้น ไดอะแกรมการนำดิสก์ที่มี 5 ชั้นไปใช้งานในเครื่องวัด Flying height แสดงไว้ดังรูปที่ 7.17 โดยที่แสงจากแหล่งกำเนิดจะสะท้อนจากด้านล่างของจานแก้วและผิวหน้าของหัวอ่าน/เขียน (Slider) กลับไปที่ Detector แต่ในกรณีที่ใช้ดิสก์ที่มี 5 ชั้น การสะท้อนของแสงจะซับซ้อนกว่ามาก โดยที่สามารถเขียนแบบจำลองการวัด Flying height ที่ใช้ดิสก์ที่เคลือบด้วยซิลิกอนและ DLC เพื่อใช้ในการคำนวณความเข้มแสงเพื่อ Optimize sensitivity ในการวัด Flying height ได้ดังรูปที่ 7.18



รูปที่ 7.16 ลักษณะของดิสก์ที่มี 5 ชั้นที่จะใช้ในการ Optimize sensitivity ในการวัด Flying height โดยการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้นฟิล์ม  $Si_1$ ,  $DLC_1$ ,  $Si_2$  และ  $DLC_2$



รูปที่ 7.17 ไดอะแกรมการวัด Flying height ของเครื่อง flying height tester โดยใช้จานแก้วแบบปกติซึ่งในการคำนวณจะใช้ดิสก์ที่มี 5 ชั้นแทนจานแก้วซึ่งการสะท้อนของแสงจะซับซ้อนกว่ามาก



รูปที่ 7.18 แบบจำลองของดิสก์ที่มี 5 ชั้นที่ใช้ในการคำนวณเพื่อปรับปรุง Sensitivity ในการวัด Flying height โดยที่  $d_1, d_2, d_3, d_4$  และ  $d_5$  คือความหนาของ  $Si_1, DLC_1, Si_2, DLC_2$  และ Flying height ตามลำดับโดยวัสดุที่ใช้ทำ Slider คือ AITiC

**7.3.1 การคำนวณทางทฤษฎีของความเข้มแสงของแสงที่สะท้อนในการวัด Flying height ในกรณีใช้ดิสก์ที่มี 5 ชั้น**

จากรูปที่ 7.17 แสงที่มาจากแหล่งกำเนิดจะตกกระทบบดิสก์เป็นลักษณะ Normal incident และเดินทางผ่านและสะท้อนจากชั้นตัวกลางต่างๆตามแบบจำลองในรูปที่ 7.18 ซึ่งสามารถใช้ Thin film theory [6] คำนวณความเข้มแสงทั้งหมดที่สะท้อนออกมาจากชั้นต่างๆของแบบจำลองในรูปที่ 7.18 ได้จากสมการที่ (7.1) โดยสามารถดูการพิสูจน์เพิ่มเติมได้ที่ภาคผนวก ก.

$$I_s = I_0 \left[ \frac{r_{01} + r_{12345} e^{2i\beta_1}}{1 + r_{01} r_{12345} e^{2i\beta_1}} \right]^2 \quad \text{--- (7.1)}$$

ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในลักษณะ

$$I_s = I_0 |R|^2 e^{i\varphi} = I_0 R^2 \quad \text{--- (7.2)}$$

โดยที่ตัวแปรต่างๆสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$r_{123456} = \left[ \frac{r_{12} + r_{23456} e^{2i\beta_2}}{1 + r_{12} r_{23456} e^{2i\beta_2}} \right] \quad \text{--- (7.3)}$$

$$r_{23456} = \left[ \frac{r_{23} + r_{3456} e^{2i\beta_3}}{1 + r_{23} r_{3456} e^{2i\beta_3}} \right] \quad \text{--- (7.4)}$$

$$r_{3456} = \left[ \frac{r_{34} + r_{345} e^{2i\beta_4}}{1 + r_{34} r_{345} e^{2i\beta_4}} \right] \quad \text{--- (7.5)}$$

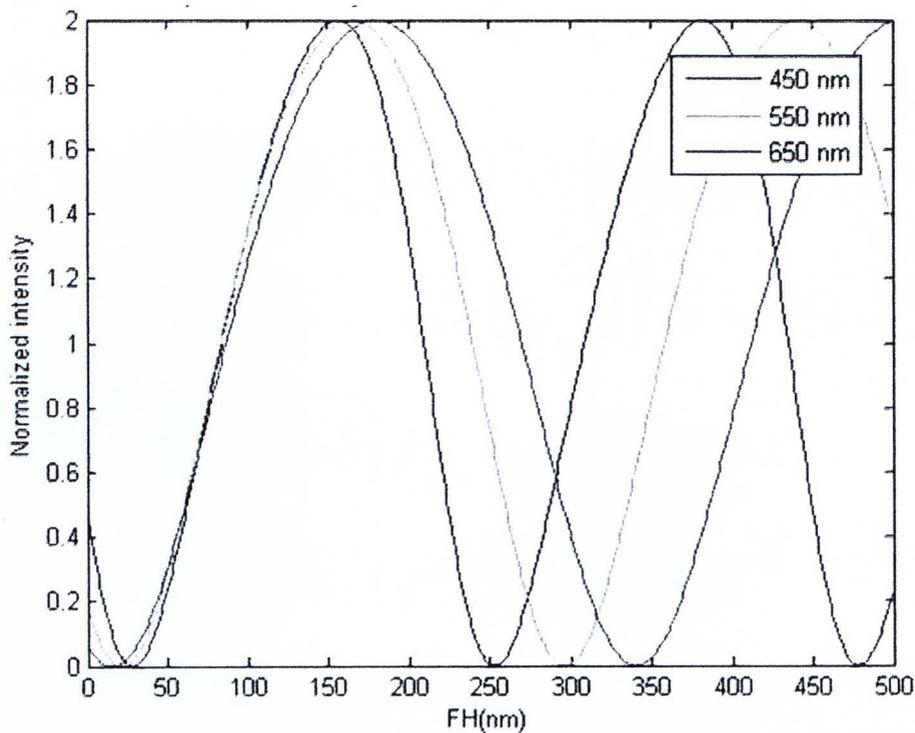
$$r_{456} = \left[ \frac{r_{45} + r_{56} e^{2i\beta_5}}{1 + r_{45} r_{56} e^{2i\beta_5}} \right] \quad \text{--- (7.6)}$$

$$\beta_i = 2\pi \left( \frac{d_i}{\lambda} \right) n_i \quad \text{--- (7.7)}$$

$$r_{ij} = \frac{(n_i + ik_i) - (n_j + ik_j)}{(n_i + ik_i) + (n_j + ik_j)} \quad \text{--- (7.8)}$$

$$\frac{I_s}{I_0} = |R^2| \quad \text{--- (7.9)}$$

ซึ่งความหมายของตัวแปรต่างๆได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 6.1.2 แล้ว จากนั้นทำการ Normalize สมการที่ (7.9) ให้ความเข้มแสงอยู่ในช่วง 0 ถึง 2 ก็จะสามารถสร้างเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับ Flying height ของแต่ละความหนาของชั้นฟิล์มได้ โดยใช้ตรรกะนี้หาค่าและพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการคำนวณแสดงไว้ดังตารางที่ 7.1 และตารางที่ 7.3 ตัวอย่างของผลการคำนวณของดิสก์ที่มีความหนาของชั้นฟิล์ม Si<sub>1</sub>, DLC<sub>1</sub>, Si<sub>2</sub> และ DLC<sub>2</sub> 1 นาโนเมตรแสดงไว้ดังรูปที่ 7.19



รูปที่ 7.19 ตัวอย่างของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและ Flying height ของดิสก์ที่มี 5 ชั้นที่มีความหนาของ  $Si_1$ ,  $DLC_1$ ,  $Si_2$  และ  $DLC_2$  1 นาโนเมตร

ตารางที่ 7.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการ Optimize sensitivity ของดิสก์ที่มี 5 ชั้น

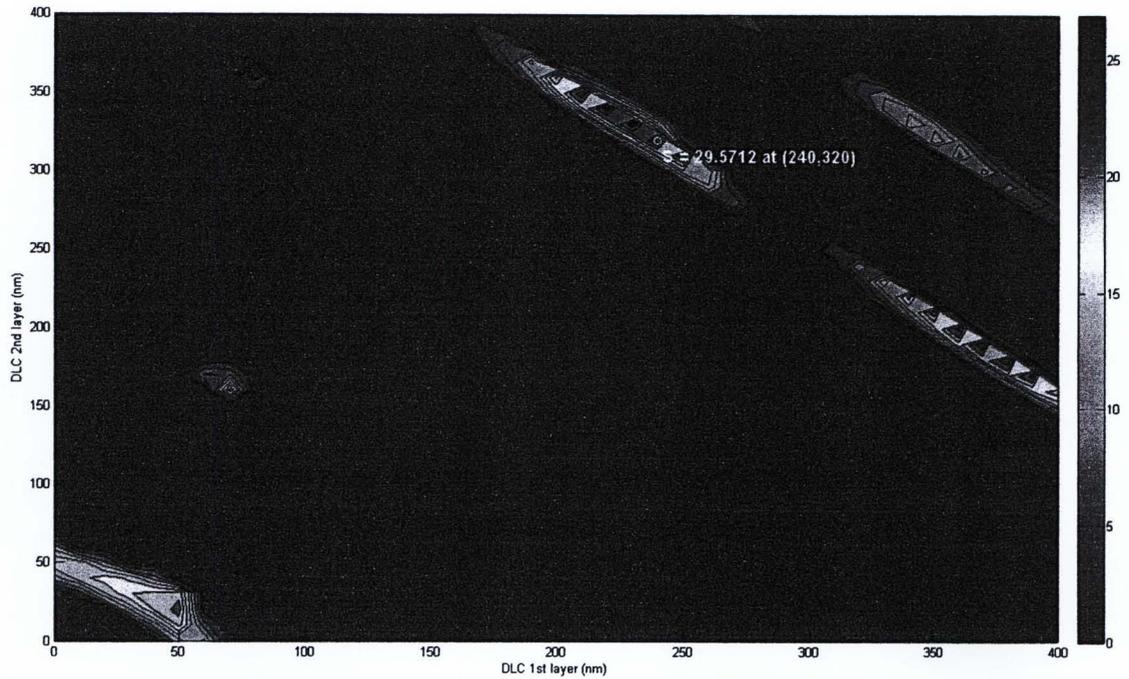
Parameters	Boundary	Interval
ความหนา $Si_1$ ( $d_1$ )	0 ถึง 5 นาโนเมตร	1 นาโนเมตร
ความหนา $DLC_1$ ( $d_2$ )	0 ถึง 400 นาโนเมตร	10 นาโนเมตร
ความหนา $Si_2$ ( $d_3$ )	0 ถึง 5 นาโนเมตร	1 นาโนเมตร
ความหนา $DLC_2$ ( $d_4$ )	0 ถึง 400 นาโนเมตร	10 นาโนเมตร
Flying height ( $d_5$ )	0 ถึง 500 นาโนเมตร	1 นาโนเมตร
Wavelength (Blue, Green, Red)	450, 550 และ 650 นาโนเมตร	1 นาโนเมตร

