

การตรวจสอบลายนิ้วมือด้วยวิธีของดิจิทัลโฮโลกราฟี

THE DIGITAL HOLOGRAPHY FOR FINGERPRINTS IMAGING



นางสาวเป็รวงุฑิษา อัดตะ

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดานหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

การตรวจสอบลายนิ้วมือด้วยวิธีของดิจิตอลโฮโลกราฟี

THE DIGITAL HOLOGRAPHY FOR FINGERPRINTS IMAGING



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

คณะวิทยาศาสตร์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

THE DIGITAL HOLOGRAPHY FOR FINGERPRINTS IMAGING



**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE**

IN APPLIED PHYSICS

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การตรวจสอบลายนิ้วมือด้วยวิธีของดิจิทัลโฮโลกราฟี
The digital holography for fingerprints imaging





ชื่อนักศึกษา นางสาวเปรมฤทัย อัดตะ

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา คร.ประชาน บุรณศิริ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา ฟิสิกส์
ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2555

| คณะกรรมการสอบ | ลายมือชื่อ |
|-----------------------------------|--|
| ประธานกรรมการ อ. สุรชาติ กมลดีดิก |  |
| กรรมการ ดร. กิรยุทธ์ ศรีนวลจันทร์ |  |
| กรรมการ อ. ชรรมรัตน์ แต่งตั้ง |  |
| กรรมการ คร.ประชาน บุรณศิริ |  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาของคณะวิทยาศาสตร์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|--------------------|---|
| หัวข้อโครงการพิเศษ | การตรวจสอบลายนิ้วมือด้วยวิธีของดิจิตอลโฮโลกราฟี |
| ชื่อนักศึกษา | นางสาวเปรมฤทัย อัดตะ |
| ปริญญา | วิทยาศาสตรบัณฑิต |
| สาขาวิชา | ฟิสิกส์ประยุกต์ |
| ปีการศึกษา | 2555 |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ดร.ประธาน บุรณศิริ |

บทคัดย่อ

ดิจิตอลโฮโลกราฟีได้จัดทำขึ้นด้วยหลักการที่พัฒนามาจาก Hologram เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้จะทำการศึกษาหลักการพื้นฐานทางด้านทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบของชุดอุปกรณ์อย่างง่ายจากอุปกรณ์พื้นฐานทางแสงต่างๆ ที่มีอยู่ เพื่อเป็นการทดสอบหลักการทางทฤษฎี สามารถทำได้โดยการวิเคราะห์ข้อมูลในการถ่ายภาพสามมิติของลายนิ้วมือผ่านกล้อง CCD ที่ทำหน้าที่ประมวลภาพ แล้วยังแสดงรายละเอียดของภาพได้อย่างชัดเจน

คำสำคัญ : โฮโลแกรม, ลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|----------------------|---|
| Title | The digital holography for fingerprints imaging |
| Student | MissPreamrutai Atta |
| Degree | Bachelor of Science |
| MajorProgram | Applied Physics |
| Academic Year | 2012 |
| Advisor | Dr.Prathan Buranasiri |

ABSTRACT

Digital Holography has been prepared by the developer of the Hologram to provide even more performance. In this research is to study the basic principles of the theory that related to the design of a simple set of basic optical devices are available to test the theory. It can be done by analyzing the data in three-dimensional imaging of the fingerprint through a CCD camera and image processing functions. Then the detail of image is shown clearly.

Keywords : Hologram, fingerprint

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จเสร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความสนับสนุน ให้คำแนะนำปรึกษา และช่วยเหลือของ ดร.ประธาน บุรณศิริผู้ซึ่งให้คำแนะนำปรึกษาทางด้านวิชาการ อธิบายและแก้ไขปัญหาทางระบบทัศนศาสตร์ เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงานสร้าง และทดลอง โครงการพิเศษนี้ รวมไปถึงการฝึกฝนทักษะการคิดแก้ไขปัญหา ทำให้ลูกศิษย์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตการเรียนหรือการทำงานในระดับสูงต่อไป

ขอขอบคุณ คณาจารย์ นักศึกษาปริญญาโทและปริญญาเอก ของสาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อันประกอบด้วย รศ. สาหรัย เล็กชะอุ่ม, อาจารย์สุรชาติ กมลคิลิก ,นายสุวรรณ พลอยพิชิต ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ อธิบาย อธิบาย เพื่ออุปกรณ์เครื่องมือให้ทางคณะผู้จัดทำได้มีความรู้ความเข้าใจ ไปปรับปรุงแก้ไขให้ โครงการพิเศษนี้มีประสิทธิภาพและมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่ น้องญาติๆทุกคน สำหรับความเชื่อมั่น และดูแลให้ กำลังใจตลอดช่วงเวลากการศึกษาและช่วงเวลาทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ และรุ่นน้องทุกคน สำหรับคำแนะนำและให้กำลังใจเสมอมา

เปรมฤทัย อัดตะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| | หน้า |
|--|----------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญรูป | VI |
| | |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการพิเศษ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 1 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย | 2 |
| 1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน | 2 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| | |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 4 |
| 2.1 ประวัติโฮโลแกรม (Hologram) | 4 |
| 2.2 ความหมายของ Holography | 6 |
| 2.3 หลักการของ Holography | 6 |
| 2.4 การสร้างโฮโลแกรม | 7 |
| 2.5 การนำ Hologram ไปประยุกต์ใช้ | 7 |
| 2.6 หลักการ Digital Holography | 8 |
| 2.7 วิธีการถ่ายภาพ Digital Holography | 12 |
| 2.7.1 วิธี Holographic Phase Microscopy | 12 |
| 2.7.2 วิธี Multi wavelength Optical Phase Unwrapping | 13 |
| 2.7.3 วิธี Digital Interference Holography | 14 |
| 2.7.4 วิธี Low-Coherence Two-Dimensional Interferography | 15 |
| 2.8 กล้อง CCD | 16 |
| 2.9 ประวัติความเป็นมาของลายนิ้วมือ | 17 |

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|-----------|
| 2.10 ประเภทของลายนิ้วมือ | 20 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย | 27 |
| 3.1 การออกแบบและวางแผนการจัดอุปกรณ์ | 27 |
| 3.1.1 การทดลองของ Michelson | 27 |
| 3.1.2 การทดลองของ Mach-Zehnder | 27 |
| 3.1.3 การออกแบบโคอะแกรม Digital Holography (แผ่น Test Target) | 28 |
| 3.1.4 การออกแบบโคอะแกรม Digital Holography (แผ่น diffracting element | 29 |
| 3.1.5 การออกแบบโคอะแกรม Digital Holography (ถ่ายลายนิ้วมือ) | 30 |
| 3.2 การออกแบบและคำนวณของระบบ Beam Expander | 30 |
| 3.3 การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง | 30 |
| 3.4 วิธีการและขั้นตอนการดำเนินงาน | 31 |
| บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล | 35 |
| 4.1 ใช้หลักการของ Michelson | 35 |
| 4.2 ใช้หลักการ Mach-Zehnder | 37 |
| 4.3 การถ่ายแผ่น test target ด้วยวิธี Digital Holography | 38 |
| 4.4 การถ่ายแผ่น diffracting element ด้วยวิธีของ Digital Holography | 41 |
| 4.5 การถ่ายลายนิ้วมือ ด้วยวิธีของ Digital Holography | 51 |
| บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ | 57 |
| เอกสารอ้างอิง | 59 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปลูกภาพ

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.1 ภาพแสดงการสร้างโฮโลแกรม | 7 |
| 2.2 แสดง Digital Holography | 11 |
| 2.3 ภาพแสดงระบบการคำนวณการสร้างภาพ | 12 |
| 2.4 แสดงการสร้างภาพเสมือน | 13 |
| 2.5 แสดงกล้อง CCD | 16 |
| 2.6 ภาพเขียนหินแห่งทะเลสาบเกจิมกุจิก (Kejimkujik Lake Petrglyph) | 17 |
| 2.7 ลายแกะโครงสร้างลายนิ้วมือสลักหินตั้ง L'illeGavrinis | 17 |
| 2.8 ทรานส์คินเหนียวลายนิ้วมือของชาวจีน | 18 |
| 2.9 ภาพพิมพ์มือของชาวจีน | 18 |
| 2.10 ลายพิมพ์นิ้วมือของเซอร์วิลเลียมเฮอรัสเซิลด์ ที่มีอายุมากกว่า 57 ปี | 20 |
| 2.11 แสดงภาพลายนิ้วมือ 9 ชนิด | 21 |
| 2.12 แสดงลายนิ้วมือชนิดโค้งราบ | 22 |
| 2.13 แสดงลายนิ้วมือชนิดโค้งกระโอม | 22 |
| 2.14 แสดงลายนิ้วมือชนิดมัดหวายปิดขวา | 23 |
| 2.15 A, E และ F แสดงลายนิ้วมือชนิดมัดหวายปิดซ้าย B, C และ D แสดงลายนิ้วมือชนิดมัดหวายปิดขวา | 23 |
| 2.16 แสดงลายนิ้วมือชนิดก้นหอยธรรมดา | 24 |
| 2.17 แสดงลายนิ้วมือชนิดก้นหอยกระเป๋ากลาง | 24 |
| 2.18 แสดงลายนิ้วมือชนิดก้นหอยกระเป๋ายาว | 25 |
| 2.19 แสดงลายนิ้วมือชนิดมัดหวายคู่ | 25 |
| 2.20 แสดงลายนิ้วมือแบบซับซ้อน | 26 |
| 3.1 ภาพแสดงไดอะแกรมการทดลองของ Michelson | 27 |
| 3.2 ภาพแสดงไดอะแกรมการทดลองของ Mach-Zehnder | 27 |
| 3.3 ภาพแสดงไดอะแกรมของ Digital Holography (ถ่ายแผ่น Test Target) | 28 |
| 3.4 แสดงภาพแผ่น test target | 28 |
| 3.5 แสดงไดอะแกรมของ Digital Holography (แผ่น diffracting element) | 29 |
| 3.6 แสดงภาพแผ่น diffracting element | 29 |
| 3.7 แสดงไดอะแกรมของ Digital Holography ในการถ่ายลายนิ้วมือ | 30 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารทศงาน วิชาสำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุผลบางประการที่ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 3.8 แสดงลักษณะของระบบ Beam Expander | 30 |
| 4.1 แสดงภาพโคอะแกรมของ Michelson ที่ทำการทดลอง | 33 |
| 4.2 แสดงภาพโคอะแกรมของ Mach-Zehnder ที่ทำการทดลอง | 36 |
| 4.3 แสดงโคอะแกรมการถ่ายแผ่น test target ที่ทำการทดลอง | 39 |
| 4.4 แสดงภาพของวัตถุ (แผ่น Test Target) ที่ได้จากการทดลอง | 40 |
| 4.5 แสดงภาพของแนวอ้างอิง(reference) | 40 |
| 4.6 แสดงภาพของแผ่น Test Target ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography | 41 |
| 4.7 แสดงภาพที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม Matlab | 41 |
| 4.8 แสดงโคอะแกรมการถ่ายแผ่น diffracting element ที่ทำการทดลอง | 42 |
| 4.9 แสดงภาพของวัตถุ (diffracting element) ที่ได้จากการทดลอง | 43 |
| 4.10 แสดงภาพของวัตถุ (diffracting element) ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม | 43 |
| 4.11 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography | 44 |
| 4.12 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม | 44 |
| 4.13 แสดงภาพของวัตถุ (diffracting element) ที่ได้จากการทดลอง | 45 |
| 4.14 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม | 45 |
| 4.15 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography | 46 |
| 4.16 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม | 46 |
| 4.17 แสดงภาพของแผ่น diffracting element โดยมีการกรองแนวลำแสงอ้างอิงด้วยกระดาษไข | 47 |
| 4.18 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม | 47 |
| 4.19 แสดงภาพของวัตถุ (diffracting element) ที่ได้จากการทดลอง | 48 |
| 4.20 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม | 48 |
| 4.21 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography | 49 |
| 4.22 แสดงภาพของวัตถุ (diffracting element) ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม | 49 |
| 4.23 แสดงภาพของแผ่น diffracting element โดยมีการกรองแนวลำแสงอ้างอิงด้วยกระดาษไข | 50 |
| 4.24 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม | 50 |
| 4.25 แสดงโคอะแกรมการถ่ายลายนิ้วมือที่ทำการทดลอง | 51 |
| 4.26 แสดงภาพของวัตถุ (ลายนิ้วมือ) ที่ได้จากการทดลอง | 52 |
| 4.27 แสดงภาพของวัตถุ (ลายนิ้วมือ) ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม | 52 |

