

## การศึกษาการตรวจสอบการสวมใส่สายรัดข้อมือ แบบใช้แสงสำหรับกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์

อมรเทพ เกื้อดวง<sup>1)</sup> เกริกชัย ทองหนู<sup>2)</sup> และ บุญเจริญ วงศ์กิตติศึกษา<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 90112

<sup>2)</sup> รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 90112

<sup>3)</sup> รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 90112

Email : S4910120058@psu.ac.th

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาการตรวจสอบการสวมใส่สายรัดข้อมือโดยอาศัยหลักการวัดปริมาณความเข้มแสงที่สะท้อนจากมือของผู้สวมใส่ ซึ่งประกอบด้วยหลอดLEDต่างความยาวคลื่น 2 ตัวเป็นตัวส่งและโฟโตไดโอดเป็นตัวรับ ตัวส่งทำหน้าที่ส่งแสงสีแดงและสีน้ำเงินไปยังผิวหนังผู้ปฏิบัติงานและตัวรับทำหน้าที่รับแสงสะท้อนจากชั้นต่างๆของผิวหนังผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งแรงดันที่วัดได้จากตัวรับเพียงพอที่จะใช้ในการตรวจสอบการสวมใส่สายรัดข้อมือ

**คำสำคัญ :** สายรัดข้อมือ, ชั้นผิวหนัง

# Study of Optical Wrist Strap Engagement Detector for Hard Disk Assembly Process

Amornthep Kueadoung<sup>1)</sup> Krerkchai Thongnoo<sup>2)</sup> and Booncharoen Wongkittisuksa<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate Student, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University 90112

<sup>2)</sup> Associate Professor, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University 90112

<sup>3)</sup> Associate Professor, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University 90112

Email: S4910120058@psu.ac.th

## ABSTRACT

This paper presents the wrist strap engagement sensing by using a photo detecting technique which consists of two different wavelength LEDs as a transmitter and a photodiode as a receiver. The transmitter transmits red and blue light sources to the operator's skin and the receiver receives a reflected light from layers of the skin. The resulting signals from the receiver can be used to determine the wrist strap engagement.

**Keywords :** wrist strap, layers of skin

## บทนำ

อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ประสบปัญหาเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต เนื่องจากหัวอ่านฮาร์ดดิสก์มีความสามารถในการทนต่อไฟฟ้าสถิตได้น้อยซึ่งการคายประจุไฟฟ้าสถิตก่อให้เกิดความเสียหายต่อกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ด้วย วิธีการพื้นฐานที่จะควบคุมไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นคือการต่อตัวนำไฟฟ้าจากสายรัดข้อมือ (Wrist strap) ของผู้ปฏิบัติงานลงกราวด์ เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์และผลกระทบต่อด้านอื่นในกระบวนการผลิต เพื่อให้มั่นใจได้ว่าผู้ปฏิบัติงานสวมใส่สายรัดข้อมือตลอดระยะเวลาระหว่างการปฏิบัติงานจึงควรมีระบบเฝ้าระวังสายรัดข้อมือที่คอยตรวจสอบการใช้งานสายรัดข้อมืออย่างต่อเนื่อง โดยระบบเฝ้าระวังจะประกอบด้วยตัวตรวจสอบการสวมใส่สายรัดข้อมือซึ่งสามารถตรวจสอบการสวมใส่ด้วยแรงดันขนาดต่ำหรือหลักการใช้แรงดันในการตรวจสอบ เพื่อให้การตรวจสอบไปทำลายหัวอ่านฮาร์ดดิสก์และตัวตรวจสอบจะต้องมีความน่าเชื่อถือสูง

การศึกษาแนวโน้มของความเสียหายที่เกิดกับหัวอ่านแบบ MR (Goceman et al., 1998) เมื่อใช้เครื่องตรวจสอบการสวมใส่สายข้อมือที่ใช้เทคโนโลยีต่างชนิดกัน พบว่ามีขนาดของแรงดันที่เกิดขึ้นที่ตัวผู้ปฏิบัติงานที่แตกต่างกันออกไปตามชนิดของเทคนิคการวัดที่เลือกใช้ แรงดันบางขนาดสูงพอที่จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อหัวอ่านแบบ MR ได้