### 7.3.2 การ Optimize sensitivity จากการคำนวณทางทฤษฎีของดิสก์ที่มี 5 ชั้นโดยการเปลี่ยนแปลงความหนาของฟิล์ม $Si_1$ , $DLC_1$ , $Si_2$ และ $DLC_2$

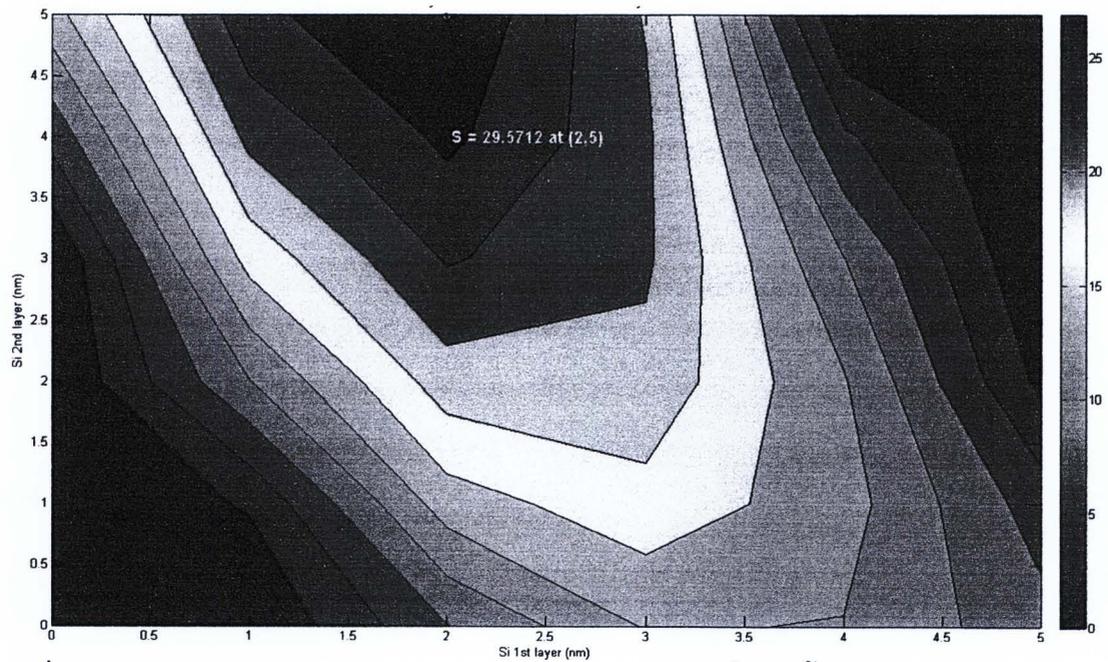
จากแบบจำลองที่แสดงไว้ดังรูปที่ 7.18 และวิธีการคำนวณที่กล่าวในหัวข้อที่ 7.3.1 มาประยุกต์ใช้ในการเขียนโปรแกรมโดยใช้ Matlab เพื่อ Optimize sensitivity โดยการเปลี่ยนแปลงความหนาของฟิล์ม  $Si_1$ ,  $DLC_1$ ,  $Si_2$  และ  $DLC_2$  โดยใช้ตรรกะนี้หักเหตามตารางที่ 7.1 และพารามิเตอร์ที่จะใช้การคำนวณดังตารางที่ 7.3 (ถึงแม้ว่าจะมีข้อจำกัดในการใช้ความหนาของฟิล์มที่ 100 นาโนเมตรแต่ในส่วนของการคำนวณ Sensitivity นั้นจะแสดงถึงความเป็นไปได้ในการเพิ่ม Sensitivity ในการวัด Flying height โดยการใช้ดิสก์ที่มี 5 ชั้นที่มีพารามิเตอร์ในการคำนวณดังตารางที่ 7.3) โดยที่รายละเอียดต่างๆ เช่น นิยามของ Sensitivity ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 7.2.2 แล้ว

เนื่องจากในการคำนวณของดิสก์ที่มี 5 ชั้นจะมีข้อจำกัดด้านหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ดังนั้นในการคำนวณด้วยโปรแกรมนั้นจะคำนวณโดยใช้ Interval ที่หยาบก่อน (ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 7.3) จากนั้นจึงจะมาทำการคำนวณโดยใช้ interval ที่ละเอียดขึ้นในช่วงความหนาฟิล์มที่สนใจและเนื่องจากผลการคำนวณค่า Sensitivity จะเปลี่ยนแปลงตามความหนาของฟิล์มทั้ง 4 ชั้น ( $Si_1$ ,  $DLC_1$ ,  $Si_2$  และ  $DLC_2$ ) ดังนั้นในการแสดงผลจะกำหนดให้ความหนาของชั้นฟิล์ม 2 ชั้นคงที่และจะแสดงค่า Sensitivity ที่เปลี่ยนแปลงตามความหนาของ 2 ชั้นฟิล์มที่เหลือ เช่นการแสดงผลของ Sensitivity ในการวัด Flying height โดยกำหนดของความหนาของ  $Si_1$  และ  $Si_2$  คงที่ที่ความหนาหนึ่งแล้วแสดง Sensitivity ที่เปลี่ยนแปลงตามความหนาของ  $DLC_1$  และ  $DLC_2$

โดยที่ผลของการคำนวณที่ให้ Sensitivity ในการวัด Flying height มากที่สุดแสดงไว้ดังรูปที่ 7.20 และรูปที่ 7.21 ซึ่งจะแสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ Sensitivity ในการวัด Flying height เฉพาะที่เพิ่มขึ้นจากงานแก้วโดยรูปที่ 7.20 แสดงผลโดยการกำหนดให้ความหนาของ  $Si_1$  และ  $Si_2$  คงที่ที่ 2 นาโนเมตรและ 5 นาโนเมตรส่วนรูปที่ 7.21 แสดงผลโดยการกำหนดให้ความหนาของ  $DLC_1$  และ  $DLC_2$  คงที่ที่ 240 นาโนเมตรและ 320นาโนเมตร โดยที่ Sensitivity ในการวัด Flying height สามารถเพิ่มขึ้นได้ 29.57 เปอร์เซ็นต์ โดยที่สามารถดูรายละเอียดของโปรแกรมได้ที่ภาคผนวก ข.2 และ ข.3

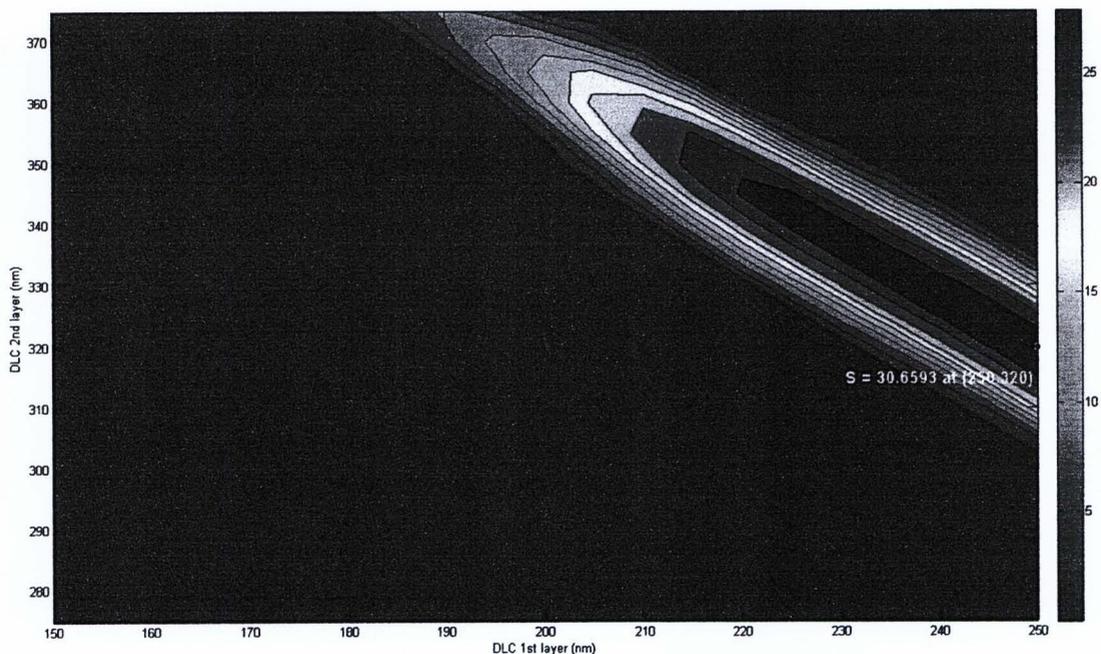


รูปที่ 7.20 Sensitivity ในการวัด Flying height ของดิสก์ที่มี 5 ชั้นโดยใช้ Interval หยาบ แสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากงานแก้วโดยกำหนดความหนาของ  $Si_1$  และ  $Si_2$  เท่ากับ 2 และ 5 นาโนเมตร