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.28 แสดงภาพของวัตถุ (ลายนิ้วมือ) ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography | 53 |
| 4.29 แสดงภาพของวัตถุ (ลายนิ้วมือ) ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม | 53 |
| 4.30 แสดงภาพของวัตถุ(ลายนิ้วมือ) โดยมีการกรองแนวลำแสงอ้างอิงด้วยกระดาษไข | 54 |
| 4.31 แสดงภาพของวัตถุ (ลายนิ้วมือ) ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม | 54 |
| 4.32 แสดงภาพของวัตถุ(ลายนิ้วมือ) โดยมีการกรองแนวลำแสงอ้างอิงด้วย ND Filter 1.0 | 55 |
| 4.33 แสดงภาพของวัตถุ(ลายนิ้วมือ) ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม | 55 |
| 4.34 แสดงภาพของวัตถุ(ลายนิ้วมือ) โดยมีการกรองแนวลำแสงอ้างอิงด้วยกระดาษไขและND | 56 |
| 4.35 แสดงภาพของวัตถุ(ลายนิ้วมือ) ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม | 56 |
| 4.36 แสดงภาพของวัตถุ(ลายนิ้วมือ)โดยมีการกรองแนวลำแสงอ้างอิงด้วยกระดาษ ไข | 57 |
| 4.37 แสดงภาพของวัตถุ(ลายนิ้วมือ) ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม | 57 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในยุคสังคมปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้มีการก้าวไกลไปอย่างมากบนพื้นฐานทางด้านฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ เคมี คอมพิวเตอร์ ชีววิทยาหรือทางด้านอื่นๆ ซึ่งเป็นการผสมผสานกันได้เป็นอย่างดี จะเห็นได้ว่าในยุคเทคโนโลยีสมัยใหม่จะมีการศึกษาหรือทำการวิจัยเรื่องของรายละเอียดในกระบวนการสร้างภาพโฮโลแกรม ซึ่งเป็นภาพ 3 มิติ โดยโฮโล-แกรมนั้นเป็นภาพที่บันทึกลงบนแผ่นฟิล์มหรือแผ่นเคลือบด้วยสารสำหรับบันทึกแสงซึ่งผ่านเทคนิคการบันทึกด้วยการใช้แสงที่มีหน้าคลื่นสอดคล้องกัน (coherence) เช่น แสงเลเซอร์ และเมื่อถูกส่องสว่างอย่างเหมาะสม จะแสดงให้เห็นภาพที่มีลักษณะ 3 มิติ ซึ่งเป็นวิธีการที่เกิดขึ้นได้ช้าแต่ต่างจากวิธีของ Digital Holography เป็นวิธีการที่ถูกคิดค้น โดยการพัฒนาจากการถ่ายภาพสามมิติแบบโฮโลแกรมและในปัจจุบันหลักการดังกล่าวนี้เป็นวิธีการถ่ายภาพสามมิติที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน สามารถประมวลผลผ่านกล้อง CCD (Charge Coupled Device) ที่มีคุณสมบัติเป็นเซนเซอร์ที่ทำหน้าที่รับแสงและเปลี่ยนค่าของสัญญาณ ซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้เกิดภาพสามมิติที่รวดเร็วขึ้นและสามารถแสดงรายละเอียดด้วยคอมพิวเตอร์รวมไปถึงหลักการวิเคราะห์ภาพได้ในทั้งแนวของโทโมกราฟี (tomography) และ โทโปกราฟี (topography) ซึ่งวิธีการของดิจิทัล โฮโลกราฟี เป็นนวัตกรรมที่ใช้ในการศึกษารูปแบบใหม่ด้วยการนำไปประยุกต์ใช้ในการถ่ายลายนิ้วมือ เนื่องจากการถ่ายภาพด้วยวิธีโฮโลแกรมนั้นไม่สามารถพิจารณาร่องลึกหรือลักษณะของลายนิ้วมือได้ละเอียดมากนัก รวมไปถึงการวัดขนาดความกว้างของร่องลึก ในการพิจารณารายละเอียดของลายนิ้วมือ จึงทำให้ต้องเลือกใช้การถ่ายภาพด้วยวิธีของดิจิทัล โฮโลกราฟี และในโครงการงานชิ้นนี้ได้เลือกใช้เลเซอร์ไดโอดที่มีราคาถูก หาซื้อง่ายและพกพาสะดวก

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทำการศึกษาลักษณะพื้นฐานทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และหลักการทำงานต่างๆของดิจิทัลโฮโลกราฟี
2. เพื่อสามารถออกแบบและฝึกฝนในการจัดชุดอุปกรณ์ของดิจิทัลโฮโลกราฟี
3. เพื่อถ่ายภาพของลายนิ้วมือโดยใช้เทคนิคของดิจิทัลโฮโลกราฟี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของงานเพื่อการศึกษาค้นคว้า มีจุดมุ่งหมายให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงาน

ในโครงการจะมุ่งเน้นในการศึกษาการถ่ายภาพลายนิ้วมือ ด้วยเทคนิค Digital Holography โดยใช้แหล่งกำเนิดเลเซอร์สีแดงที่มีความยาวคลื่น 632.8 nm ซึ่งมีความเข้มและเฟสของแสงจะส่งผลต่อการถ่ายภาพของลายนิ้วมือและทำการจัดอุปกรณ์เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ที่สำคัญสามารถวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลองรวมไปถึงการปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

1.4.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหลักการทำงานของดิจิตอลโฮโลกราฟีว่ามีทฤษฎีใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับหลักการทำงานเบื้องต้นและอุปกรณ์พื้นฐานที่ใช้ในการจัดอุปกรณ์รวมไปถึงการศึกษาผลและการทดลองที่ผ่านมาของผู้ที่ได้ทดลองมาแล้วเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงรวมทั้งโปรแกรมที่ใช้ศึกษา
2. วางแผนการจัดอุปกรณ์ของการทดลองพร้อมทั้งสรุปทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบการทำงานของอุปกรณ์รวมไปถึงการออกแบบการทดลองเพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ที่จัดขึ้น
3. เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการเกิดดิจิตอลโฮโลกราฟีพร้อมทั้งเริ่มทำการจัดอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบไว้
4. ทำการทดลองและบันทึกผลการทดลองแล้วนำผลการทดลองที่ได้ไปเปรียบเทียบกับทฤษฎีหรือผลการทดลองของผู้ที่ทำการศึกษาก่อนหน้านี้เพื่อนำมาวิเคราะห์และทำการปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาอุปกรณ์ในส่วนต่างๆ เพื่อให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น
5. สรุปผลการทำงานและการทดลองต่างๆที่ได้ พร้อมกับการนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.2 ตารางการดำเนินงาน

| แผนการดำเนินงาน | มี.ค. | พ.ค. | มี.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. |
|----------------------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| เสนอ Project | | | | | | | | | | | |
| ศึกษาที่มา ความสำคัญ | | | | | | | | | | | |
| ศึกษาข้อมูล | | | | | | | | | | | |
| รวบรวมข้อมูล | | | | | | | | | | | |
| วางแผนการทำงาน | | | | | | | | | | | |
| ออกแบบชุดอุปกรณ์ | | | | | | | | | | | |
| สั่งซื้ออุปกรณ์ | | | | | | | | | | | |
| จัดชุดอุปกรณ์ | | | | | | | | | | | |
| ทำการทดลอง | | | | | | | | | | | |
| สรุปผลการทดลอง | | | | | | | | | | | |

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- การตรวจสอบลายนิ้วมือจากการถ่ายภาพด้วยวิธีของดิจิทัลโฮโลกราฟี
- เป็นการฝึกฝนทักษะในการใช้งานและการทำงานของอุปกรณ์
- สามารถเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขการทำงานที่จัดทำขึ้นให้มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการใช้งานในด้านต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติโฮโลแกรม (Hologram)

ค.ศ. 1947 ถูกค้นพบโดยเดนนิส กาบอร์ (Dennis Gabor, 1900-1979) วิศวกรไฟฟ้าชาวฮังการี ในวันอีสเตอร์โดยกาบอร์ได้ค้นพบหลักการของโฮโลกราฟีโดยบังเอิญ ในระหว่างที่พัฒนาปรับปรุงคุณภาพของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่บริษัท British Thomson-Houston ที่เมือง Rugby ประเทศอังกฤษ จากการค้นพบนี้ กาบอร์ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ในปี ค.ศ. 1971 เทคนิคที่คิดค้นเดิมยังใช้อยู่ในกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ที่เป็นที่ยุ้จักกันในชื่อภาพสามมิติอิเล็กตรอน แต่ภาพสามมิติเป็นเทคนิคแสงซึ่งไม่ได้มีการพัฒนาอย่างจริงจัง จนกระทั่งมีการพัฒนาของเลเซอร์ในปี 1960

ภาพสามมิติจากวันที่ 1947 เมื่ออังกฤษ (พื้นเมืองของฮังการี) เดนนิส บอร์น นักวิทยาศาสตร์ ได้พัฒนาทฤษฎีมิติในขณะที่ทำงานเพื่อปรับปรุงความละเอียดของอิเล็กตรอน microscope Gabor ประกาศเกียรติคุณ โฮโลแกรม สันจากภาษากรีกคำ Holos, ความหมาย "ทั้ง" และ Gramma, ความหมาย "ข้อความ" การพัฒนาต่อไปในฟิล์มเป็นกองหน้าในช่วงทศวรรษต่อไปเพราะแหล่งกำเนิดแสงมีอยู่ในเวลาที่ไม่ได้จริง ๆ "กัน" (สีเดียวหรือสีหนึ่งที่มาจากจุดเดียวและความยาวคลื่นเดียว)

อุปสรรคนี้ก็เอาชนะในปี 1960 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวรัสเซีย N. Bassov และ A. Prokhorov และอเมริกันเมืองชาร์ลส์ นักวิทยาศาสตร์กับการประดิษฐ์ของเลเซอร์ซึ่งบริสุทธิ์แสงที่รุนแรงเป็นงานที่เหมาะสมสำหรับการทำโฮโลแกรม

ในปีที่เลเซอร์ซีพจร-ทับทิมได้รับการพัฒนาโดย ดร. TH maimam ระบบเลเซอร์นี้ (เหมือนเลเซอร์คลื่นอย่างต่อเนื่องโดยปกติจะใช้ในภาพสามมิติ) ส่งเสียงระเบิดที่มีประสิทธิภาพมากของแสงที่กินเวลาเพียงไม่กี่นาโนวินาที (พันล้านที่สอง) มันมีประสิทธิภาพค้างเคลื่อนไหวและทำให้มันเป็นไปได้ในการผลิตโฮโลแกรมของเหตุการณ์ความเร็วสูงเช่นกระสุนในเทียวบินและวิชาชีวิต โฮโลแกรมครั้งแรกของคนที่ถูกสร้างขึ้นมาในปี 1967 ปูทางสำหรับการประยุกต์ใช้เฉพาะของภาพสามมิติโฮโลแกรมรูปซีพจร

ในปี 1962 เอ็มเม็ต Leith และ Upatnieks กฎหมายของมหาวิทยาลัยมิชิแกน ได้รับการยอมรับจากการทำงานของพวกเขาในด้านการอ่านเรดาร์ที่ภาพสามมิติสามารถใช้เป็น 3-D กลางภาพ ในปี 1962 ที่พวกเขาอ่านกระดาษ Gabor และ "เพียงออกจากความอยากรู้" ตัดสินใจที่จะซำกันเทคนิค Gabor โดยใช้เลเซอร์และ "ปิดแกน" เทคนิค ที่ยืมมาจากงานของพวกเขาในการพัฒนาของเรดาร์ด้านการอ่าน ผลที่ได้คือการส่งเลเซอร์ครั้งแรก โฮโลแกรม 3-D วัตถุ (รถไฟของเล่นและนก)

เหล่านี้ส่งภาพสามมิติที่ผลิตภาพที่มีความคมชัดและความลึกจริง แต่แสงเลเซอร์ที่จำเป็นในการดูภาพสามมิติ

งานบุกเบิกของพวกเขานำไปสู่การมีมาตรฐานของอุปกรณ์ที่ใช้โฮโลแกรมที่จะทำให้วันนี้ นับพันของห้องปฏิบัติการและสตูดิโอมีอุปกรณ์ที่จำเป็น เลเซอร์คลื่นอย่างต่อเนื่องอุปกรณ์แสง (กระจกเลนส์และคานแยก) สำหรับแสงเลเซอร์กำกับภาพยนตร์เจ้าของและตารางแยกที่เสี่ยงจะทำความมั่นคงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งเพราะการเคลื่อนไหวมีขนาดเล็กเป็นความยาวของคลื่นในไตรมาสของแสงในช่วงแสงที่ไม่เกินนาทีหรือแม้กระทั่งวินาทีสมบูรณ์สามารถทำลายโฮโลแกรม เทคนิคแกนพื้นฐานที่ Leith และ Upatnieks พัฒนายังคงเป็นแก่นของวิธีการโฮโลแกรม

ยังในปี 1962 ดร. ยูริ N. Denisyuk จากภาพสามมิติรวมรัสเซียเกี่ยวกับการทำงาน 1908 รางวัลโนเบลกาเบรียลแมนน์ในการถ่ายภาพธรรมชาติวิธี Denisyuk ของ ผลิตโฮโลแกรมสีขาวสะท้อนแสงซึ่งเป็นครั้งแรกอาจจะดูได้ในแสงจากหลอดไส้ธรรมดา หลอดไฟฟ้า