การตรวจสอบการสวมใส่สายรัดข้อมือของผู้ปฏิบัติงานที่ไม่ใช้แรงดันในการวัด (Ralf P. Maroney, 1987) การตรวจสอบทำได้โดยการวัดการแตกต่างของเฟสของสัญญาณจากข้อมือเมื่อเทียบกับสัญญาณที่สร้างขึ้นมา ค่าความแตกต่างของเฟสอยู่ในรูปของแรงดันตรงที่แปรตามความแตกต่างเฟสเมื่อสัญญาณแรงดันไฟตรงดังกล่าวสูงเกินกว่าที่ตั้งไว้ (เกิดความบกพร่องในการสวมใส่สายรัดข้อมือ) ระบบเตือนจะแจ้งให้ผู้ปฏิบัติรับทราบ

การสร้างระบบแสดงผลการใช้งานสายรัดข้อมือโดยใช้แรงดันต่ำ (Sanchez, 1999) ประกอบด้วยสายไฟคู่ โดยที่สายไฟแต่ละเส้นจะได้รับแรงดันบวกและแรงดันลบ การตรวจสอบทำได้โดยการเช็คแรงดันที่ขั้วของสายไฟ ซึ่งเมื่อผู้ปฏิบัติงานทำการสวมใส่ ผิวหนึ่งก็ทำตัวเหมือนตัวต้านทานซึ่งจะทำให้ครบวงจร เมื่อทำการตรวจสอบแรงดันที่ขั้วทั้งสองของสายไฟ ค่าจะต้องเท่ากันแต่มีศักย์ไฟฟ้าตรงกันข้าม แต่หากไม่มีการสวมใส่หรือสายรัดข้อมือหลุด ค่าแรงดันที่วัดได้จะไม่เท่ากัน ซึ่งในการวิเคราะห์สถานะของการสวมใส่สายรัดข้อมือจะวิเคราะห์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในประมวลผลแล้วจะแสดงผลสถานะด้วยหลอดไฟ LED

การจำลองปฏิกิริยาของแสงกับผิวหนึ่งคนโดยใช้การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Krishnaswamy et al., 2004) โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์และใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณเพื่อศึกษาการกระจายของแสงในผิวหนึ่ง การสะท้อนแสงของผิวหนึ่งชั้นนอก การสะท้อนและการส่งผ่านแสงของผิวหนึ่งชั้นใน และกลไกการดูดซับแสง ช่วงความยาวคลื่นที่ใช้ในการจำลองอยู่ในช่วง 400-700 นาโนเมตร พบว่าซึ่งผลที่ได้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการวัดจริงมีค่าใกล้เคียงกัน

บทความนี้ได้นำเสนอการศึกษาการตรวจสอบการสวมใส่สายรัดข้อมือแบบใช้แสงสำหรับกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์โดยอาศัยหลักการวัดปริมาณความเข้มแสง(Fraden, 2001)ที่สะท้อนจากชั้นต่างๆของผิวหนังของผู้สวมใส่เป็นตัวตัดสินใจการสวมใส่สายรัดข้อมือ

## ทฤษฎีและหลักการ

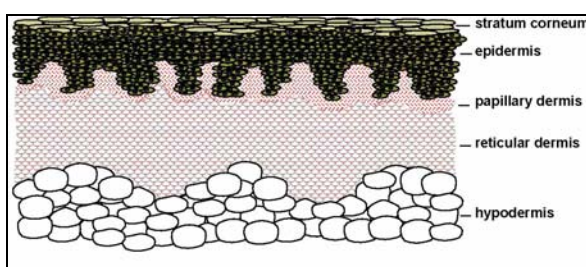
โครงสร้างของผิวหนังคนเรา(Krishnaswamy et al., 2004)นั้นจะประกอบด้วยชั้นผิวหนัง 4 ชั้นด้วยกัน(รูปที่ 1)คือ

1.ชั้นหนังขี้ไคล(Stratum corneum) ผิวหนังชั้นนี้将有ความหนาประมาณ 0.01-0.02 มิลลิเมตร ประกอบด้วยเซลล์ผิวหนังที่ตายแล้ว ผิวหนังชั้นนี้สามารถดูดซับแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำซึ่งเป็นแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400-500 นาโนเมตร