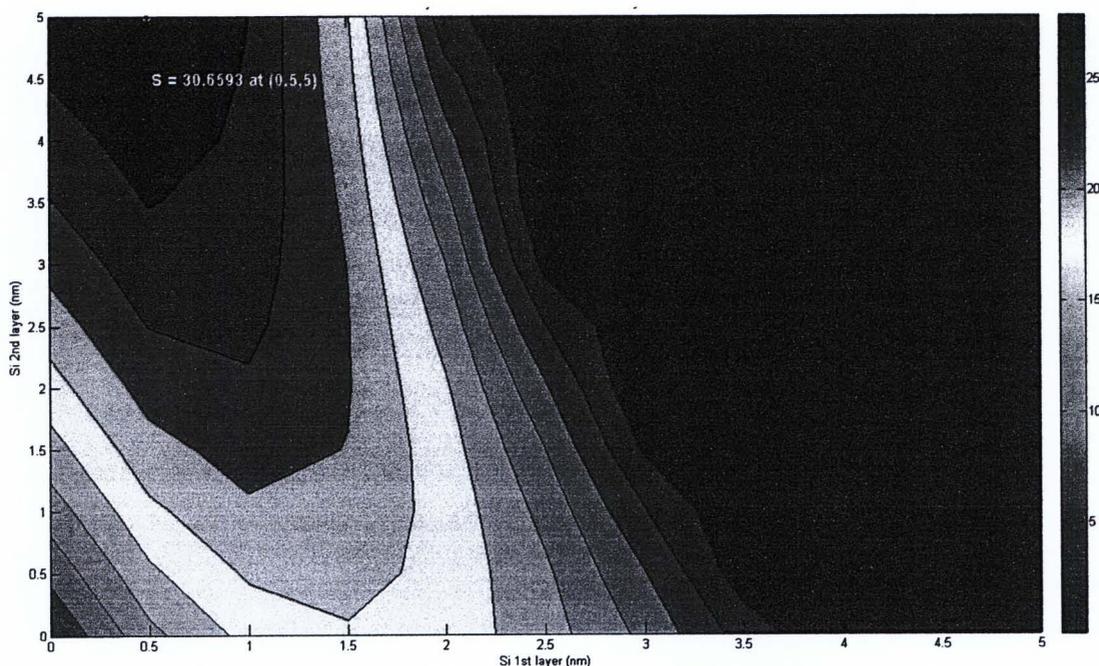


รูปที่ 7.21 Sensitivity ในการวัด Flying height ของดิสก์ที่มี 5 ชั้นโดยใช้ Interval หยาบ แสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากงานแก้วโดยกำหนดความหนาของ  $DLC_1$  และ  $DLC_2$  เท่ากับ 240 และ 320 นาโนเมตร

ซึ่งจากผลการ Optimize โดยการใช Interval ที่หยาบที่แสดงไว้ดังรูปที่ 7.20 พบว่าความหนาของฟิล์ม  $DLC_1$  และ  $DLC_2$  ที่ให้ค่า Sensitivity ในการวัด Flying height มากที่สุดคือ 240 และ 320 นาโนเมตร ดังนั้นจึงคำนวณเพิ่มเติมในช่วงความหนาของ  $DLC_1$  ตั้งแต่ 150 ถึง 250 นาโนเมตรและ  $DLC_2$  ตั้งแต่ 280 ถึง 380 นาโนเมตรโดยใช้ Interval ที่ละเอียดขึ้น (Interval ของซิลิกอนคือ 0.5 นาโนเมตรและ Interval ของ DLC คือ 5 นาโนเมตร) ซึ่งผลของการคำนวณแสดงไว้ดังรูปที่ 7.22 และรูปที่ 7.23 ซึ่งจากผลการคำนวณที่แสดงไว้ดังรูปที่ 7.22 และรูปที่ 7.23 พบว่าดิสก์ที่เคลือบด้วยฟิล์ม  $Si$  และ DLC ตามลักษณะดังรูปที่ 7.16 สามารถเพิ่ม Sensitivity ในการวัด Flying height ขึ้นได้จากงานแก้วมากถึง 30.69 เปอร์เซ็นต์โดยใช้ชั้นฟิล์ม  $Si_1$  หนา 0.5,  $DLC_1$  หนา 250,  $Si_2$  หนา 5 และ  $DLC_2$  หนา 320 นาโนเมตร



รูปที่ 7.22 Sensitivity ในการวัด Flying height ของดิสก์ที่มี 5 ชั้นในช่วงความหนาที่สนใจคือ  $DLC_1$  275 ถึง 375 และ  $DLC_2$  150 ถึง 250 นาโนเมตรโดยใช้ Interval ละเอียดแสดงผลเป็น เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากงานแก้วโดยกำหนดความหนาของ  $Si_1$  และ  $Si_2$  เท่ากับ 0.5 และ 5 นาโนเมตร

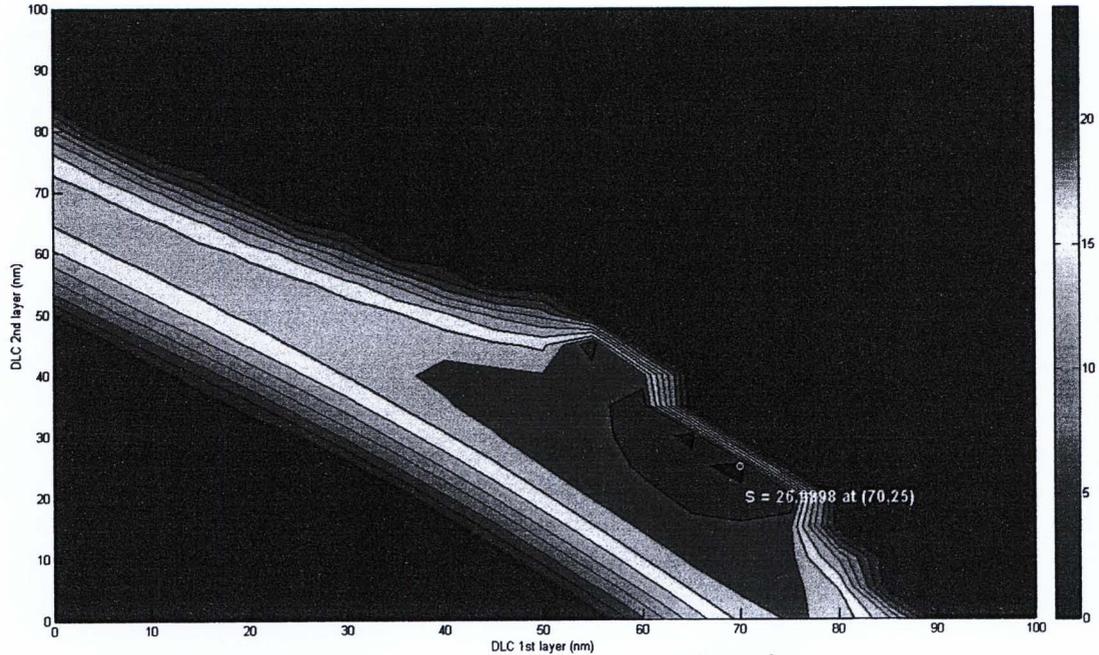


รูปที่ 7.23 Sensitivity ในการวัด Flying height ของดิสก์ที่มี 5 ชั้นในช่วงความหนาที่สนใจคือ  $Si_1$  และ  $Si_2$  0 ถึง 5 นาโนเมตรโดยใช้ Interval ละเอียดแสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากงานแก้วโดยกำหนดความหนาของ  $DLC_1$  และ  $DLC_2$  เท่ากับ 250 และ 320 นาโนเมตร

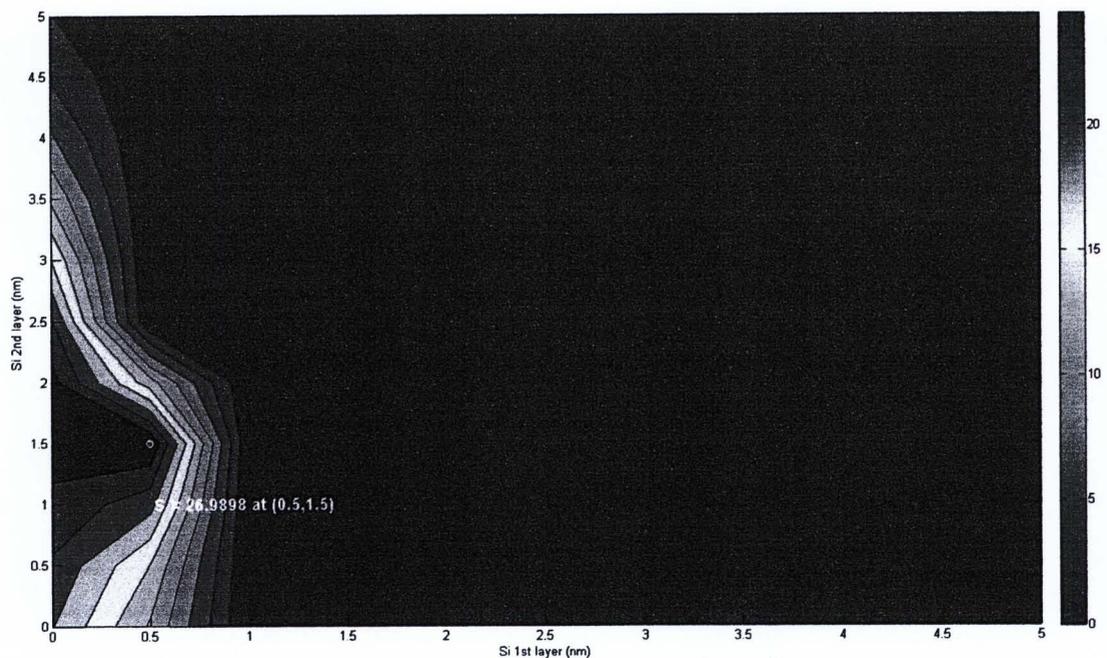
ซึ่งในส่วนนี้ต้องการแสดงให้เห็นว่าในเชิงการคำนวณนั้นดิสก์ที่มี 5 ชั้นโดยใช้พารามิเตอร์ดังตารางที่ 7.3 สามารถเพิ่ม Sensitivity ในการวัด Flying height ได้มากถึง 30.69 เปอร์เซ็นต์ แต่การสร้างดิสก์จริงนั้นไม่สามารถปลูกฟิล์มที่หนาเกิน 100 นาโนเมตรได้ โดยที่ผลจากการ Optimize sensitivity ที่พิจารณาถึงข้อจำกัดในการสร้างจะแสดงไว้ในหัวข้อที่ 7.3.3

### 7.3.3 การพิจารณาความหนาของฟิล์มที่จะทำการสร้างของดิสก์ที่มี 5 ชั้น

จากข้อจำกัดในการสร้างดิสก์ที่พบในหัวข้อที่ 7.2.3 และ 7.2.4 คือไม่สามารถสร้างฟิล์มที่หนาเกิน 100 นาโนเมตรได้ และในการสร้างฟิล์ม DLC จำเป็นต้องมีชั้นของซิลิกอนเพื่อช่วยในการยึดติด ดังนั้นในการเลือกความหนาของชั้นฟิล์มที่จะนำมาสร้างจึงต้องพิจารณาถึงข้อจำกัดนี้ด้วย ซึ่งผลการ Optimize sensitivity ในการวัด Flying height ของดิสก์ที่มี 5 ชั้นโดยกำหนดขอบเขตความหนาของ  $DLC_1$  และ  $DLC_2$  เป็น 100 นาโนเมตรที่ให้ Sensitivity ในการวัด Flying height มากที่สุดโดยการเปลี่ยนแปลงความหนาของ  $Si_1$ ,  $DLC_1$ ,  $Si_2$ ,  $DLC_2$  แสดงไว้ดังรูปที่ 7.24 และรูปที่ 7.25 โดยใช้ความหนาของชั้นฟิล์มต่างๆคือ  $Si_1$  หนา 0.5,  $DLC_1$  หนา 70,  $Si_2$  หนา 1.5 และ  $DLC_2$  หนา 25 นาโนเมตรซึ่ง Sensitivity ในการวัด Flying height เพิ่มขึ้นมากถึง 26.98 เปอร์เซ็นต์