อีกความก้าวหน้าสำคัญในมิติการแสดงผลที่เกิดขึ้นในปี 1968 เมื่อ ดร. สตีเฟนเอเบนต์คิดค้นภาพสามมิติสีขาวส่งแสงในขณะที่ค้นคว้าโทรทัศน์โฮโลแกรมที่ Polaroid ห้องปฏิบัติการวิจัย โฮโลแกรมของนี้สามารถดูได้ในแสงสีขาวธรรมดาสร้างภาพ "สายรุ้ง" จากเจ็ดสีที่สร้างขึ้นแสงสีขาว ความลึกและสีสันที่สดใสของภาพและспекตรัมของสีรุ้งดึงดูดเร็วศิลปินที่ดัดแปลงเทคนิคการทำงานของพวกเขาและนำไปสู่มิติให้ประชาชนได้ตระหนัก

การประดิษฐ์ของเบนตันเป็นสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งเพราะมันทำให้การผลิตมวลเป็นไปได้ของโฮโลแกรมที่ใช้เทคนิคลายนูน โฮโลแกรมเหล่านี้จะ "พิมพ์" โดยการตอกรูปแบบการแทรกแซงบนพลาสติก โฮโลแกรมที่เกิดสามารถทำซ้ำล้านครั้ง สำหรับไม่กี่เซ็นต์คนละ ดังนั้นโฮโลแกรมนูนตอนนี้ถูกนำมาใช้โดยการเผยแพร่โฆษณาและอุตสาหกรรมธนาคาร

ในปี 1972 ลอยด์ครอสพัฒนาโฮโลแกรมหนึ่ง โดยการรวมภาพสามมิติสีขาวส่งแสงกับภาพยนตร์ธรรมดาที่จะผลิตภาพ 3 มิติย้าย เฟรมต่อเนื่อง 2-D ภาพภาพเคลื่อนไหวของวัตถุที่หมุนจะถูกบันทึกบนแผ่นฟิล์มโฮโลแกรม เมื่อมอง, ภาพคอมพิวเตอร์มีการสังเคราะห์โดยสมองของมนุษย์เป็นภาพ 3-D

ใน 70 ของวิกเตอร์Komarและเพื่อนร่วมงานของเขาที่อยู่เหนือทั้งหมดภาพยนตร์และการถ่ายภาพสถาบันวิจัย (NIFKI) ในรัสเซียพัฒนาต้นแบบสำหรับภาพยนตร์โฮโลแกรมที่คาดการณ์รูปภาพที่ถูกบันทึกไว้ด้วยกล้องโฮโลแกรมซีพจร ภาพยนตร์ที่คาดการณ์การพัฒนาบนหน้าจอโฮโลแกรมที่เน้นมิติออกไปหลายจุดในผู้ชม

ปัจจุบันถึงอนาคต โฮโลแกรมได้นำมาใช้ในทางด้านการสื่อสาร เช่น ทางด้านภาพยนตร์สถานีโทรทัศน์ โฆษณาสินค้า และธุรกิจต่างๆ

โฮโลแกรม เป็นภาพที่มีลักษณะ 3 มิติ ซึ่งแตกต่างจากภาพ 2 มิติ ภาพโฮโลแกรมจะใช้หลักการสร้างภาพให้มีการแทรกสอดของแสงที่มากกระทบรูปภาพ โดยการฉายแสงเลเซอร์จาก

แหล่งเดียวกัน แยกเป็น 2 ลำแสง ลำแสงหนึ่งเป็นลำแสงอ้างอิงเล็งตรงไปที่แผ่นฟิล์ม อีกลำแสงหนึ่งเล็งไปที่วัตถุและสะท้อนไปยังฟิล์ม แสงจากทั้งสองแหล่งจะถูกบันทึกไว้บนฟิล์มในรูปแบบของการแทรกสอด (Interference Pattern) ซึ่งมองไม่คล้ายกับรูปของวัตถุดั้งเดิม ก่อให้เกิดภาพเสมือน (Virtual image) ขึ้นมาตามมุมของแสงที่มาตกกระทบ ทำให้ตาของเราับแสงอีกด้านหนึ่งของแผ่น Hologram เกิดเห็นภาพ 3 มิติขึ้น

2.2 ความหมายของ Holography

โฮโลกราฟี (holography) หมายถึง กระบวนการสร้างภาพโฮโลแกรม ซึ่งเป็นภาพ 3 มิติ แตกต่างจากการสร้างภาพเชิง 3 มิติ โดยโฮโลแกรมนั้นเป็นภาพที่บันทึกลงบนฟิล์ม หรือ แผ่นเคลือบด้วยสารสำหรับบันทึกแสง ซึ่งผ่านเทคนิคการบันทึกด้วยการใช้แสงที่มีหน้าคลื่นสอดคล้องกัน (coherence) เช่น แสงเลเซอร์ และเมื่อถูกส่องสว่างอย่างเหมาะสม จะแสดงให้เห็นภาพที่มีลักษณะ 3 มิติ

ถ้าจะกล่าวในคำพูดที่เป็นเชิงวิชาการมากขึ้นก็อาจกล่าวได้ว่าโฮโลแกรม ก็คือ บันทึกของรูปแบบการแทรกสอดของลำแสงที่มีหน้าคลื่นสอดคล้องกัน 2 ลำโฮโลแกรมแบ่งได้เป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ประเภท คือ white-light hologram ซึ่ง ภาพโฮโลแกรมที่บันทึกนั้น สามารถมองเห็นได้ด้วยการส่องสว่าง ด้วยแสงสว่างจากธรรมชาติ และอีกประเภทหนึ่งคือ ภาพโฮโลแกรม ที่ต้องถูกส่องสว่างด้วยแสงเลเซอร์ หรือแสงที่มีสภาพหน้าคลื่นสอดคล้องกัน ในระดับหนึ่ง ถึงจะมองเห็นภาพ 3 มิติได้ นอกจากนี้ ยังอาจแบ่งโฮโลแกรมออกได้เป็น transmission hologram, reflection hologram, image-plane hologram, และอื่นๆ อีกหลายประเภท

2.3 หลักการของ Holography

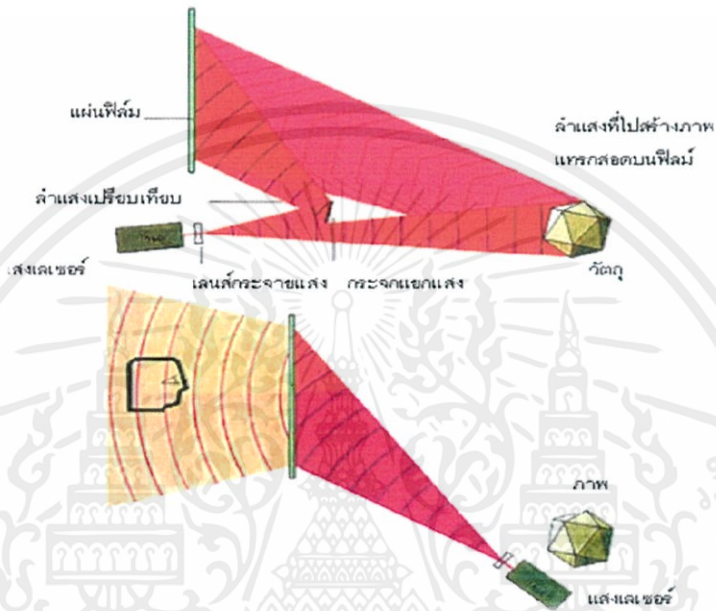
ความแตกต่างระหว่างภาพถ่ายธรรมดา (photograph) และภาพโฮโลแกรม (hologram) นั้นคือสิ่งที่ถูกบันทึก นั่นคือภาพถ่ายธรรมดาจะบันทึกความเข้ม (intensity) และ สี ซึ่งก็คือ ความยาวคลื่น (wavelength) ของแสง ของแต่ละจุดในภาพที่ฉายตกลงบนฟิล์มสำหรับภาพโฮโลแกรมนั้น นอกจากความเข้มและสีแล้ว ยังบันทึก เฟส (phase) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ทำให้สามารถสร้างกลับ หน้าคลื่นของแสง ให้เหมือนหรือคล้ายกับที่สะท้อนออกจากวัตถุ มาเข้าตาเราโดยตรงได้ ทำให้เห็นภาพนั้นมีสภาพเหมือน 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การสร้างโฮโลแกรมแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

(1) การบันทึกภาพ (recording of image) เป็นการบันทึกแถบการสอดแทรกเชิงซ้อน (Complex interference patterns) ซึ่งเกิดจากที่แต่ละแสงเลเซอร์ 2 ลำแสงซ้อนทับกันอยู่ (Superposition) แถบการสอดแทรกเชิงซ้อนนี้จะถูกบันทึกไว้บนฟิล์มถ่ายรูป (Photographic film)

(2) การสร้างภาพ (reconstruction of image) เป็นการสร้างภาพ 3 มิติ ขึ้นจากแผ่นฟิล์ม



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงการสร้างโฮโลแกรม [4]

2.5 การนำ Hologram ไปประยุกต์ใช้

1. ใช้เทคโนโลยีโฮโลแกรมในการสื่อสารในที่นี้ขอยกตัวอย่างที่มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโฮโลแกรม 3 มิติ มาช่วยในการสื่อสารทางไกล เพื่อลดข้อจำกัดในเรื่องสถานที่และการเดินทาง

2. สำนักงานข่าว ซีเอ็นเอ็น (CNN) ใช้เทคโนโลยีโฮโลแกรม ยิงภาพ 3 มิติในการรายงานข่าวสด

3. เทคโนโลยี โฮโลแกรมถูกใช้งานในการประชุมทางไกลในบริษัทไทยหลายแห่ง

4. เมื่อช่วงต้นปี บริษัทเทลสตาร์ ผู้ให้บริการโทรศัพท์ในออสเตรเลีย ก็เพิ่งจัดประชุมผ่าน โฮโลแกรมข้ามพื้นที่จากเมลเบิร์นสู่เคิลด์ ซึ่งอยู่ห่างกันถึง 460 ไมล์ อย่างไรก็ตาม ค่าใช้จ่ายในการใช้โฮโลแกรมยังอยู่ในระดับที่สูงมาก

5. โฮโลแกรมจากภาพสามมิติสู่ฮาร์ดดิสก์ความจุสูง (Holographic data storage) ฮาร์ดดิสก์ที่ใช้หลักการ โฮโลกราฟีกันนั้น ด้วยขนาด 5 นิ้ว สามารถจุได้สูงถึง 125 กิกะไบต์ เป็นอย่าง

ต่ำ และอาจไปถึง Terra Byte(1000GB) ส่วนความเร็วในการโอนถ่ายข้อมูลอยู่ที่ 30 เมกะไบต์ต่อวินาที

6.เสริมสร้างความปลอดภัย

- Transmission Hologram

นำมาใช้กับบัตรประชาชน ใบอนุญาตขับขี่ พาสปอร์ต บัตรเครดิต เป็นต้นตัว Hologram ชนิดนี้จะทำออกมาจากโรงงานมีลักษณะคล้ายกระเป๋าใบเล็ก หรือซอง (Purse) นำบัตรหรือวัสดุที่ต้องการทำมาสอดใส่ตรงกลางช่องว่าง นำไปรีดที่เครื่องจักรโดยใช้ความร้อนและแรงกดจาก บน - ล่าง แผ่น Hologram ก็จะติดแนบกับบัตร Reflection Hologram จะอยู่ในรูปของ Foil

- Hologram Sticker/แกะลอกเป็นดวงติดบนวัสดุตามต้องการ

- Hologram Hot Stamping Foil ติดโดยใช้ความร้อน และแรงกดสูง การทำงานคล้ายการปั๊มฟอลด์เงิน/ทองลงบนสิ่งพิมพ์ทั่วไป

7. บันทึกข้อมูล

ฮาร์ดดิสก์ที่ใช้หลักการฮอโลกราฟีกันนั้น ด้วยขนาดเพียง 5 นิ้ว สามารถจุได้สูงถึง 125 กิกะไบต์ เป็นอย่างต่ำ และอาจไปถึง Terra Byte(1000GB) ส่วนความเร็วในการโอนถ่ายข้อมูลอยู่ที่ 30 เมกะไบต์ต่อวินาที

2.6 Digital Holography

Digital Holographyเป็นเทคโนโลยีของการรับและการประมวลผลข้อมูลการวัดโฮโลแกรมซึ่งโดยปกติจะผ่านกล้อง CCD หรืออุปกรณ์ที่คล้ายกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งนี้รวมถึงสร้างตัวเลขของข้อมูลวัตถุจากข้อมูลการวัดที่บันทึกไว้ในความแตกต่างที่ทันสมัย ซึ่งแสงที่เกิดด้วยลักษณะของวัตถุ ดิจิตอลสามมิติมักจะให้พื้นผิวสามมิติหรือข้อมูลความหนาเชิงแสง มีเทคนิคที่แตกต่างกันในทางปฏิบัติขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ตั้งใจไว้เป็น