2.ชั้นหนังกำพร้า(Epidermis) ผิวหนังชั้นนี้将有ความหนาประมาณ 0.027-0.15 มิลลิเมตร ประกอบด้วยเซลล์ผิวหนังคือเมลานิน ผิวหนังชั้นนี้สามารถดูดซับแสงที่มีความยาวคลื่นยาวซึ่งเป็นแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 600-800 นาโนเมตร

3.ชั้นหนังแท้(Dermis) ผิวหนังชั้นนี้将有ความหนาประมาณ 0.6-3 มิลลิเมตร ซึ่งแบ่งออกเป็นชั้นย่อยสองชั้นด้วยกันคือ Papillary dermis และ Reticular dermis ผิวหนังชั้นนี้ประกอบด้วยโครงข่ายประสาทและเส้นเลือด ผิวหนังชั้นนี้สามารถดูดซับแสงที่มีความยาวคลื่นสูงกว่าชั้นหนังกำพร้าซึ่งเป็นแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 1000-4000 นาโนเมตร

4.ชั้นไขมัน(Hypodermis) ผิวหนังชั้นนี้บางครั้งมิได้ถูกรวมเป็นส่วนประกอบในชั้นผิวหนัง ผิวหนังชั้นนี้จะประกอบด้วยไขมันเป็นหลัก



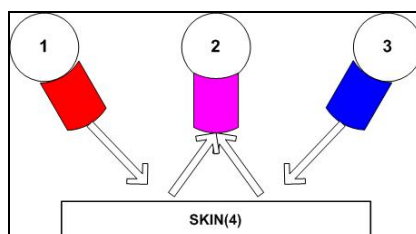
รูปที่ 1 โครงสร้างผิวหนังคน(Krishnaswamy et al., 2004)

เมื่อแสงตกกระทบกับผิวหนังคนประมาณร้อยละ 5-10 ของแสง จะสะท้อนออกมาจากผิวหนังที่ชั้นขี้ไคลแสงที่เหลือจะส่งผ่านเข้าไปในชั้นหนังกำพร้าและหนังแท้ ซึ่งบางส่วนจะถูกดูดซับเอาไว้ในชั้นทั้งสองและบางส่วนจะสะท้อนกลับมาออกมา โดยทั่วไปแสงที่มีความยาวคลื่นยาวจะทะลุทะลวงเข้าไปในผิวหนังได้ดีกว่าแสงที่มีความยาวคลื่นสั้น จากคุณสมบัติดังกล่าวเราใช้การตรวจสอบโดยใช้แสงสองสีส่งไปที่ผิวหนังเพื่อวัดการสะท้อนโดยใช้แสงสีน้ำเงินซึ่งเป็นแสงที่อยู่ในช่วงความยาวคลื่น 400-500 นาโน

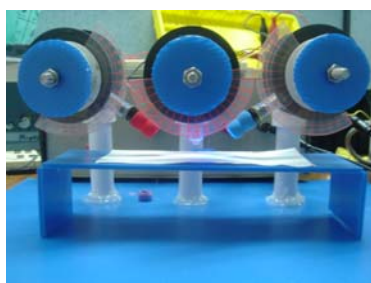
เมตร เพื่อทำการวัดการสะท้อนของผิวหนังที่ชั้นซีไคล ใช้แสงสีแดงซึ่งเป็นแสงที่อยู่ในช่วงความยาวคลื่น 600-800 นาโนเมตร เพื่อทำการวัดการสะท้อนของผิวหนังที่ชั้นหนังกำพรัอีกครั้งเพื่อตรวจให้มั่นใจว่าเป็นผิวหนังคน