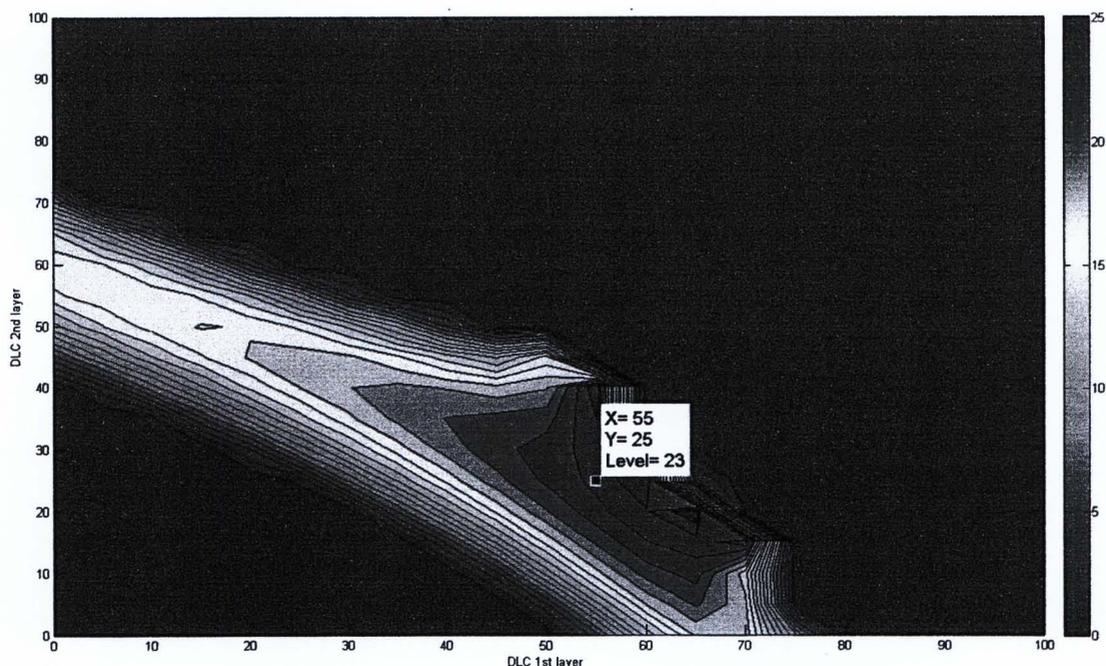


รูปที่ 7.24 Sensitivity ในการวัด Flying height ของดิสก์ที่มี 5 ชั้นโดยกำหนดขอบเขตความหนาของ DLC<sub>1</sub> และ DLC<sub>2</sub> ที่ 100 นาโนเมตร แสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากงานแก้ว โดยกำหนดความหนา Si<sub>1</sub> และ Si<sub>2</sub> เท่ากับ 0.5 และ 1.5 นาโนเมตร



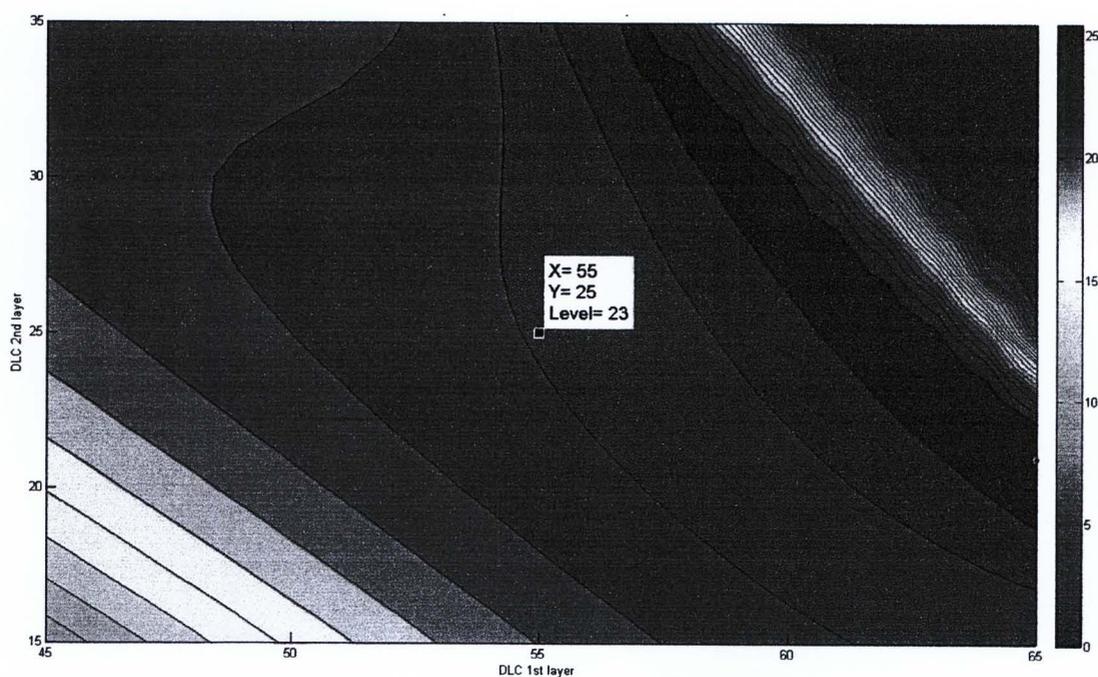
รูปที่ 7.25 Sensitivity ในการวัด Flying height ของดิสก์ที่มี 5 ชั้นโดยกำหนดขอบเขตความหนาของ DLC ที่ 100 นาโนเมตร แสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากงานแก้วโดยกำหนดความหนา DLC<sub>1</sub> และ DLC<sub>2</sub> เท่ากับ 70 และ 25 นาโนเมตร

ซึ่งจากรูปที่ 7.24 และรูปที่ 7.25 จะเห็นว่ากรณีที่สร้างดิสก์ที่มีความหนาของชั้นฟิล์มตามตำแหน่งที่ให้ Sensitivity ในการวัด Flying height มากที่สุดนั้นค่อนข้างยากเนื่องจากมีช่วงความหนาที่ยอมให้ผิดพลาดได้น้อยเช่นจากรูปที่ 7.25 ในกรณีที่ชั้นความหนาของฟิล์ม  $Si_1$  นั้นหากฟิล์มที่ปลูกมีความหนามากกว่า 0.5 นาโนเมตรเพียงเล็กน้อยแล้วจะทำให้ Sensitivity ในการวัด Flying height นั้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญดังนั้นจึงเลือกที่จะสร้างดิสก์ในช่วงความหนาที่สามารถยอมให้มีความคลาดเคลื่อนโดยที่ไม่ทำให้ Sensitivity ในการวัด Flying height นั้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญโดยมี Sensitivity ในการวัด Flying height ของตำแหน่งที่เลือกนั้นไม่แตกต่างจาก Sensitivity ที่มากที่สุดนักและเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเรื่องการหลุดลอกของฟิล์ม DLC ออกจากจานแก้วจึงเลือกตำแหน่งที่มีความหนาของ  $Si_1$  1 นาโนเมตรเป็นต้นไป เมื่อพิจารณาข้อกำหนดดังกล่าวจึงเลือกความหนาของฟิล์มที่จะทำการสร้างดังนี้  $Si_1$  หนา 1,  $DLC_1$  หนา 55,  $Si_2$  หนา 3 และ  $DLC_2$  หนา 25 นาโนเมตร ซึ่ง Sensitivity ในการวัด Flying height บริเวณช่วงความหนาดังกล่าวแสดงไว้ดังรูปที่ 7.26 โดยที่ Sensitivity ในการวัด Flying height นั้นเพิ่มขึ้นจากจานแก้ว 23 เปอร์เซ็นต์

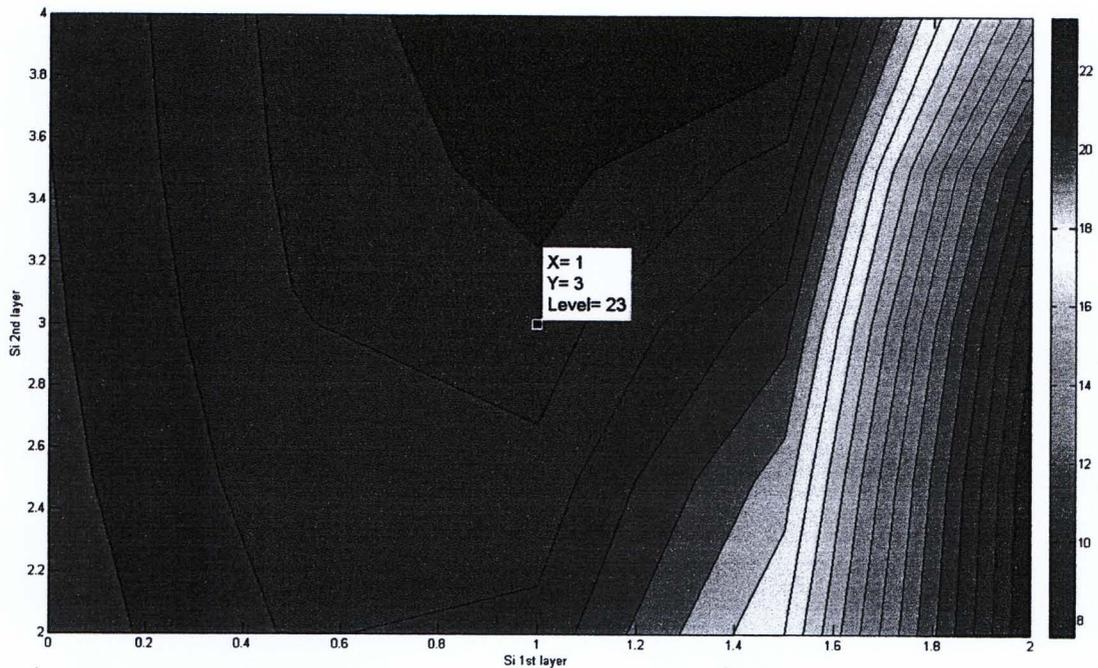


รูปที่ 7.26 Sensitivity ในการวัด Flying height ของดิสก์ที่มี 5 ชั้นที่ตำแหน่งความหนาที่สนใจคือ  $DLC_1$  55 และ  $DLC_2$  25 นาโนเมตรโดยกำหนดขอบเขตความหนาของ DLC ที่ 100 นาโนเมตร แสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากจานแก้วโดยกำหนดให้ความหนา  $Si_1$  และ  $Si_2$  เท่ากับ 1 และ 3 นาโนเมตร