หลักการทั่วไป

แนวคิดของการบันทึกโฮโลแกรมแบบดิจิตอลจะมีภาพประกอบในภาพ 2.2a คลื่นระนาบอ้างอิงและคลื่นสะท้อนจากวัตถุรบกวนที่พื้นผิวของกล้อง CCD โฮโลแกรมที่เกิดจะถูกบันทึกไว้และเก็บไว้ด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์วัตถุโดยทั่วไปมีรูปร่างสามมิติบริเวณพื้นผิวสะท้อนกระจายอยู่ไม่ทั่วทั้งระยะทาง d จาก CCD มิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการสร้างแสงภาพที่เสมือนจริงจะปรากฏขึ้นที่ตำแหน่งของวัตถุที่เป็นต้นฉบับและภาพที่แท้จริงจะเกิดขึ้นที่ระยะ d เช่นกัน แต่ในทิศทางตรงกันข้ามจาก CCD, ดูจากภาพ 2.2b

การเลี้ยวเบนของคลื่นแสงที่รับรู้แสง (ในกรณีโฮโลแกรมนี้) ซึ่งติดตั้งฉากกับคานเข้ามาอธิบายโดย Fresnel-Kirchhoff

$$\Gamma(\xi', \eta') = \frac{i}{\lambda} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y) E_R(x, y) \frac{\exp\left[-i \frac{2\pi}{\lambda} \rho'\right]}{\rho'} dx dy \quad (1)$$

ด้วย

$$\rho' = \sqrt{(x - \xi')^2 + (y - \eta')^2 + d^2} \quad (2)$$

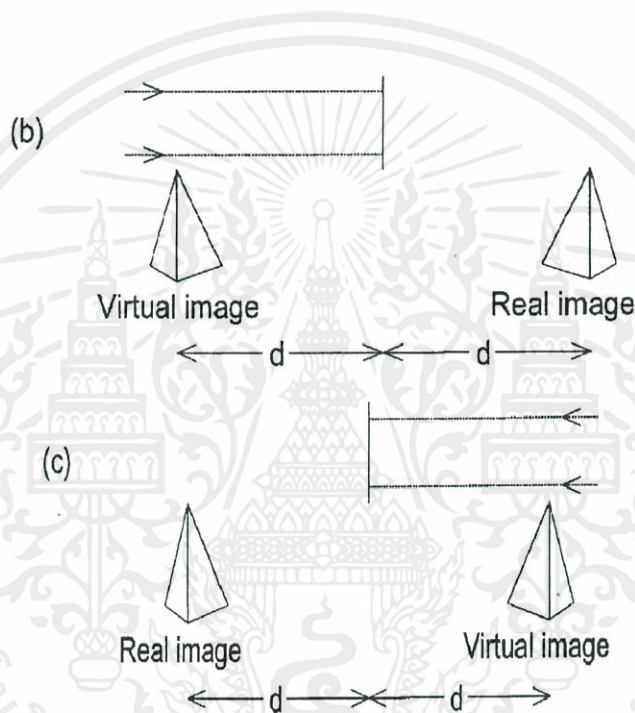
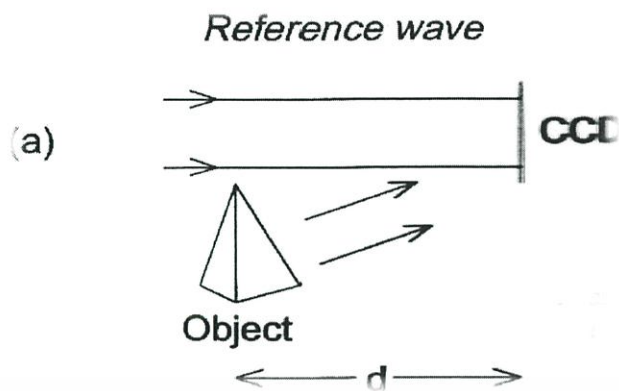
$h(x, y)$ เป็นฟังก์ชันโฮโลแกรมและ ρ' คือระยะห่างระหว่างจุดในระนาบโฮโลแกรมและจุดในระนาบสร้างปริมาณทางเรขาคณิตเป็นการอธิบายในรูป 2.3 ปัจจัยแนวโน้มถูกกำหนดเป็น 1 เพราะมุม θ และ θ' เป็นประมาณ 0 นี้ถูกต้องสำหรับทุกขั้นตอนวิธีการสร้างตัวเลข สำหรับคลื่นระนาบอ้างอิง $E_R(x, y)$ จะได้รับโดยความกว้างจริง

$$E_R = a_R + i0 = a_R \quad (3)$$

เลนส์แบบคำนวณระยะทางที่ d หลังระนาบ CCD ซึ่งหมายความว่า เป็นการสร้างความกว้างที่ซับซ้อนอยู่ในระนาบของภาพจริง

สมการที่ 1 เป็นพื้นฐานสำหรับการคำนวณโครงสร้างภาพสามมิติ เพราะการสร้างสนามคลื่น $\Gamma(\xi', \eta')$ เป็นฟังก์ชันที่ซับซ้อน รวมทั้งความเข้มแสงและเฟสสามารถคำนวณได้ นี่คือความแตกต่างกับกรณีของสร้างโฮโลแกรมแสงซึ่งมีเพียงความเข้มจะให้เห็น แห้งนี้มีที่น่าสนใจของภาพสามมิติแบบดิจิทัลที่ใช้ในการแทรกสอดภาพสามมิติแบบดิจิทัล

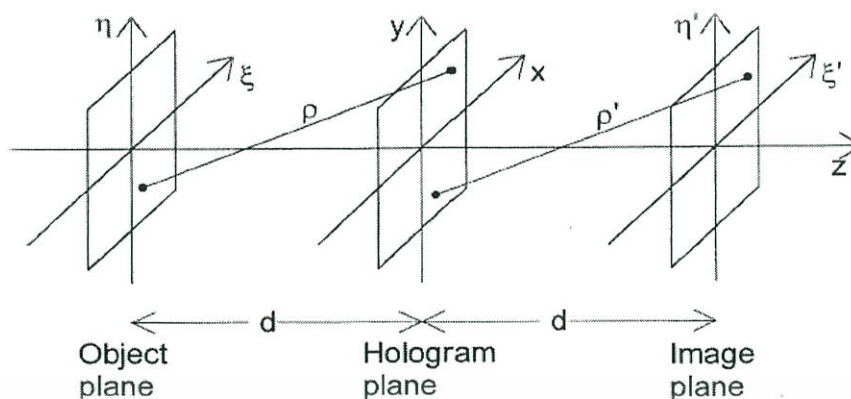
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดง Digital Holography

- (a) แสดงการบันทึกภาพ
 (b) แสดงการสร้างภาพคลื่นอ้างอิง E_R
 (c) แสดงการสร้างภาพคลื่นอ้างอิงเชิงซ้อน E_R^*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ภาพแสดงระบบการคำนวณการสร้างภาพ

ภาพจริงที่เกิดการบิดเบือนสามารถผลิตได้โดยใช้ลำแสงอ้างอิงเชื่อมสำหรับการแก้ไข เพื่อสร้างภาพบิดเบือนจริงใน Digital Holography จึงจำเป็นที่จะแทรก E_R^* แทน E_R ในสมการ 1

$$\Gamma(\xi', \eta') = \frac{i}{\lambda} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y) E_R^*(x, y) \frac{\exp\left[-i \frac{2\pi}{\lambda} \rho\right]}{\rho} dx dy \quad (4)$$

ด้วย

$$\rho = \sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + d^2} \quad (5)$$

รูปแบบการสร้างนี้จะปรากฏในรูป 3.1 (c) ภาพจริงโฟล่อออกมาตรงตำแหน่งนั้นที่วัตถุเป็นที่ตั้งในระหว่งการบันทึก ที่ควรจะกล่าวว่าสำหรับคลื่นระนาบอ้างอิงที่กำหนดไว้ในสมการที่ (3) ทั้งสูตรสร้างใหม่สมการ. (1) และ สมการ (4), เทียบเท่าเพราะ $E_R = E_R^* = a_R$

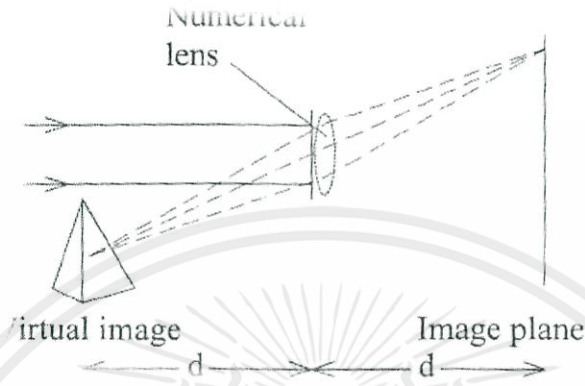
การตั้งค่าของรูป 3.1 มีคลื่นระนาบอ้างอิงกระทบตั้งฉากลงบน CCD มักจะใช้ในภาพสามมิติแบบดิจิตอล รูปทรงเรขาคณิตอื่น ๆ จะบันทึกในภายหลัง

การสร้างภาพที่เสมือนจริงอาจเป็นไปได้โดยการแนะนำคุณสมบัติการถ่ายภาพของเลนส์เข้าสู่กระบวนการสร้างตัวเลข เลนส์ตัวนี้ตรงกับเลนส์ตาของผู้สังเกตดูผ่าน โฮโลแกรมที่สร้างแสงในกรณีที่ย่านเลนส์นี้ตั้งอยู่ตรงโฮโลแกรม, รูป 3.3 คุณสมบัติถ่ายภาพของเลนส์กับ f ระยะโฟกัสได้รับการพิจารณาจากปัจจัยที่ซับซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L(x, y) = \exp \left[i \frac{\pi}{\lambda f} (x^2 + y^2) \right] \quad (6)$$

ปัจจัยนี้เป็นค่าใน B1 ภาคผนวกสำหรับขยายจาก 1 ระยะโฟกัสของ $f = d/2$ ที่มีการใช้



รูปที่ 2.4 แสดงการสร้างภาพเสมือน

เลนส์ที่อธิบายโดยสมการที่ (6) ความผิดปกติในช่วงสาเหตุซึ่งสามารถได้รับการแก้ไขโดยการคูณสนามคลื่นที่สร้างขึ้นใหม่โดยองค์ประกอบ

$$P(\xi', \eta') = \exp \left[i \frac{\pi}{\lambda f} (\xi'^2 + \eta'^2) \right] \quad (7)$$

ปัจจัยการแก้ไขนี้จะได้รับในภาคผนวก B2 สูตรเต็มรูปแบบสำหรับสร้างผ่านเลนส์เสมือนกับ $f = d/2$

2.7 วิธีการถ่ายภาพ Digital Holography

2.7.1 Holographic Phase Microscopy

ในภาพสามมิติแบบดิจิทัล superposition ของสนามวัตถุและสนามอ้างอิงสร้างรูปแบบโฮโลแกรมที่เกิดจากการแทรกสอดถูกบันทึกไว้โดยกล้อง CCD และการป้อนข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์และ ทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้าอธิบายการแพร่กระจายและการเลี้ยวเบนของข้อมูลทางแสงได้อย่างสมบูรณ์แล้วดังนั้นจึงสามารถนำมาใช้ในการคำนวณอย่างถูกต้องแม่นยำขอบเขตแสงที่ก่อให้เกิดรูปแบบโฮโลแกรม โดยใช้วิธีการสเปกตรัมเชิงมุม สมมติว่า หมายถึงการเกิดแสงสองระนาบที่ระนาบโฮโลแกรม จากนั้นคลื่นความถี่เชิงมุมของแสงคือการแปลงฟูริเยร์

$$\begin{aligned}
 F(k_x, k_y; 0) &= F\{E_0\} \\
 &= \iint E_0(x_0, y_0) \times \exp[-i(k_x x_0 + k_y y_0)] dx_0 dy_0
 \end{aligned} \tag{8}$$

โดยที่ k_x และ k_y เป็นความถี่เชิงพื้นที่สเปกตรัมเชิงมุมตามปกติที่มีลำดับเป็นศูนย์และคู่ของส่วนประกอบแรกเพื่อที่สอดคล้องกับภาพโฮโลแกรมคู่ หนึ่งในองค์ประกอบลำดับแรกสามารถแยกออกจากส่วนอื่น ๆ ที่มีตัวกรอง Band pass (ช่วงความถี่) ถ้ามุมปิดแกนของลำแสงอ้างอิงจะถูกปรับอย่างถูกต้อง สนามวัตถุนั้นจะสามารถเขียนใหม่เป็นผกผันแปลงฟูริเยร์ของสเปกตรัมเชิงมุม การแจกแจงขอบเขตหลังจากการแพร่กระจายมากกว่าระยะทาง z คือนั้นให้

$$\begin{aligned}
 E(x, y; z) &= \iint F(k_x, k_y; 0) \times \exp[i(k_x x + k_y y + k_z z)] dk_x dk_y \\
 &= F^{-1}\{F\{E_0\} \cdot \exp(ik_z z)\},
 \end{aligned} \tag{9}$$