## วิธีการทดลอง

ในการทดลองผู้วิจัยได้ทำการออกแบบตัวตรวจสอบการสวมใส่สายรัดข้อมือโดยการวัดปริมาณความเข้มของแสงที่สะท้อนจากผิวหนังผู้สวมใส่(4)ซึ่งจะใช้หลอด LED(1)(3) ส่องแสงไปยังผิวหนังของผู้ปฏิบัติงานแล้วใช้โฟโตไดโอด(2)ทำการวัดปริมาณความเข้มของแสงที่สะท้อนจากผิวหนังผู้สวมใส่ติดตั้งในรูปแบบที่ 2 โดยตั้งสมมุติฐานไว้ว่าหากมีการสวมใส่สายรัดข้อมือจะต้องมีแสงสะท้อนกลับมายังตัวรับซึ่งผิวหนังจะเป็นฉากสะท้อนให้กับแสงที่ส่องไป หากไม่มีการสวมใส่สายรัดข้อมือก็จะมีแสงสะท้อนไปยังตัวรับ โดยแสงที่ใช้ในการทดสอบนั้นคือแสงสีแดงและสีน้ำเงิน ซึ่งแสงสีแดงนั้นจะสามารถทะลุผ่านผิวหนังชั้นกำพรัได้ดีซึ่งทำให้แสงสะท้อนมีค่าน้อย ส่วนแสงสีน้ำเงินนั้นสามารถทะลุผ่านชั้นหนังกำพรัได้น้อยทำให้ค่าของแสงที่สะท้อนกลับมีค่าสูงกว่าค่าของแสงที่สะท้อนจากแสงสีแดง(Krishnaswamy et al., 2004) ซึ่งมุมที่ทำการทดลองของตัวส่งกับผิวหนังผู้สวมใส่ประมาณ 45 องศาและตัวรับทำมุมกับผิวหนัง 90 องศา ระยะห่างจากผิวหนังประมาณ 1 เซนติเมตร โดยได้ทำการทดลองกับผิวหนังคนจำนวน 15 ตัวอย่าง



รูปที่ 2 แสดงส่วนประกอบชุดทดสอบ



รูปที่ 3 ชุดทดสอบการสะท้อนแสงของผิวหนัง



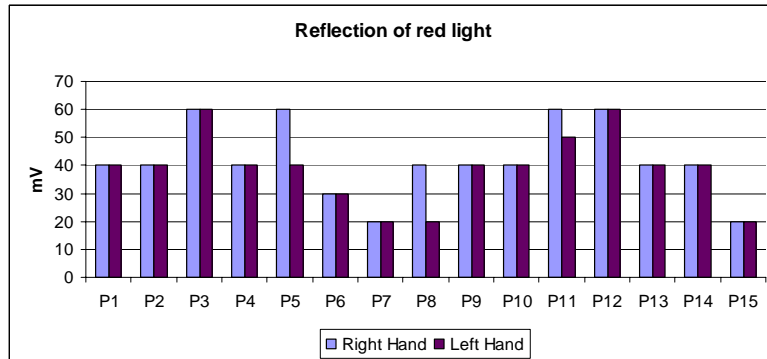
รูปที่ 4 ตัวอย่างของผิวหนังที่ทำการทดสอบ

### ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

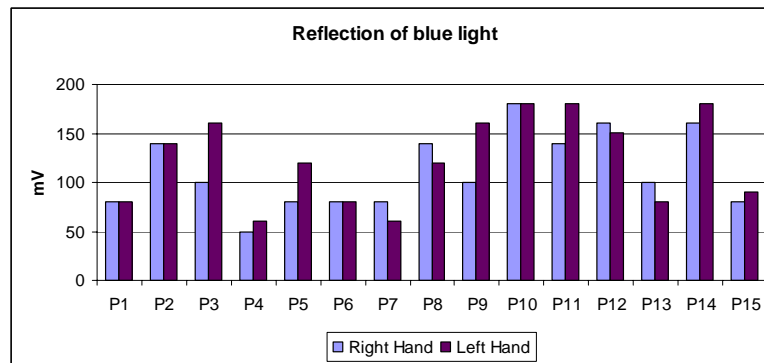
#### ผลการทดลอง

	Name	Right Hand			Left Hand		
		Red	Blue	R&B	Red	Blue	R&B
1	P1	40	80	100	40	80	100
2	P2	40	140	140	40	140	140
3	P3	60	100	180	60	160	200
4	P4	40	50	80	40	60	80
5	P5	60	80	140	40	120	160
6	P6	30	80	100	30	80	100
7	P7	20	80	00	20	60	80
8	P8	40	140	180	20	120	140
9	P9	40	100	120	40	160	180
10	P10	40	180	200	40	180	200
11	P11	60	140	180	50	180	220
12	P12	60	160	200	60	150	200
13	P13	40	100	140	40	80	120
14	P14	40	160	200	40	180	200
15	P15	20	80	100	20	90	100