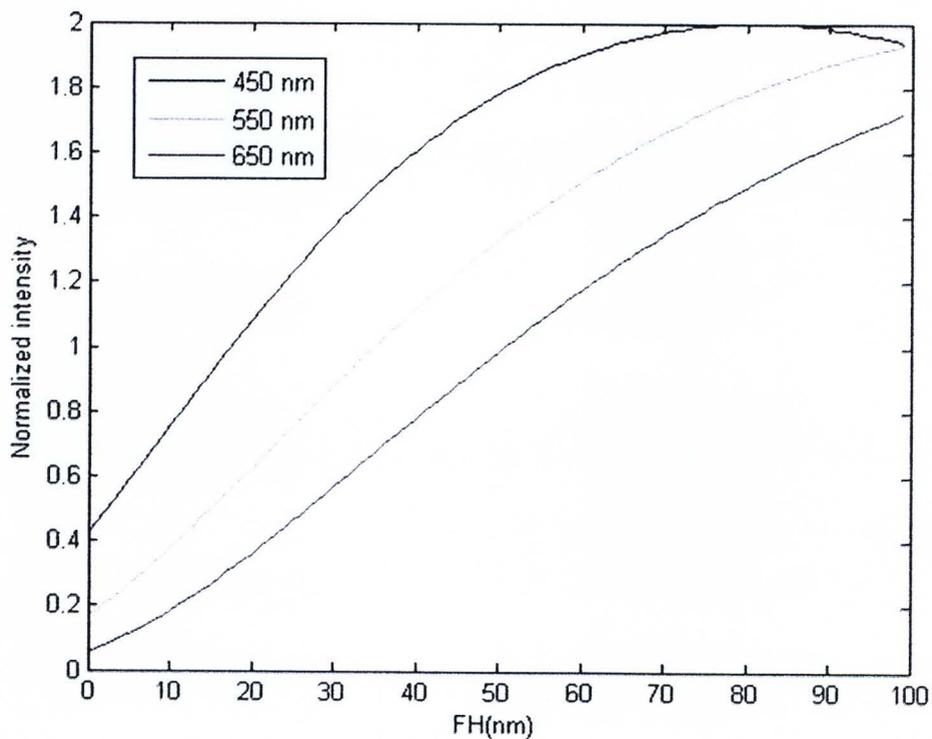
ส่วนรูปที่ 7.27 และรูปที่ 7.28 เป็นการแสดงผล Sensitivity ในช่วงที่สนใจซึ่งจะเห็นได้ว่าตำแหน่งความหนาฟิล์มที่เลือกนั้น ( $Si_1$  หน้า 1,  $DLC_1$  หน้า 55,  $Si_2$  หน้า 3 และ  $DLC_2$  หน้า 25 นาโนเมตร) จะมีช่วงที่ยอมให้เกิดความผิดพลาดในการปลูกฟิล์มอยู่พอสมควรโดยที่ Sensitivity ในการวัด Flying height นั้นไม่ลดลงมากนักซึ่งสามารถสร้างได้ง่ายกว่าตำแหน่งของความหนาฟิล์มที่ให้ค่า Sensitivity ในการวัด Flying height มากที่สุด โดยที่ลักษณะเส้นโค้งความเข้มแสงที่เป็นฟังก์ชันของ Flying height ของดิสก์ที่มี  $Si_1$  1,  $DLC_1$  55,  $Si_2$  3 และ  $DLC_2$  25 นาโนเมตร แสดงไว้ดังรูปที่ 7.29



รูปที่ 7.27 Sensitivity ในการวัด Flying height ของดิสก์ที่มีที่มี 5 ชั้นในช่วงความหนาที่สนใจคือ  $DLC_1$  45 ถึง 65 และ  $DLC_2$  15 ถึง 35 นาโนเมตร แสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากงานแก้วโดยกำหนดให้ความหนา  $Si_1$  และ  $Si_2$  เท่ากับ 1 และ 3 นาโนเมตร



รูปที่ 7.28 Sensitivity ในการวัด Flying height ของดิสก์ที่มี 5 ชั้นในช่วงความหนาที่สนใจคือ  $Si_1$  0 ถึง 2 และ  $Si_2$  2 ถึง 4 นาโนเมตร แสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากงานแก้วโดยกำหนดให้ความหนา  $DLC_1$  และ  $DLC_2$  เท่ากับ 55 และ 25 นาโนเมตร



รูปที่ 7.29 ลักษณะเส้นโค้งความเข้มแสงที่เป็นฟังก์ชันของ Flying height ของดิสก์ที่มี  $Si_1$  1,  $DLC_1$  55,  $Si_2$  3 และ  $DLC_2$  25 นาโนเมตร

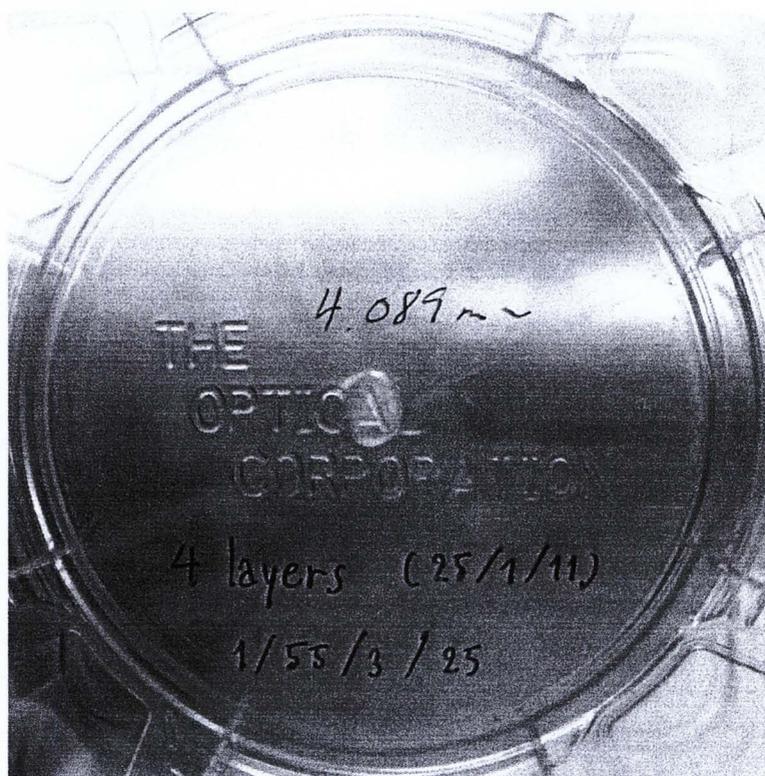
### สรุปผลจากการสร้างดิสก์

สำหรับดิสก์ที่มี 5 ชั้นจะเลือกสร้างดิสก์ที่มีความหนา  $Si_1$  1,  $DLC_1$  55,  $Si_2$  3 และ  $DLC_2$  25 นาโนเมตร โดยที่ Sensitivity ในการวัด Flying height สามารถเพิ่มขึ้นได้ถึง 23 เปอร์เซ็นต์

#### 7.3.4 การสร้างดิสก์ที่มี 5 ชั้น

##### ขั้นตอนในการสร้าง

ใช้กระบวนการสร้างดิสก์ตามหัวข้อที่ 3.1 และพารามิเตอร์ต่างๆตามตารางที่ 3.1 แต่เพิ่มขั้นตอนในการปลูกฟิล์มซิลิกอนและ DLC เพื่อสร้างดิสก์ที่มี 5 ชั้นซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 7.16 โดยดิสก์ที่สร้างเสร็จแล้วจะมีลักษณะดังรูปที่ 7.30 จากนั้นจะนำดิสก์นี้ไปทดสอบวัด Sensitivity ในการวัด Flying height โดยใช้เครื่อง Flying height tester ซึ่งจะอธิบายไว้ในหัวข้อที่ 7.4



รูปที่ 7.30 ดิสก์ที่มี 5 ชั้นที่เคลือบด้วยชั้นฟิล์มซิลิกอนและ DLC สลับกันซึ่งมีความหนาดังนี้  $Si_1$  1,  $DLC_1$  55,  $Si_2$  3 และ  $DLC_2$  25 นาโนเมตร

## 7.4 การวัด Sensitivity โดยใช้เครื่องวัด Flying height

นำดิสก์ที่สร้างขึ้นดังหัวข้อที่ 7.2.5 (ซิลิกอน 1 นาโนเมตรและ DLC 77 นาโนเมตร) และหัวข้อที่ 7.3.4 ( $Si_1$  1,  $DLC_1$  55,  $Si_2$  3 และ  $DLC_2$  25 นาโนเมตร) ไปทดสอบวัด Sensitivity โดยใช้เครื่องวัด Flying height เปรียบเทียบกับจานแก้วและผลจากการคำนวณ ซึ่งในการทดสอบว่าดิสก์นี้มี Sensitivity เป็นอย่างไรสามารถทำได้โดยการวัดความเข้มแสงของแต่ละตำแหน่งบน ABS จากนั้นนำมาสร้างเป็นเส้นโค้งและวัดความชันของเส้นโค้งตามจุดที่กำหนดไว้ โดยที่การทดสอบนี้มี เครื่องมือวัด, อุปกรณ์ และขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