โดยที่ $k_z = [k^2 - k_x^2 - k_y^2]^{1/2}$ และ $k = 2\pi/\lambda$ ข้อดีที่แตกต่างของวิธีการสเปกตรัมเชิงมุมรวมความละเอียดของที่สอดคล้องกับระยะสร้างขั้นต่ำยังไม่มีกรรกรองได้ง่ายส่วนประกอบของสัญญาณรบกวนและส่วนประกอบพื้นหลังรวมไปถึงการคำนวณแสงสว่าง และการคำนวณการเลี้ยวเบนแสงในการเกิดภาพโฮโลแกรมส่งผลให้ขอบเขตแสงสร้างขั้นใหม่เป็นเมทริกซ์ของตัวเลขที่เป็นจำนวนเชิงซ้อนซึ่งให้ขนาดและเฟสของภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งรูปแบบภาพแสดงถึงรายละเอียดเชิงปริมาณของการเปลี่ยนแปลงความหนาทางแสงของวัตถุที่มีความแม่นยำระดับนาโนเมตรซึ่งสามารถนำมาใช้ภาพฟิล์มบางของวัสดุที่แอบแฝงเหลืออยู่ในลายนิ้วมือ

2.7.2 Multi wavelength Optical Phase Unwrapping

ถ้าฟิล์มบางมีมากกว่าความยาวคลื่นของช่วงกว้างแสง ระยะการเกิดภาพที่ 2π นั้นไม่มีความต่อเนื่องซึ่งสามารถแปลความหมายของความซับซ้อนของภาพ ส่วนใหญ่ใช้วิธีการ software-unwrapping เป็นที่เชื่อถือได้ในขณะที่มีการตรวจสอบของความไม่ต่อเนื่องและการเพิ่มขึ้นหรือการลดลงของผลคูณจำนวนเต็มของ 2π ที่มีความไม่ต่อเนื่อง วิธีการที่แน่นอนคิดในบางมุมซึ่งค่าที่คำนวณได้มีความละเอียดและรูปทรงมีโครงสร้างที่ซับซ้อนควบคุมได้ลำบาก เราได้พัฒนาวิธีการขั้นตอนการ unwrapping แสงโดยการรวมสองหรือมากกว่าภาพขั้นตอนการใช้ความยาวคลื่นที่

แตกต่างกัน การลดจำนวนของภาพสองระยะกับความยาวคลื่นในช่วง λ_1 และ λ_2 ตามด้วยการจัดการแบบง่ายๆ, ทำให้ภาพเกิดระยะใหม่ขึ้นที่มีประสิทธิภาพความยาวคลื่นหาได้จาก

$$\Lambda_{12} = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{|\lambda_1 - \lambda_2|} \quad (10)$$

โดยการเลือกความยาวคลื่นที่เหมาะสม การสั้นของความยาวคลื่นสามารถทำให้มีขนาดใหญ่พอที่จะครอบคลุมช่วงกว้างแสงของวัตถุที่เริ่มถูกถ่ายภาพ วิธีการที่จะเป็นประโยชน์สำหรับการถ่ายภาพรูปแบบลายนิ้วมือแฝงที่มีความหนาหลายไมโครเมตร สำหรับวัตถุที่มีขนาดใหญ่มากทำให้ความยาวคลื่นมีการแตกต่างกันเล็กน้อย ตัวอย่างเช่นการใช้ความแตกต่างความยาวคลื่นของ 1nm หรือน้อยกว่าที่เราสามารถดูภาพโครงสร้างสามมิติของส่วนที่เป็นสันกระทบกันกับการเปลี่ยนแปลงความสูงหลายร้อยไมโครเมตรในขณะที่การขยายขนาดใหญ่ดังกล่าวของความยาวคลื่นที่มีประสิทธิภาพจะมาพร้อมกับการขยายอย่างเหมาะสมของระยะที่มีสัญญาณรบกวน ในกรณีนี้วิธีการที่มีระยะ unwrapping แสงสามารถขยายได้โดยการรวมความกว้างทั้งหมดของความยาวคลื่นในกระบวนการลำดับชั้นค่อยๆลดระดับสัญญาณให้ภาพที่มีระยะความยาวคลื่นเดียว

2.7.3 Digital Interference Holography

ภาพถ่ายสามมิติแบบดิจิทัลมีลักษณะคล้ายกันกับการถ่ายภาพสามมิติทั่วไป โดยมีการจำลองระบบสามมิติขอบเขตแสง แต่ไม่สามารถแสดงลักษณะแผ่นภาพหรือข้อมูลของแผ่นภาพได้โดยตรงได้แก่ การแจกแจงแบบสามมิติของศูนย์กลางการกระจายของวัตถุ เพื่อต้องการวัดระยะทางไปยังวัตถุ Optical coherence tomography ได้มาจากข้อมูลระยะทางด้วยการแทรกสอดของพัลส์สั้นๆหรือแสงที่มีโคฮีเรนซ์สั้น เราได้พัฒนา DIH การวิเคราะห์เชื่อมโยงกันในระดับต่ำโดยการทับซ้อนของโฮโลแกรมจำนวนมากในช่วงความยาวคลื่นที่สั้นๆ สมมติว่า $A(r_0)$ แสดงถึงความกว้างของเขตข้อมูลแสงที่เกิดการกระเจิงหรือสะท้อนจากวัตถุที่จุด r_0 ตามหลักการ Huygens 'ซึ่งแต่ละจุดว่าวัตถุปล่อยคลื่นทรงกลมขนาดเล็กๆที่มาถึงที่ระนาบโฮโลแกรมที่จะนำไปสู่การสร้างโฮโลแกรม ขอบเขตข้อมูลของวัตถุที่จุด r เป็นการซ้อนทับกันของคลื่นขนาดเล็กๆจากจุดวัตถุทั้งหมดเหล่านี้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H(r; k) \propto \int dr_0^3 A(r_0) \exp(ik|r - r_0|) \quad (11)$$

สำหรับโทโทกราฟี(tomography)แอมพลิจูดที่เกิดการกระเจิง $A(r_0)$ ต้องปล่อยจากสนามทั้งหมด $H(r; k)$ ซึ่ง $H(r; k)$ ขึ้นอยู่กับเลขคลื่น k การซ้อนทับกันของสนาม H เป็นจำนวนมากที่มีช่วงของ k ส่งผลให้

$$\begin{aligned} S(r) &= \sum_k H(r; k) \alpha \sum_k \int dr_0^3 A(r_0) \exp(ik|r-r_0|) \\ &= \int dr_0^3 A(r_0) \sum_k \exp(ik|r-r_0|) \\ &\approx \int dr_0^3 A(r_0) \delta(|r-r_0|) \end{aligned} \quad (12)$$

ในทางปฏิบัติจำนวนขอบเขต N_H ของโฮโลแกรมคือหลังจากการใช้ช่วง Δk ของเลขคลื่นในช่วงเวลาเดียวกัน $\delta k = \Delta k / N_H$ เป็นผลให้ภาพ tomographic- topographic มีแนวแกนที่แน่นอนของ $\delta z = 2\pi / \Delta k \approx \lambda^2 / \Delta \lambda$ โดยที่ λ และ $\Delta \lambda$ เป็นค่าเฉลี่ยความยาวคลื่นและเป็นช่วงของความยาวคลื่นตามลำดับ ขนาดแนวแกนสูงสุดของวัตถุนั้นสามารถแสดงภาพได้อย่างชัดเจนคือ $\Delta z = 2\pi / \delta k \approx \lambda^2 / \delta \lambda$

2.7.4 Low-Coherence Two-Dimensional Interferography

การแทรกสอดของแสงสะท้อนจากกระจกอ้างอิงและพื้นผิววัตถุที่มีความสว่างด้วยแสง Low-coherence เป็นผลให้ขอบแสงที่เกิดจากการแทรกสอดอยู่สูงกว่าวัตถุที่ระยะเท่ากับพื้นผิวอ้างอิง ในทางตรงกันข้ามส่วนที่เหลือของวัตถุจะเก็บไว้ในพื้นหลัง เปลือกจากขอบที่ถูกรบกวนสามารถสกัดได้โดยวิธีการขยับเฟสกับตำแหน่งอ้างอิงเป็นช่วงเวลาที่มีการสั้นสะท้อนที่เกิดขึ้น quarter-wavelength intervals ภาพการแทรกสอดเป็นของแบบฟอร์ม

$$I_\varphi = I_B + I_O + I_R + 2\sqrt{I_O I_R} \cos(\psi + \varphi) \quad (13)$$

โดยที่ I_R คือความเข้มอ้างอิง I_B และ I_O คือ ความเข้มแสงของส่วนที่ไม่ต่อเนื่องและส่วนที่ต่อเนื่องกันของวัตถุที่สัมพันธ์กัน ψ คือ การเปลี่ยนเฟสที่สูงกว่าพื้นผิวของวัตถุและ φ คือ เฟสทั่วไปที่ถูกกำหนดด้วยการเลื่อนแนวอ้างอิง ความเข้มและเฟสของขอบเขตวัตถุจะได้รับโดย

$$I_O(x, y) \propto [(I_0 - I_\pi)^2 + (I_{\pi/2} - I_{3\pi/2})^2] \quad (14)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\psi(x, y) = \tan^{-1} \left[\frac{I_{3\pi/2} - I_{\pi/2}}{I_0 - I_\pi} \right] \quad (15)$$

อีกทางเลือกหนึ่งภาพการแทรกสอด สามารถได้มาด้วยแสงสว่างที่เปิดอยู่สำหรับระยะเวลา ในขณะที่กระจกอ้างอิงที่มีการสั่นเป็นสัญญาณสามเหลี่ยมคังนั้นการแทรกสอดจะได้ว่า

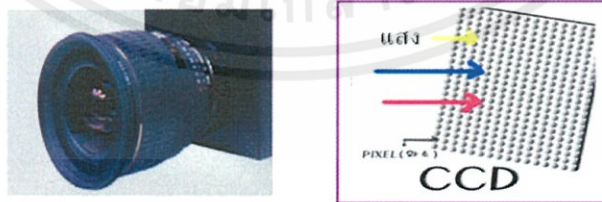
$$I_O \propto [(I_0 - I_{\pi/2}) + (I_\pi - I_{3\pi/2})]^2 + [(I_0 - I_{\pi/2}) - (I_\pi - I_{3\pi/2})]^2 \quad (16)$$

ช่วงกว้างของการแทรกสอดมีการพัฒนาให้ความยาวโคฮีเรนซ์ของแหล่งกำเนิดและบริเวณผิวหน้าทั้งพื้นผิววัตถุสามมิติจะถูกถ่ายภาพโดยการตรวจสอบระยะ z ของวัตถุ

2.8 กล้อง CCD

CCD ย่อมาจาก Charge Coupled Device เป็น Sensor ที่ทำงานโดยส่วนที่เป็น Sensor แต่ละพิกเซล จะทำหน้าที่รับแสงและเปลี่ยนค่าแสงเป็นสัญญาณอนาล็อก ส่งเข้าสู่วงจรเปลี่ยนค่าอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลอีกทีหนึ่งความแตกต่างระหว่าง สัญญาณแอนนาลอก กับ สัญญาณดิจิทัล

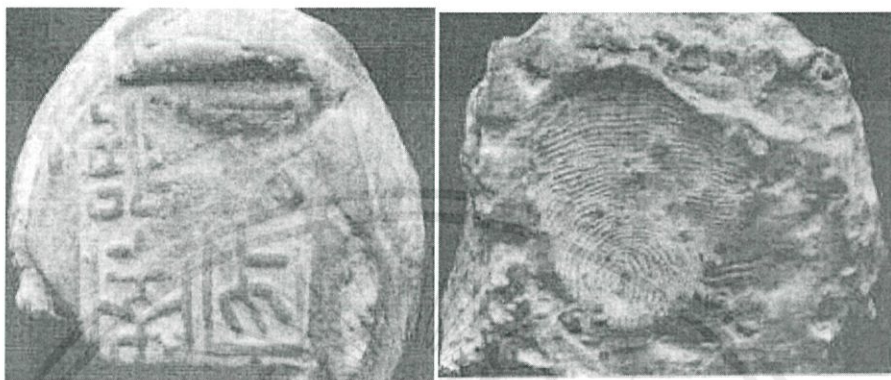
สัญญาณดิจิทัล หมายถึง ค่าของข้อมูล สามารถแสดงเป็นค่าตัวเลข ส่วนสัญญาณแอนนาลอก หมายถึง ค่าของข้อมูล แสดงเป็นค่าตามธรรมชาติตัวอย่างเช่น ค่าของเครื่องวัดอุณหภูมิ ดังนั้นเครื่องยิงตี (เครื่องคัดแยกข่าว) จึงใช้สัญญาณดิจิทัล เพราะค่าของข้อมูลจะเปลี่ยนเป็นค่าตัวเลขและส่งสัญญาณไปสู่การคัดแยกความละเอียดของกล้อง CCD มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของเครื่องอย่างไร และเครื่องยิงตี (เครื่องคัดแยกข่าว) ชนิดติดกล้อง CCD ใช้กล้องที่มีความละเอียด 2,048 พิกเซล เปรียบเหมือน มีคนงาน 2,048 คน ในการตรวจสอบข่าวในแต่ละเมล็ดแตง ยี่ห้อใช้กล้อง CCD ที่มีความละเอียด 1,024 พิกเซล ทำให้คุณภาพที่ได้ต่ำ และทำให้มีราคาสูง (จะใช้รางที่มีขนาดเล็ก เพราะกล้องที่ใช้มีความละเอียดน้อย)