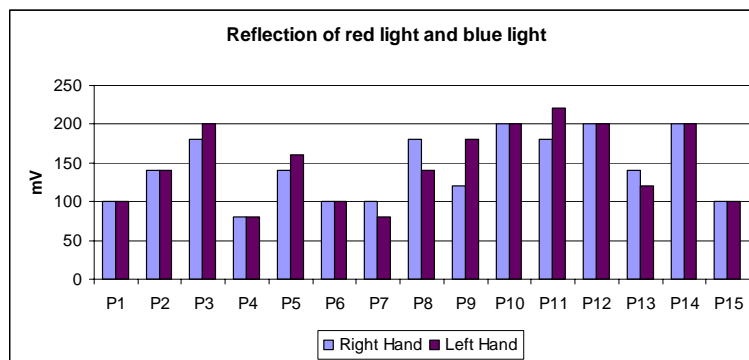
ตารางที่ 1 ปริมาณแสงสะท้อน



กราฟที่ 1 ปริมาณแสงสะท้อนเมื่อมีการส่องแสงสีแดง



กราฟที่ 2 ปริมาณแสงสะท้อนเมื่อมีการส่องแสงสีน้ำเงิน



กราฟที่ 3 ปริมาณแสงสะท้อนเมื่อมีการส่องแสงสีแดงและสีน้ำเงิน

## การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าค่าของแสงที่สะท้อนที่วัดออกมาในรูปของแรงดันดีซี แสงสีแดงผิวหนังจะให้ค่าแสงสะท้อนกลับอยู่ในช่วง 20-60 มิลลิโวลต์ แสงสีน้ำเงินจะให้ค่าแสงสะท้อนกลับอยู่ในช่วง 50-180 มิลลิโวลต์ ส่วนค่าแสงสะท้อนเมื่อทำการส่องแสงสองสีพร้อมกันจะอยู่ในช่วง 80-220 มิลลิโวลต์ หากไม่มีการสะท้อนกลับค่าที่ได้จะเป็นศูนย์ จากการทดลองแรงดันที่ได้เพียงพอที่จะวิเคราะห์ได้ ในการวิเคราะห์สถานะการสวมใส่ต้องตรวจสอบค่าการสะท้อนของแสงแต่ละสีรวมถึงค่าการสะท้อนเมื่อส่องแสงสองสีพร้อมกันเมื่อมีการสวมใส่ค่าการสะท้อนของแสงไม่ควรเกินกว่าค่าการสะท้อนของผิวหนังคน เพื่อให้มั่นใจว่าเป็นผิวหนังคน

## สรุป

จากการศึกษาการตรวจสอบการสวมใส่สายรัดข้อมือโดยอาศัยหลักการวัดปริมาณความเข้มแสงต่างความยาวคลื่นที่สะท้อนจากมือของผู้สวมใส่ ผลการศึกษาพบว่าความเข้มแสงสะท้อนที่วัดได้เพียงพอสำหรับตรวจสอบการสวมใส่สายรัดข้อมือ อย่างไรก็ตามเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับวิธีนี้ควรมีการวัดสัญญาณอื่นจากร่างกายผู้ปฏิบัติงานเพิ่มเติมด้วย เพื่อเป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินใจ

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ภายใต้โครงการพัฒนาทรัพยากรบุคคลในภาคอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์(HDD Cluster) สำหรับนักศึกษาปริญญาตรีและปริญญาโทสัญญาหมายเลข HDD-13-001M

## เอกสารอ้างอิง

- Jacob Fraden. 2001. **Handbook of Modern Sensors**. 2nd ed . California. AIP Press
- Aravind Krishnaswamy and Gladimir V.G. Baranoski. 1998. "A Biophysically-Based Spectral Model of Light Interaction with Human Skin". **Natural Phenomena Simulation group**. School of Computer Science. University of Waterloo. Ontario. Canada
- F. Gocemen, M. Szymanski, J. Salisbury, and M. Sanchez. 1998. "Evaluation of wrist strap monitors from an MR head perspective". **Electrical Overstress/Electrostatic Discharge Symposium Proceedings**. pp. 341–350.
- Ralf P.Maroney. 1987.Wrist Strap Ground Monitor. **Unitead State patent number 4638399**
- SANCHEZ.Michale.Albert. 1999. Zero Voltage Wrist Strap Monitor. **Patent number WO99/04277**