### เครื่องมือวัด

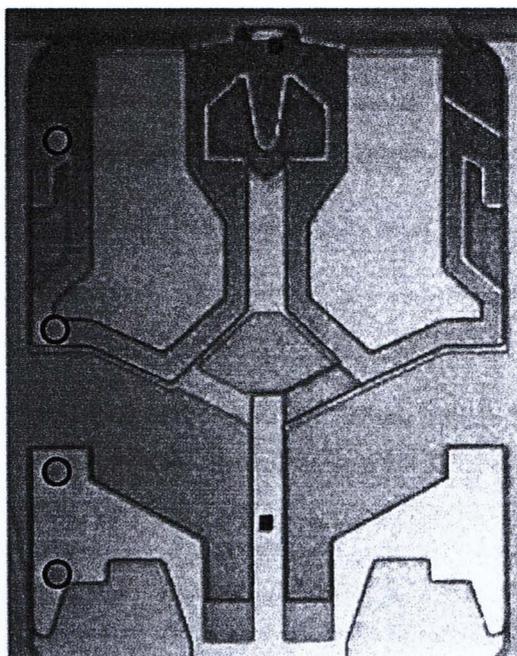
1. เครื่องวัด Flying height (DFHT5, KLA-Tencor)

### อุปกรณ์

1. ดิสก์ที่เคลือบผิวด้วยซิลิกอน 1 นาโนเมตรและ DLC 77 นาโนเมตร
2. ดิสก์ที่เคลือบผิวด้วย  $Si_1$  1,  $DLC_1$  55,  $Si_2$  3 และ  $DLC_2$  25 นาโนเมตร
3. จานแก้วปกติ
4. หัวอ่าน/เขียนที่บินด้วยความสูง 12 นาโนเมตร

### ขั้นตอนการทดสอบ

1. เริ่มจากการทดสอบวัด Flying height บนจานแก้วและเก็บข้อมูล Flying height และความเข้มแสงของแต่ละตำแหน่งที่กำหนดบน ABS ของหัวอ่าน/เขียนดังที่ระบุไว้ดังรูปที่ 7.31 โดยที่ความเข้มแสงที่มากที่สุดและน้อยที่สุด (Max & Min intensity) ของแต่ละตำแหน่งจะได้จากการ Calibration ที่ตำแหน่งนั้นๆ ส่วนความเข้มแสงที่อ่านได้จากตำแหน่งต่างๆของหัวอ่าน/เขียนขณะทำการบินจะได้จากการเก็บข้อมูลความเข้มแสงที่ตำแหน่งนั้นๆ (Measure intensity) โดยที่รายละเอียดของขั้นตอนต่างๆได้อธิบายไว้แล้วในหัวข้อที่ 6.1.3



รูปที่ 7.31 ตำแหน่งบน ABS ที่ใช้ทำการวัด Flying height และความเข้มแสงเพื่อทดสอบ Sensitivity (จากบนไปล่าง TAE\_1, TAE\_2, TAE\_3 และ TAE\_4)

2. เปลี่ยนดิสก์เป็นดิสก์ที่สร้างขึ้นจากนั้นทำการทดสอบเหมือนในขั้นตอนที่ 1
3. จากนั้นเปลี่ยนดิสก์เป็นจานแก้วแล้วทำการวัด Flying height เพื่อให้แน่ใจว่าหัวอ่าน/เขียนหลังจากการทดสอบนั้นมีค่า Flying height ที่เท่าเดิม
4. จากนั้นทำการทดสอบซ้ำ 5 ครั้งเพื่อเก็บข้อมูลและหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลความเข้มแสงและ Flying height ที่วัดได้จากจานแก้ว
5. ซึ่งจากข้อมูลของความเข้มแสงเฉลี่ยที่ได้จากการ Calibration และจากการวัดที่ตำแหน่งนั้นๆ ในขั้นตอน 1 และ 2 จะทำให้สามารถคำนวณค่าเฉลี่ยความเข้มแสงที่

Normalize อยู่ในช่วง 0 ถึง 2 ได้จากสมการ 
$$\frac{(Measure - Min)}{(Max - Min)} \times 2$$
 จากนั้นทำ

การ Fitting ข้อมูลของความเข้มแสงที่ Normalize เพื่อสร้างเส้นโค้งความเข้มแสง (Intensity curve) จากนั้นทำการวัด Sensitivity ตามนิยามที่กำหนดไว้ (ผลรวมของความชันของเส้นโค้งความเข้มแสงที่ Flying height 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 นาโนเมตรของทั้ง 3 ความยาวคลื่น) เปรียบเทียบกับจานแก้วและผลการคำนวณทางทฤษฎีที่ได้จากหัวข้อ 7.2.1 และ 7.3.1 โดยที่การทดสอบนี้มีสมมติฐานคือหัวอ่าน/เขียนบินด้วย Flying height ที่เท่ากันทั้งบนจานแก้วและดิสก์ที่เคลือบผิวด้วยซิลิกอนและ DLC ในกรณีที่ข้อมูลความเข้มแสงที่ได้จากการวัดและการคำนวณทางทฤษฎีนั้นมีความแตกต่างกันซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าความหนาที่กำหนดและความหนา

ที่แท้จริงของฟิล์มที่ได้มีความแตกต่างกันจะใช้โปรแกรมที่ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อ Fitting ข้อมูลโดยการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้นฟิล์มซิลิกอนและ DLC เพื่อหาความหนาที่แท้จริงของฟิล์มแต่ละชั้น โดยที่สามารถดูรายละเอียดของโปรแกรมได้ที่ ภาคผนวก ข.4

#### 7.4.1 ผลการทดสอบ Sensitivity ด้วยดิสก์ที่มี Si 1 นาโนเมตรและ DLC 77 นาโนเมตร

ค่าเฉลี่ยของข้อมูลความเข้มแสงที่วัดได้จากตำแหน่งบน ABS ที่ระบุไว้ในรูปที่ 7.31 แสดงไว้ในตารางที่ 7.4 และค่าเฉลี่ยข้อมูลความเข้มแสงที่ Normalize แล้วแสดงไว้ดังตารางที่ 7.5 จากนั้นจะนำข้อมูลนี้ไปใช้เพื่อเปรียบเทียบกับเส้นโค้งความเข้มแสงที่เป็นฟังก์ชันของ Flying height ที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี

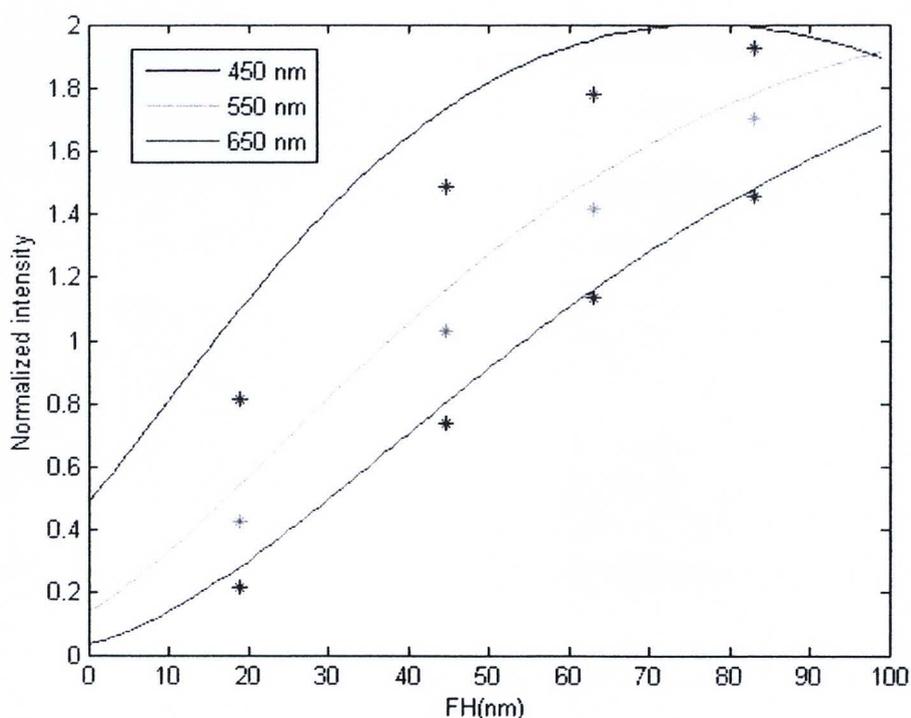
ตารางที่ 7.4 ค่าเฉลี่ยของความเข้มแสง Max, Min และที่วัดได้ (Measure) จากการใช้ดิสก์ที่มี 3 ชั้นโดยมีความหนาซิลิกอน 1 นาโนเมตรและ DLC 77 นาโนเมตรในการทดสอบ (โดยใช้ค่าเฉลี่ย Flying height ที่วัดจากงานแก้ว)

Point	FH in $\mu$ inch	FH in nm	Wavelength 450 nm			Wavelength 550 nm			Wavelength 650 nm		
			Min	Max	Measure	Min	Max	Measure	Min	Max	Measure
TAE_1	0.746	18.94	223	962	524.18	298	1378	530.6	364	1962	540.17
TAE_2	1.756	44.60	226	949	763.88	283	1378	850	339	1979	947.60
TAE_3	2.482	63.04	213	963	881.35	281	1379	1058.22	330	1971	1262.08
TAE_4	3.276	83.20	212	979	949.96	271	1388	1221.34	317	1980	1532.15

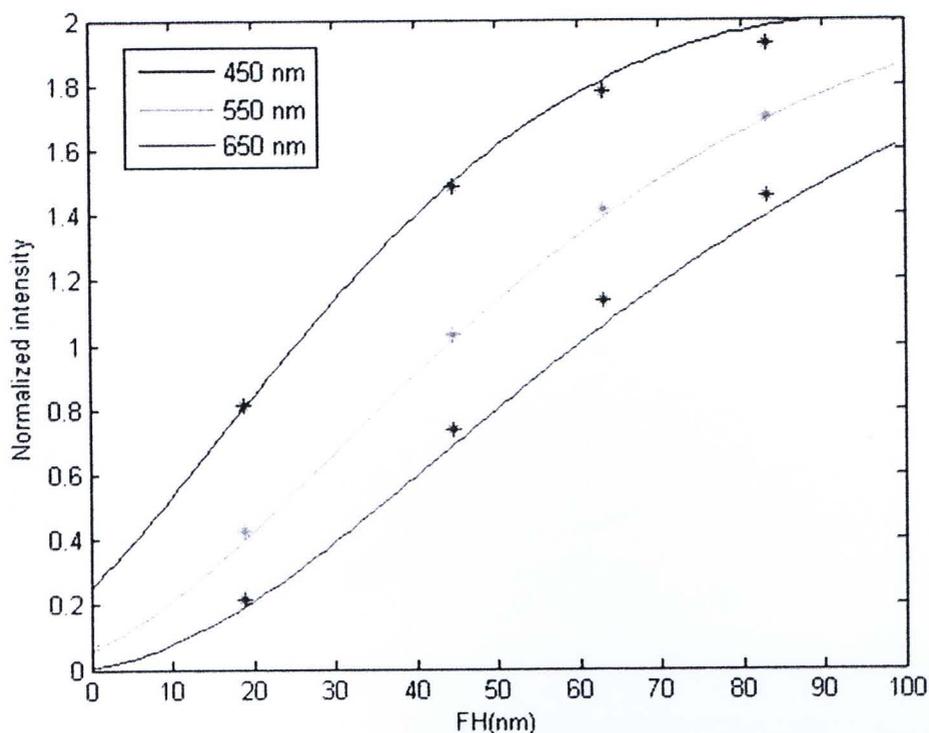
ตารางที่ 7.5 ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงที่ Normalize ให้อยู่ในช่วง 0 ถึง 2 ของดิสก์ที่มี 3 ชั้นโดยมีความหนาซิลิกอน 1 นาโนเมตร และ DLC 77 นาโนเมตร