รูปที่ 2.5 แสดงกล้อง CCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผืนเอกสารที่ทำจากแท่งไม้หรือเยื่อไผ่อีกด้านหนึ่งจะประทับด้วยชื่อหรือสัญลักษณ์ของบุคคลและใช้ลายนิ้วมือหรือฝ่ามืออีกด้านหนึ่งเพื่อระบุถึงบรรดาศักดิ์ดินเหนียวถูกนำมาใช้เป็นวัสดุปิดผนึกจนถึงสมัยราชวงศ์หวู่และซัน (ค.ศ. 220-420) เมื่อผ้าไหมและกระดาษเข้ามามีบทบาทในสิ่งพิมพ์ ดินเหนียวจึงถูกยกเลิกไป



รูปที่ 2.8 ตราผนึกดินเหนียวลายนิ้วมือของชาวจีน

ภาพพิมพ์มือของชาวจีน ชาวจีนโบราณได้ใช้รอยฝ่ามือประทับลงบนผ้าไหมหรือกระดาษในการทำสัญญา โดยมักประทับมือขวาลงในเอกสาร เช่น การซื้อขายที่ดิน การลงนามด้วยวิธีประทับฝ่ามือนี้ร่วมกับลายเซ็นมีความเชื่อถือและยอมรับอย่างสมบูรณ์ในปี 1975 มีการค้นพบบันทึกไม้ไผ่ที่บรรยายถึงการสอบสวนที่เกิดขึ้นในช่วงประมาณ 300 ปีก่อนคริสตกาลซึ่งในพยาน ภาพพิมพ์ฝ่ามือเป็นตัวช่วยในการสอบสวนการลักขโมย รวมทั้งรอยเท้า ก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ค้นพบในหลาย ๆ พื้นที่



รูปที่ 2.9 ภาพพิมพ์มือของชาวจีน

ลายนิ้วมือมีประวัติความเป็นมาทั้งในด้านวงการแพทย์ นิติเวชศาสตร์ พันธุกรรมและมานุษยวิทยา ดังปรากฏหลักฐานแรกเริ่มในภาพเขียนสมัยก่อนประวัติศาสตร์ ซึ่งเป็นภาพมือมีร่องรอยของลายมือชัดเจน และหลักฐานที่ชาวจีนสมัยโบราณใช้รอยพิมพ์นิ้วหัวแม่มือบนดินเหนียวที่ปิดผนึกหีบใส่เงินเพื่อใช้ส่งมอบดังนี้

ปี ค.ศ. 1684 เนเฮเมียห์เกรวี่ (Nehemiah Grew) นักพฤกษศาสตร์ชาวอังกฤษ เขียนบทความเกี่ยวกับลายนิ้วมือไว้ใน Philosophical Transactions of The Royal Society of London และได้รับการพิจารณาว่าเป็นหนึ่งในผู้บุกเบิกลายนิ้วมือในยุคแรกสุด บุคคลอื่นหลายคนเริ่มสังเกตและตรวจสอบลายนิ้วมือโดยการใช้นิ้วสัมผัสของเท้า

ปี ค.ศ. 1685 โกวาร์ด บิดโล (Govard Bidlo) นักกายวิภาคที่ อัมสเตอร์ดัม ฮอลแลนด์ ได้ตีพิมพ์หนังสือกายวิภาคมนุษย์ แสดงลายเส้นนิ้วมืออย่างละเอียดถี่ถ้วน อย่างมีศิลปะและบรรยายรายละเอียดของลายเส้นนิ้วมือและโครงสร้างรูต่อมเหงื่อ

ปี ค.ศ. 1686 เมลปีคกิ (Marcello Malpighi) ศาสตราจารย์ด้านกายวิภาค มหาวิทยาลัยโบโลกนา อิตาลี เขียนหนังสือเกี่ยวกับลายนิ้วมือมีเพื่อการจับ บินฝ่าเท้ามีเพื่อการลากเท้า และยังได้ระบุถึงลายเส้นนิ้วมือ ลายนิ้วแบบ มัดหวายและแบบก้นหอย ไว้ ชื่อของเขาได้นำมาตั้งเป็นชื่อของชั้นผิวหนังที่เรียกว่า “Malpighi layer”

ปี ค.ศ. 1723 เพอकिनเจ (John Veangelist Purkinje) ศาสตราจารย์ด้านกายวิภาค ชาวสโลวัก มหาวิทยาลัยเบรสลอส เลอ (University of Breslau) เยอรมันนี เขียนหนังสืออธิบายแบบแผนลายนิ้วมือตามรูปร่างและลักษณะลายเส้น

ปี ค.ศ. 1880 ดร.เฮนรี ฟาวลด์ (Henry Fauld) ชาวอังกฤษ ได้ศึกษาว่าลายนิ้วมือสามารถใช้เป็นเครื่องมือเพื่อระบุตัวบุคคลได้ ด้วยการใช้นิ้วสัมผัสในการคัดลอกลายนิ้วมือ งานวิจัยที่มีชื่อเสียงชิ้นหนึ่ง คือการให้นักศึกษาแพทย์ชุด ลายนิ้วบนฝ่ามือออกด้วยหินปูน ซึ่งการทดลองนี้ได้พิสูจน์ว่าลายเส้นนิ้วมือหายดีแล้วลายเส้นจะกลับมาอีกรูปแบบเหมือนเดิม จึงพิสูจน์ความจริงที่ว่าลายนิ้วมือไม่เปลี่ยนแปลง

ปี ค.ศ. 1858 เซอร์วิลเลียมเฮร์เชลล์ (Sir William Herschel) ชาวอังกฤษ คนแรกที่น่าลายนิ้วมือมาใช้ประโยชน์ เพื่อพิสูจน์บุคคล ในประเทศอินเดีย และเป็นที่ยอมรับทั่วโลก โดยใช้นิ้วมือลงนามในคู่สัญญาอยู่กับคนพื้นเมือง ในมุมมองของท่านเห็นว่าลายนิ้วมือทั้งหมดมีลักษณะเฉพาะตัวในแต่ละบุคคลและคงอยู่ถาวรไม่เปลี่ยนแปลงกระทั่งสิ้นอายุขัย ท่านได้พิมพ์ลายนิ้วมือตนเองไว้เมื่อ 50 ปี ผ่านไป นำมาเปรียบเทียบพบว่าตรงกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 2.10 ลายพิมพ์นิ้วมือของเซอร์วิลเลียมเฮร์เชลล์ ที่มีอายุมากกว่า 57 ปี ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี ค.ศ. 1882 อัลฟอนเซ เบอรัลติลอน (Alphonse Bertillon) ประเทศฝรั่งเศส ได้คิดค้นระบบการจำแนก อันเป็นที่รู้จักในสาขา การวัดระยางของมนุษย์ (Antropometry) ที่เรียกว่า ระบบเบอรัลติลอน (Bertillon system) ซึ่งเป็นการวัดส่วนต่างๆ ของร่างกาย และได้นำเสนอการใช้นิ้วมือเข้าช่วย แต่จัดให้อยู่ในการปฏิบัติขั้นที่สองของหมวดสัดส่วนซึ่งพิเศษ

ปี ค.ศ. 1892 เซอร์ฟรานซิส กาลตัน (Galton, 1892) นักมานุษยวิทยาชาวอังกฤษ ได้ตีพิมพ์บทความวิชาการเป็นครั้งแรกเกี่ยวกับระบบแบบแผนลายนิ้วมือที่สามารถระบุบุคคลได้ ด้วยลักษณะพิเศษของลายเส้นบนลายนิ้วมือที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคลที่เรียกว่า จุดสำคัญ (minutia point; มินูเชีย) ซึ่งสามารถอยู่ได้ทันทานถาวรตลอดอายุของบุคคลนั้น

ปี ค.ศ. 1897 เซอร์ เอ็ดเวิร์ด เฮนรี่ (Sir Edward Henry) แห่งสหราชอาณาจักร ได้จัดตั้งระบบการจำแนกแบบแผนลายพิมพ์นิ้วมือเป็น ระบบและสามารถสืบค้นได้ เรียก ระบบการจำแนกแบบแผนลายพิมพ์นิ้วมือหรือ Henry Classification

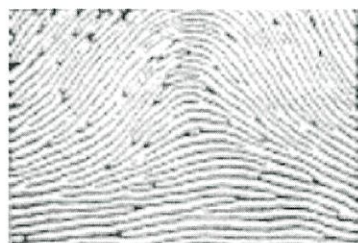
ปี ค.ศ. 1904 การพิสูจน์ลายนิ้วมือเดินทางสู่สหรัฐอเมริกา ในงานที่อังกฤษนำไปแสดงสินค้าที่ St. Louis World's Fair Exposition เพื่อแนะนำความคิดใหม่ ๆ อย่าง ระบบการตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์นิ้วมืออาชญากร หน่วยสก็อตแลนด์ยาร์ดได้เลือก John Kenneth Ferrier เข้าไปบรรยาย โดยเขาได้ให้ตำรวจ 1 ใน 8 นายจับแผ่นกระดาษขณะที่เขาอยู่นอกห้องประชุม เมื่อกลับเข้ามาเขาสามารถตรวจหาและบอกได้ว่าลายนิ้วมือที่แผ่นกระดาษนั้นเป็นของใครได้

ปี ค.ศ. 1905 กองทัพบกสหรัฐอเมริกา เริ่มใช้ลายนิ้วมือในการระบุบุคคลที่ขึ้นทะเบียนทหาร และหลังจากนั้นอีก 2 ปี กองทัพเรือสหรัฐอเมริกาก็เริ่มนำมาใช้ และอีกกว่า 25 ปี ต่อมาองค์กรด้านกฎหมายทั่วสหรัฐอเมริกา ได้หันมาใช้ลายนิ้วมือเป็นเครื่องระบุตัวบุคคล

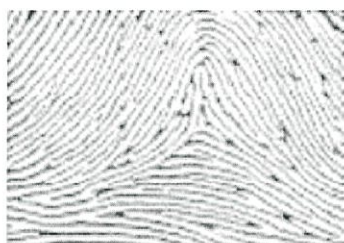
ปี ค.ศ. 1915 ผู้ตรวจการณ์ Henry H. Caldwell ประจำ หน่วยพิสูจน์หลักฐานกรมตำรวจเมืองโอ๊คแลนด์ แคลิ ฟอเรีย ได้ส่งหนังสือเชิญผู้ตรวจพิสูจน์อาชญากรรม (Criminal Identification Operators) เพื่อก่อตั้งองค์การของผู้เชี่ยวชาญตรวจพิสูจน์ จากนั้นในเดือนตุลาคม กลุ่มของผู้เชี่ยวชาญประมาณ 22 คน ได้ร่วมก่อตั้ง International Association for Criminal Identification ขึ้นในปี ค.ศ. 1918 ได้เปลี่ยนชื่อเป็น International Association for Identification

2.10 ประเภทของลายนิ้วมือ

ประเภทของลายนิ้วมือ จำแนกเป็น 3 ประเภทหลักและแบ่งโดยละเอียดออกเป็น 9 ชนิดคือ ประเภทโค้ง (arch) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ โค้งราบ (plain arch) โค้งกระโจม (tent ed arch) ประเภทมัดหวาย (loop) ได้แก่ มัดหวายปัดขวา (right slant loop) มัดหวายปัดซ้าย (left slant loop) ประเภทก้นหอย (whorl) ได้แก่ ก้นหอยธรรมดา (plain whorl) ก้นหอยมัดหวายแฝด (twinned loop) ก้นหอยกระเป๋ากลาง (central pocket loop whorl) ก้นหอยกระเป๋าข้าง (lateral pocket loop) ก้นหอยซับซ้อน (accidental whorl)



โค้งราบ (Plain arch)



โค้งกระโจม (Tented arch)



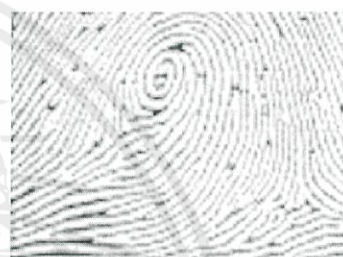
มัดหวนเปิดขวา (Plain loop)



มัดหวนปิดซ้าย (Plain loop)



ก้นหอยธรรมดา (Whorl)



ก้นหอยกระเป๋ากลาง



ก้นหอยกระเป๋าด้านข้าง



มัดหวนแฝด (Twinned loop)