Point	Wavelength 450 nm	Wavelength 550 nm	Wavelength 650 nm
TAE_1	0.82	0.43	0.22
TAE_2	1.49	1.04	0.74
TAE_3	1.78	1.42	1.14
TAE_4	1.93	1.7	1.46

รูปที่ 7.32 แสดงถึงการเปรียบเทียบข้อมูลความเข้มแสง (Normalize) ที่ได้จากการวัดและการคำนวณทางทฤษฎีของดิสก์ที่มีซิลิกอน 1 นาโนเมตรและ DLC 77 นาโนเมตร จากรูปจะเห็นว่ามีความแตกต่างกันระหว่างข้อมูลความเข้มแสงที่ได้จากการวัดและเส้นโค้งความเข้มแสงที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีซึ่งอาจเป็นไปได้เนื่องจากความหนาของฟิล์มซิลิกอนและ DLC ที่ปลูกนั้นมีความคลาดเคลื่อนจากความต้องการ (ซึ่งการคลาดเคลื่อนของความหนาอาจเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนของการวัดอัตราการปลูกฟิล์ม (Deposition rate) ดังนั้นจึงทำให้เวลาที่ใช้ในการปลูกฟิล์ม (Deposition time) เพื่อให้ได้ตามความหนาที่ต้องการนั้นน้อยกว่าความเป็นจริง) ดังนั้นจึงประดิษฐ์โปรแกรมเพื่อทำการหาความหนาของฟิล์มซิลิกอนและ DLC ที่ทำให้ข้อมูลทั้งสองมีความใกล้เคียงกันมากที่สุดโดยการ Fitting ข้อมูลความเข้มแสงที่ได้จากการวัดด้วยการคำนวณทางทฤษฎี โดยการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้นฟิล์มซิลิกอนและ DLC ซึ่งใช้เงื่อนไขในการ Fitting เดียวกันกับหัวข้อที่ 6.2.2 โดยที่ความหนาของซิลิกอนและ DLC ที่ให้ค่า Fitting ที่ดีที่สุดคือซิลิกอนหนา 0.57 นาโนเมตรและ DLC หนา 71 นาโนเมตรซึ่งผลของการ Fitting แสดงไว้ดังรูปที่ 7.33 จากผลการ Fitting จะเห็นว่าความหนาของฟิล์มที่ปลูกได้นั้นคลาดเคลื่อนไปจากที่กำหนดแต่ก็ไม่ทำให้ Sensitivity ในการวัด Flying height นั้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

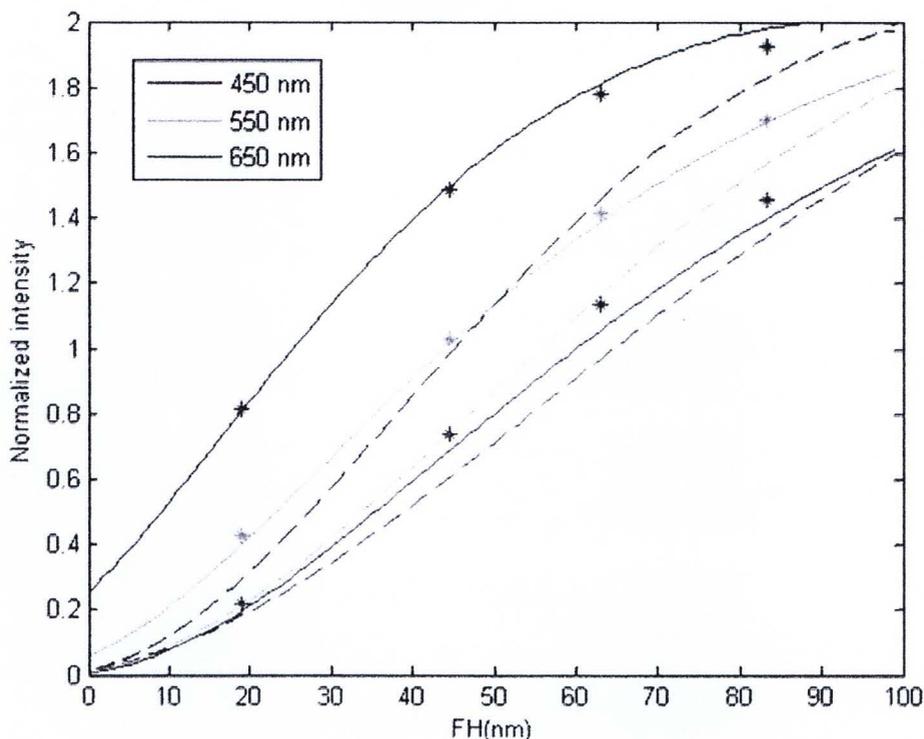


รูปที่ 7.32 เปรียบเทียบข้อมูลความเข้มแสงที่ได้จากการวัดและการคำนวณทางทฤษฎีโดยใช้ความหนาของดิสก์คือซิลิกอน 1 นาโนเมตรและ DLC 77 นาโนเมตร



รูปที่ 7.33 ผลการ Fitting ข้อมูลความเข้มแสงที่ได้จากการวัดกับการคำนวณทางทฤษฎีโดยการเปลี่ยนแปลงความหนาของซิลิกอนและ DLC ซึ่งดิสก์ที่มีความหนาซิลิกอน 0.57 นาโนเมตรและ DLC 71 นาโนเมตรให้ผลการ Fitting ที่ดีที่สุด

จากรูปที่ 7.34 ที่แสดงถึงการเปรียบเทียบลักษณะของเส้นโค้งความเข้มแสงระหว่างจานแก้วและดิสก์ที่มีซิลิกอน 0.57 นาโนเมตรและ DLC 71 นาโนเมตรจะเห็นได้ว่าในช่วงของ Flying height ที่สนใจนั้น (0, 10, 20, 30, 40 และ 50 นาโนเมตร) ดิสก์ที่มีซิลิกอน 0.57 นาโนเมตรและ DLC 71 นาโนเมตรนั้นมีผลรวมของความชันของเส้นโค้งความเข้มแสงทุกความยาวคลื่นมากกว่าจานแก้วอย่างชัดเจน โดยที่ Sensitivity ในการวัด Flying height ของดิสก์ที่สร้างขึ้นนั้น (ซิลิกอนหนา 0.57 นาโนเมตรและ DLC หนา 71 นาโนเมตร) เพิ่มขึ้นจากจานแก้ว 16.64 เปอร์เซ็นต์และเมื่อพิจารณาในช่วง Flying height ต่างๆ (ช่วง Flying height 0, 10, 20 นาโนเมตร) จะพบว่า Sensitivity ในการวัด Flying height นั้นเพิ่มขึ้นจากจานแก้วมากถึง 55.44 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 7.34 การเปรียบเทียบความชันของเส้นโค้งความเข้มแสงซึ่งเป็นฟังก์ชันของ Flying height ของทุกความยาวคลื่นระหว่างจานแก้ว (ซึ่งแสดงด้วยเส้นประ) กับดิสก์ที่มีความหนาซิลิกอน 0.57 นาโนเมตรและ DLC 71 นาโนเมตร

#### 7.4.2 ผลการทดสอบ Sensitivity ด้วยดิสก์ที่มี $Si_1$ 1, $DLC_1$ 55, $Si_2$ 3 และ $DLC_2$ 25 นาโนเมตร

ค่าเฉลี่ยของข้อมูลความเข้มแสงที่วัดได้จากตำแหน่งบน ABS ที่ระบุไว้ในรูปที่ 7.31 แสดงไว้ในตารางที่ 7.6 และค่าเฉลี่ยข้อมูลความเข้มแสงที่ Normalize แล้วแสดงไว้ดังตารางที่ 7.7 จากนั้นจะนำข้อมูลนี้ไปใช้เพื่อเปรียบเทียบกับเส้นโค้งความเข้มแสงที่เป็นฟังก์ชันของ Flying height ที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี

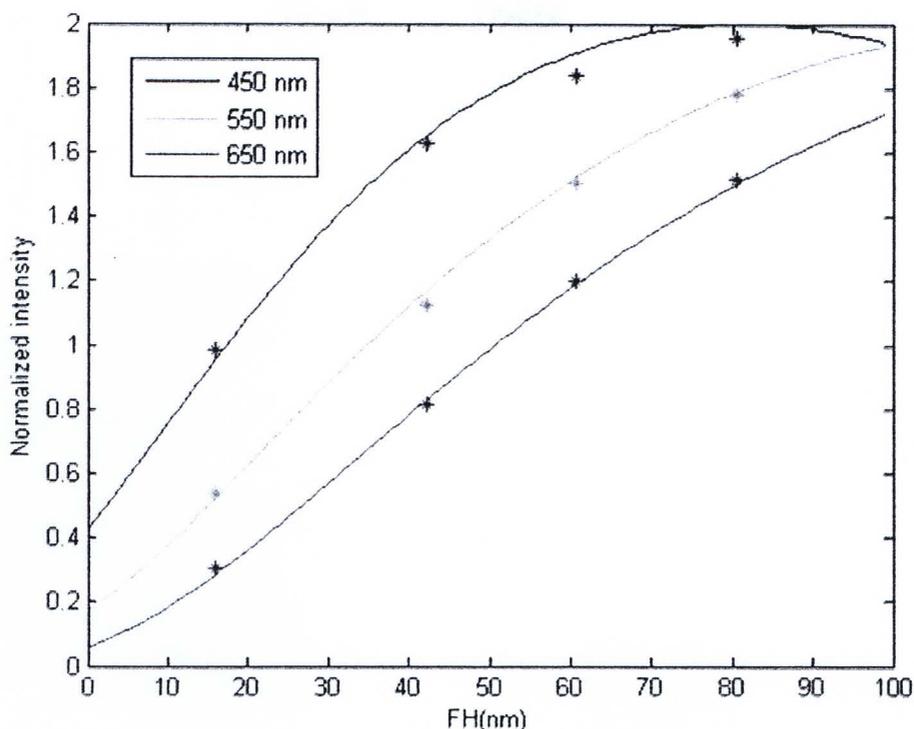
ตารางที่ 7.6 ค่าความเข้มแสง Max, Min และที่วัดได้ (Measure) จากการใช้ดิสก์ที่มี 5 ชั้นโดยมีความหนา  $Si_1$  1,  $DLC_1$  55,  $Si_2$  3 และ  $DLC_2$  25 นาโนเมตรในการทดสอบ (โดยใช้ค่า Flying height ที่วัดจากจานแก้ว)

Point	FH in $\mu$ inch	FH in nm	Wavelength 450 nm			Wavelength 550 nm			Wavelength 650 nm		
			Min	Max	Measure	Min	Max	Measure	Min	Max	Measure
TAE_1	0.634	16.09	299	1153	719.31	435	2083	879.5	572	3189	970.22
TAE_2	1.662	42.20	302	1131	978.59	429	2069	1350.19	560	3179	1629.9
TAE_3	2.387	60.62	290	1175	1102.85	406	2090	1672.81	517	3207	2133.67
TAE_4	3.171	80.54	287	1161	1140.99	399	2087	1901.92	508	3201	2550.38

ตารางที่ 7.7 ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงที่ Normalize ให้อยู่ในช่วง 0 ถึง 2 ของดิสก์ที่มี 5 ชั้นโดยมีความหนา  $Si_1$  1,  $DLC_1$  55,  $Si_2$  3 และ  $DLC_2$  25 นาโนเมตร

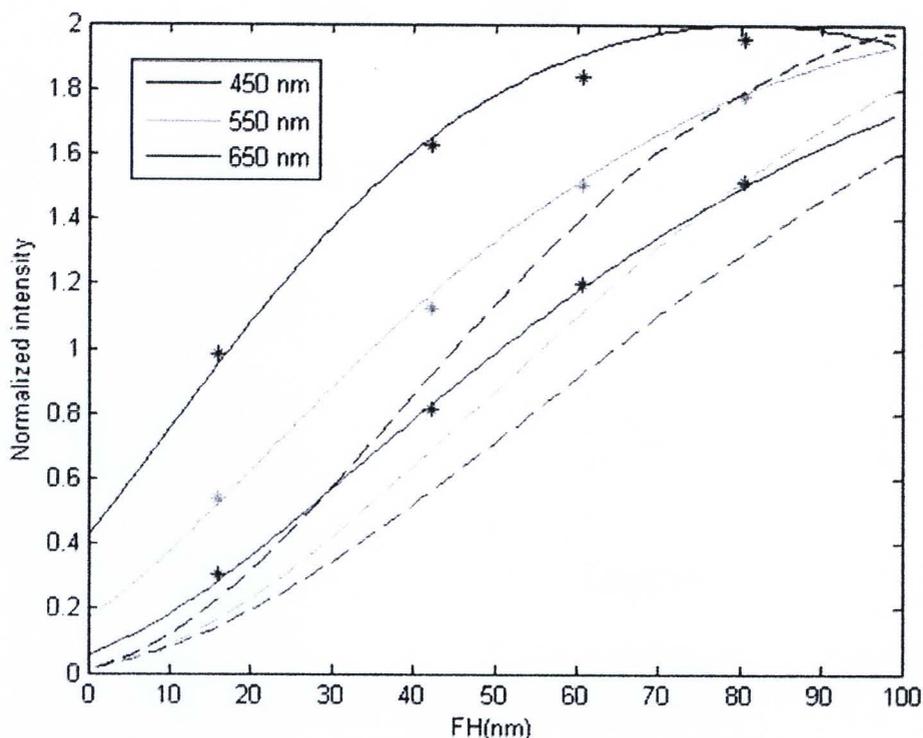
Point	Wavelength 450 nm	Wavelength 550 nm	Wavelength 650 nm
TAE_1	0.99	0.54	0.30
TAE_2	1.63	1.12	0.82
TAE_3	1.84	1.50	1.2
TAE_4	1.96	1.78	1.52

จากรูปที่ 7.35 ที่แสดงถึงการเปรียบเทียบข้อมูลความเข้มแสง (Normalize) ที่ได้จากการวัดและการคำนวณทางทฤษฎีของดิสก์ที่มีความหนาฟิล์ม  $Si_1$  1,  $DLC_1$  55,  $Si_2$  3 และ  $DLC_2$  25 นาโนเมตร จากรูปจะเห็นได้ว่าข้อมูลความเข้มแสงที่ได้จากการวัดกับเส้นโค้งความเข้มแสงที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีโดยใช้ความหนาที่กำหนดนั้นค่อนข้างใกล้เคียงกัน (เนื่องจากในการสร้างดิสก์นี้ได้ทำการเปลี่ยนเวลาที่ใช้การปลูกฟิล์ม (Deposition time) ให้เพิ่มขึ้นตามผลการทดสอบในหัวข้อที่ 7.4.1) แสดงว่าความหนาของชั้นฟิล์มที่ปลูกได้นั้นมีความใกล้เคียงกับความหนาของชั้นฟิล์มที่ต้องการ ดังนั้นจึงไม่ต้องทำการหาความหนาของฟิล์มแต่ละชั้นโดยการ Fitting



รูปที่ 7.35 การเปรียบเทียบข้อมูลความเข้มแสงที่ได้จากการวัดและการคำนวณทางทฤษฎีโดยใช้ความหนาของดิสก์คือ  $Si_1$  1,  $DLC_1$  55,  $Si_2$  3 และ  $DLC_2$  25 นาโนเมตร

จากรูปที่ 7.36 จะเห็นได้ว่าในช่วงของ Flying height ที่สนใจนั้น (0, 10, 20, 30, 40 และ 50 นาโนเมตร) ดิสก์ที่มีความหนาของชั้นฟิล์ม  $Si_1$  1,  $DLC_1$  55,  $Si_2$  3 และ  $DLC_2$  25 นาโนเมตรนั้นมีผลรวมของความชันของเส้นโค้งความเข้มแสงทุกความยาวคลื่นมากกว่างานแก้วอย่างชัดเจน โดยที่ Sensitivity ในการวัด Flying height ของดิสก์ที่สร้างขึ้นนั้น ( $Si_1$  1,  $DLC_1$  55,  $Si_2$  3 และ  $DLC_2$  25 นาโนเมตร) เพิ่มขึ้นจากงานแก้ว 23 เปอร์เซ็นต์และเมื่อพิจารณาในช่วง Flying height ต่างๆ (ช่วง Flying height 0, 10, 20 นาโนเมตร) จะพบว่า Sensitivity ในการวัด Flying height นั้นเพิ่มขึ้นจากงานแก้วมากถึง 85.16 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 7.36 เปรียบเทียบความชันของเส้นโค้งความเข้มแสงซึ่งเป็นฟังก์ชันของ Flying height ของทุกความยาวคลื่นระหว่างจานแก้ว (ซึ่งแสดงด้วยเส้นประ) กับดิสก์ที่มีความหนาของ  $Si_1$  1,  $DLC_1$  55,  $Si_2$  3 และ  $DLC_2$  25 นาโนเมตร

### 7.5 สรุปผลการ Optimize sensitivity ในการวัด Flying height โดยการเคลือบผิวดิสก์ ด้วยซิลิกอนและ DLC

ตารางที่ 7.8 สรุปผลความไวในการวัด Flying height (Sensitivity) ที่เพิ่มขึ้นของดิสก์ที่สร้างขึ้น ตามผลการ Optimize

Disk type	Details	Sensitivity 0-20 nm	Sensitivity 0-50 nm
3-Layer disk	$Si$ 0.57nm, $DLC$ 71nm	16.64%	55.44%
5-Layer disk	$Si_1$ 1nm, $DLC_1$ 55nm, $Si_2$ 3 nm and $DLC_2$ 25 nm	23%	85.16%

ผลการทดสอบวัด Sensitivity ในการวัด Flying height โดยใช้เครื่องวัด Flying height tester ของดิस्कที่สร้างขึ้นตามผลการ Optimize โดยเปลี่ยนแปลงความหนาของฟิล์มซิลิกอน และ DLC ซึ่งคำนึงถึงข้อจำกัดและความเป็นไปได้ในกระบวนการสร้างดิस्कแสดงไว้ดังตารางที่ 7.8 ซึ่งพบว่าดิस्कที่สร้างขึ้นนั้นสามารถเพิ่ม Sensitivity ในการวัด Flying height ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ดิस्कที่มี 3 ชั้นซึ่งประกอบด้วยจานแก้ว, ฟิล์มซิลิกอนและ DLC ที่มีความหนา 0.57 และ 71 นาโนเมตรสามารถเพิ่ม Sensitivity ในการวัด Flying height ได้มากถึง 16.64 เปอร์เซ็นต์เมื่อพิจารณาในช่วง Flying height ที่กำหนดและเมื่อพิจารณาเฉพาะช่วง Flying height ต่ำๆ (ประมาณ 0 ถึง 20 นาโนเมตร) พบว่า Sensitivity ในการวัด Flying height สามารถเพิ่มขึ้นได้มากถึง 55.44 เปอร์เซ็นต์ ส่วนดิस्कที่มี 5 ชั้นซึ่งประกอบด้วยจานแก้วและชั้นของฟิล์มซิลิกอนและ DLC สลับกันซึ่งมีความหนาดังนี้  $Si_1$  1,  $DLC_1$  55,  $Si_2$  3 และ  $DLC_2$  25 นาโนเมตรสามารถเพิ่ม Sensitivity ในการวัด Flying height ได้มากถึง 23 เปอร์เซ็นต์เมื่อพิจารณาในช่วง Flying height ที่กำหนดและเมื่อพิจารณาเฉพาะช่วง Flying height ต่ำๆนั้น พบว่า Sensitivity ในการวัด Flying height สามารถเพิ่มขึ้นได้มากถึง 85.16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากผลการทดสอบของดิस्कทั้ง 2 แผ่นสามารถสรุปได้ว่า Sensitivity ในการวัด Flying height สามารถปรับปรุงได้โดยการเคลือบผิวของจานแก้วด้วยชั้นของฟิล์มซิลิกอนและ DLC ที่มีลักษณะและความหนาที่เหมาะสม