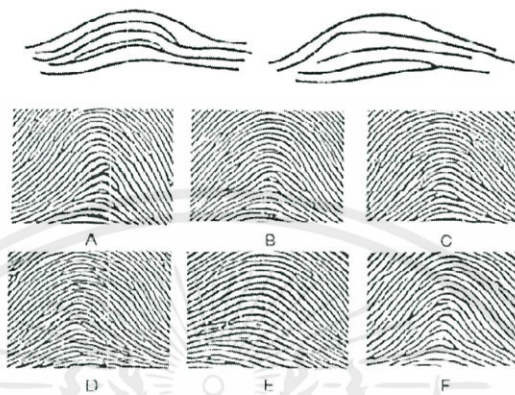


แบบซับซ้อน (Accidental)

รูปที่ 2.11 แสดงภาพลายนิ้วมือ 9 ชนิด

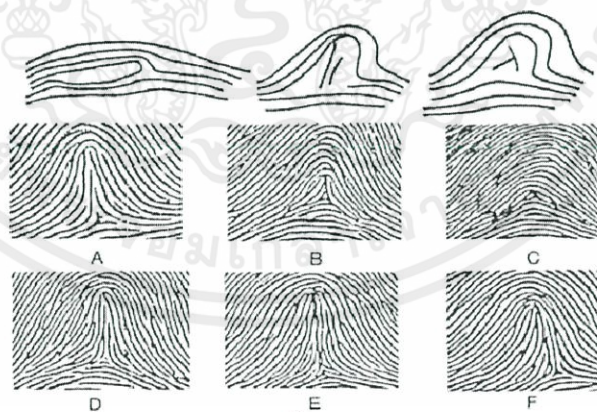
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โค้งราบ (plain arch) คือ ลักษณะของลายเส้นในลายนิ้วมือที่ตั้งต้นจากขอบเล็บข้างหนึ่ง แล้ววิ่งหรือไหลออกไปอีกข้างหนึ่งไม่มีเส้นเกือกม้าไม่เกิดมุมแหลมคมที่เห็นได้ชัดตรงกลาง หรือไม่มีเส้นพุ่งสูงขึ้นตรงกลางไม่มีจุดสันคอง



รูปที่ 2.12 แสดงลายนิ้วมือชนิดโค้งราบ

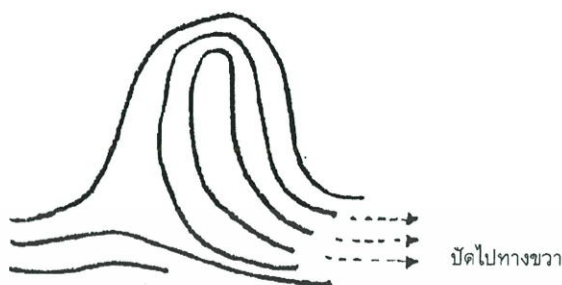
โค้งกระโจม (tented arch) คือ ลักษณะลายเส้นในลายนิ้วมือ มีลายเส้นเส้นหนึ่งหรือมากกว่า ซึ่งอยู่ตอนกลางไม่ได้วิ่งหรือไหลออกไปยังอีกข้างหนึ่ง หรือ ลายเส้นที่อยู่ตรงกลางของลายนิ้วมือ เส้นหนึ่งหรือมากกว่า เกิดเป็นเส้นพุ่งขึ้นจากแนวนอน หรือ มีเส้นสองเส้นมาพบกันตรงกลางเป็นมุมแหลมคมหรือมุมฉาก



รูปที่ 2.13 แสดงลายนิ้วมือชนิดโค้งกระโจม

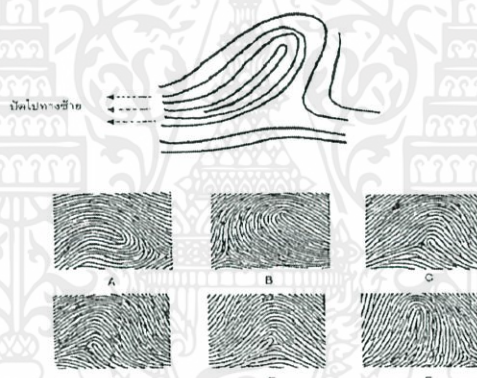
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มัดหวายปัดขวา(right slant loop) ลายพิมพ์นิ้วมือมัดหวายรูปใดที่มีปลายเส้นเกือบมาปิด ปลายไปทางมือขวา เรียกว่ามัดหวายปัดขวา



รูปที่ 2.14 แสดงลายนิ้วมือชนิดมัดหวายปัดขวา

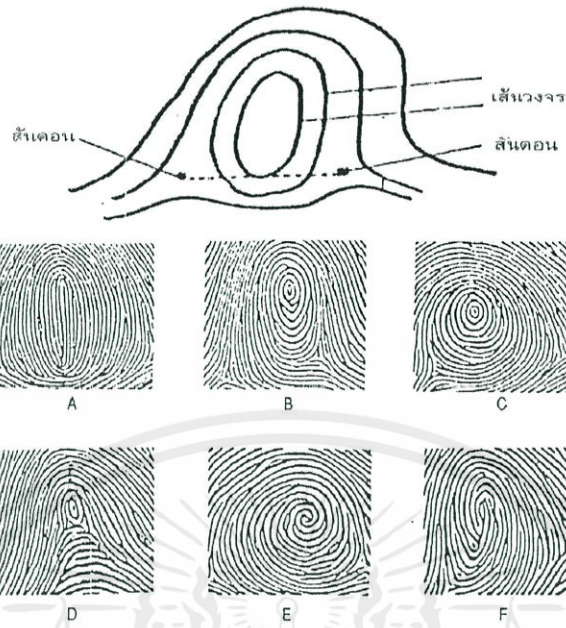
มัดหวายปัดซ้าย (left slant loop) ลายพิมพ์นิ้วมือมัดหวายรูปใดที่มีปลายเส้นเกือบมาปิด ปลายไปทางมือซ้าย เรียกว่ามัดหวายปัดซ้าย



รูปที่ 2.15 A, E และ F แสดงลายนิ้วมือชนิดมัดหวายปัดซ้าย B, C และ D แสดงลายนิ้วมือชนิดมัดหวายปัดขวา

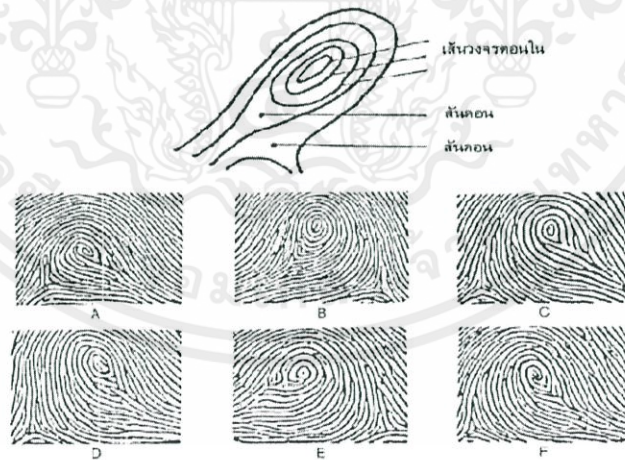
การเป็นมัดหวาย คือ ต้องมีสันคอนข้างใดข้างหนึ่งเพียงข้างเดียว ต้องมีเส้นวกกลับที่เห็นได้ชัดเจนอย่างน้อย 1 รูป และต้องมีจุดใจกลางและต้องนับเส้นจากจุดสันคอนไปถึงจุดใจกลางได้อย่างน้อย 1 เส้น โดยเส้นที่นับนี้ต้องเป็นเส้นของเส้นวกกลับที่สมบูรณ์อย่างน้อย 1 เส้น

ก้นหอยธรรมดา (plain whorl) คือ ลายนิ้วมือที่มีเส้นเวียนรอบเป็นวงจร วงจรนี้อาจมีลักษณะเหมือนลานนาฬิกา เหมือนรูปไข่ เหมือนวงกลม ลักษณะ สำคัญได้แก่ ต้องสันคอน 2 แห่ง และหน้าจุดสันคอนเข้าไปจะต้องมีรูปวงจรหรือเส้นเวียนอยู่ข้างหน้าจุดสันคอนทั้ง 2 จุด และถ้าลากเส้นสมมุติจากจุดสันคอนข้างหนึ่งไปยังสันคอนอีกข้างหนึ่ง เส้นสมมุติจะต้องสัมผัสเส้นวงจรหน้าจุดสันคอนทั้ง 2 ข้างอย่างน้อย 1 เส้น



รูปที่ 2.16 แสดงลายนิ้วมือชนิดก้นหอยธรรมดา

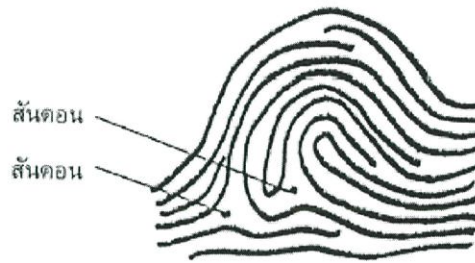
ก้นหอยกระเป๋ากลาง (central pocket loop whorl) คือ ลายนิ้วมือแบบก้นหอยธรรมดา นั่นเอง แต่ผิดกันตรงที่ลากเส้นสมมุติจากสันคอดนหนึ่งไปยังสันคอดนหนึ่ง เส้นสมมุติจะไม่สัมผัสกับเส้นวงจรที่อยู่ตอนใน



รูปที่ 2.17 แสดงลายนิ้วมือชนิดก้นหอยกระเป๋ากลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก้นหอยกระเปาะข้าง (lateral pocket loop) คือ ลายนิ้วมือชนิดมัดหวายคู่ แต่มีสันคองอยู่ข้างเดียวกัน



รูปที่ 2.18 แสดงลายนิ้วมือชนิดก้นหอยกระเปาะข้าง

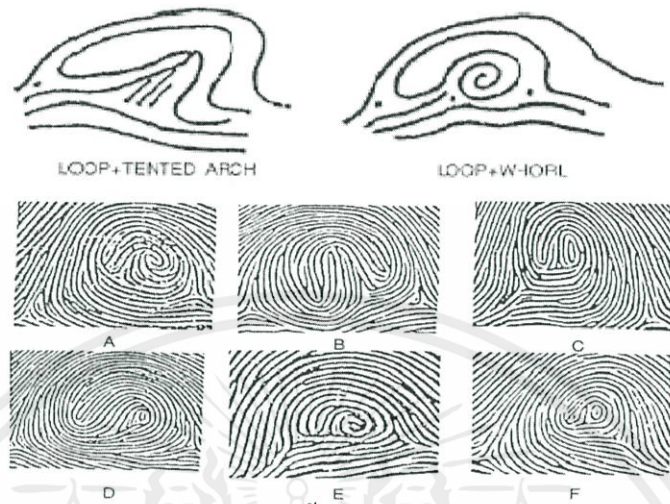
มัดหวายคู่ หรือมัดหวายแฝด (double loop/twin loop) คือ ลายนิ้วมือที่มีรูปคล้ายกับลายนิ้วมือแบบมัดหวาย 2 รูป มากอดหรือมากล้ำ กัน เป็นลายนิ้วมือที่มีสันคอง 2 สันคอง และมัดหวายไม่จำเป็นจะต้องมีขนาดเท่ากัน



รูปที่ 2.19 แสดงลายนิ้วมือชนิดมัดหวายคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบซับซ็อน (accidental whorl) เป็นลายนิ้วมือที่ประกอบด้วยลายนิ้วมือแบบผสมกันและมีสันคอน 2 สันคอน หรือมากกว่า ยกเว้นลายนิ้วมือที่ผสมกับโค้งราบจะไม่ใช้กันหอยซับซ็อน



รูปที่ 2.20 แสดงลายนิ้วมือแบบซับซ็อน

กล่าวโดยสรุป กันหอย (whorl) เป็นแบบแผนลายนิ้วมือที่พบประมาณ 30% ส่วนมัดหอยพบประมาณ 65% ที่เหลือจะเป็นแบบโค้งพิวหนังตรงบริเวณลายนิ้วมือ ฝ่ามือ นิ้วเท้า ฝ่าเท้า ของมนุษย์ประกอบด้วยลายเส้น 2 ชนิดคือ เส้นนูนและเส้นร่องซึ่งมีจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่แตกต่างกันไป

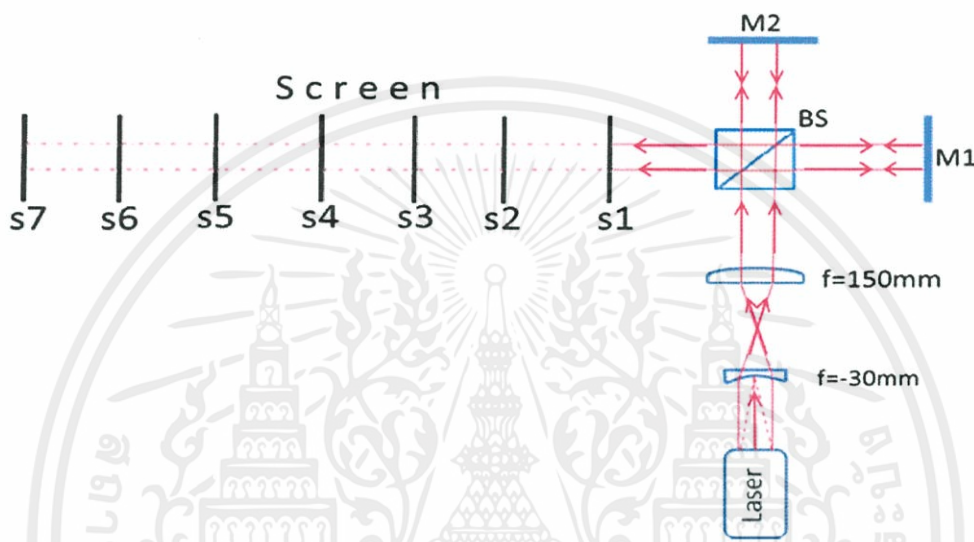
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบและวางแผนการจัดอุปกรณ์

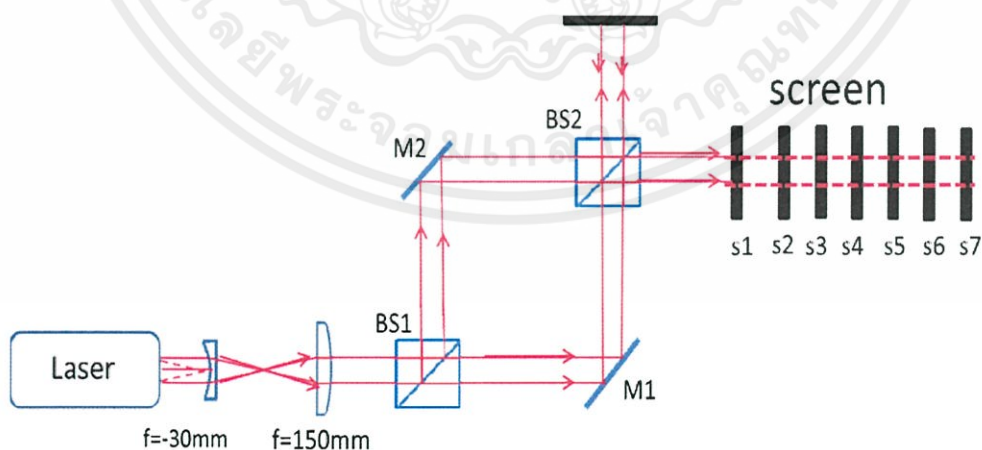
3.1.1 การตรวจสอบความยาวโคฮีเรนของเลเซอร์ไดโอดด้วยการทดลองของMichelson



รูปที่ 3.1 ภาพแสดงโคฮีเรนการทดลองของ Michelson

3.1.2 การตรวจสอบความยาวโคฮีเรนของเลเซอร์ไดโอดด้วยการทดลองของMach-

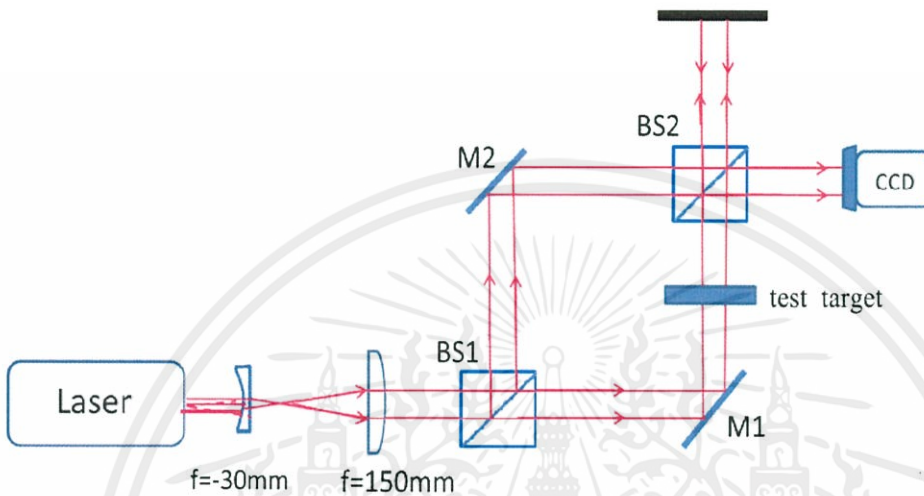
Zehnder



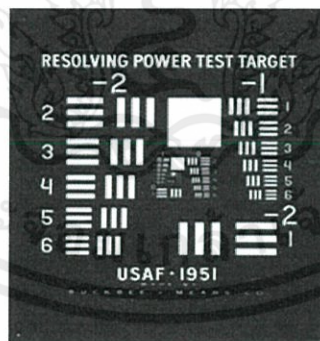
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 3.2 ภาพแสดงโคฮีเรนการทดลองของ Mach-Zehnder ครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การออกแบบไดอะแกรม Digital Holography(ถ่ายแผ่น Test Target)

ในการออกแบบของชุดอุปกรณ์ Digital Holography นั้น จะแสดงการจัดอุปกรณ์หลักในส่วนที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการออกแบบอย่างง่ายด้วยการทำงานบนพื้นฐานของ Holography จะแสดงดังภาพที่ 3.3 รูปไดอะแกรมของ Digital Holography



รูปที่ 3.3 ภาพแสดงไดอะแกรมของ Digital Holography(ถ่ายแผ่น Test Target)

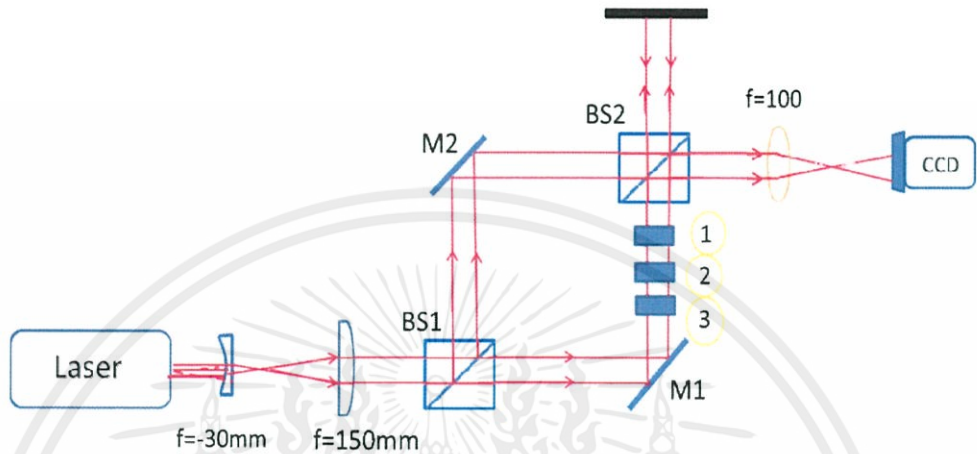


รูปที่ 3.4 แสดงภาพแผ่น test target

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การออกแบบโคโอะแกรม Digital Holography (ถ่ายแผ่น diffracting element)

โดยคำนึงอุปกรณ์ที่มีอยู่นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบการทำงานของ Digital Holography จะแสดงดังภาพที่ 3.5 รูปโคโอะแกรมของ Digital Holography



รูปที่ 3.5 แสดงโคโอะแกรมของ Digital Holography ในการถ่ายแผ่น diffracting element

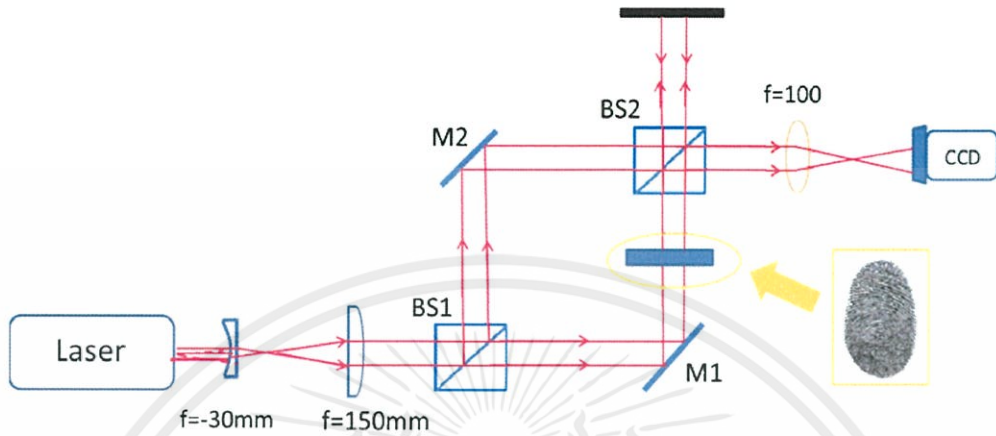


รูปที่ 3.6 แสดงแผ่น diffracting element

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

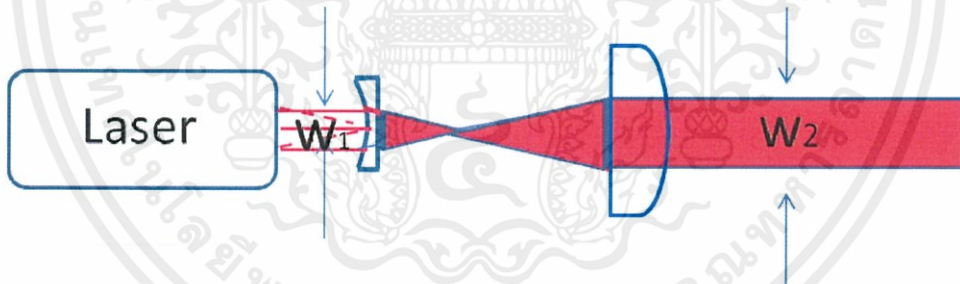
3.1.4 การออกแบบไดอะแกรม Digital Holography (ลายนิ้วมือ)

โดยคำนึงอุปกรณ์ที่มีอยู่นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบการทำงานของ Digital Holography จะแสดงดังภาพที่ 3.6 รูปไดอะแกรมของ Digital Holography



รูปที่ 3.7 แสดงไดอะแกรมของ Digital Holography ในการถ่ายลายนิ้วมือ

3.2 การออกแบบและคำนวณของระบบ Beam Expander



ภาพที่ 3.8 แสดงลักษณะของระบบ Beam Expander

สำหรับการออกแบบของ Beam Expander ในการทดลองนั้นจากเลนส์ตัวแรก จากรูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของระบบ Beam Expander (ทางซ้ายมือ) มีจุดโฟกัส 25 mm และเลนส์ตัวที่สอง จะมีจุดโฟกัส 75 mm จึงสามารถคำนวณหาระยะห่างจากเลนส์ทั้งสองได้จาก

$$\text{ระยะห่างของเลนส์} = \text{โฟกัสของเลนส์ตัวแรก} + \text{โฟกัสของเลนส์ตัวที่สอง}$$

ดังนั้นจากการออกแบบการทดลองทำให้ได้

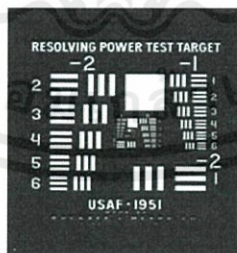
$$\begin{aligned} \text{ระยะห่างของเลนส์} &= -30\text{mm} + 150\text{mm} \\ &= 120 \text{ mm} \end{aligned}$$

ทำให้ในการจัดระยะห่างของเลนส์จึงต้องวางเลนส์ทั้งสองตัวให้ห่างกันเป็นระยะ 120 mm (หรือ 12 cm)แล้วคำนวณหาขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของแสงที่ถูกขยายจากรูปที่ 3.3 ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$w_2 = w_1 \left(\frac{f_2}{f_1} \right)$$

3.3 การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- 3.2.1 เลเซอร์ไดโอด
- 3.2.2 กระจกสะท้อนแสงขนาด 2 นิ้ว
- 3.2.3 เลนส์นูนแกมระนาบ $f=30 \text{ mm}$
- 3.2.4 เลนส์นูนแกมระนาบ $f=150 \text{ mm}$
- 3.2.5 กล้อง CCD: Sensor size 22.2x14.8mm, pixel size 6.4x6.4 μm
- 3.2.6 คอมพิวเตอร์
- 3.2.7 Beam splitter ขนาด 2 นิ้ว
- 3.2.8 วัตถุที่ต้องการถ่าย
- 3.2.9 glass slide
- 3.2.10 แผ่น USAF 195 (Test Target)



3.2.11 แผ่น diffracting element



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา หรือนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้จัดทำเอกสาร หากฝ่าฝืนจะดำเนินการฟ้องร้องดำเนินคดีตามกฎหมายต่อไป

3.4 วิธีการและขั้นตอนการดำเนินงาน

3.3.1 วางแผนการทำงานและระยะเวลาในการทดลอง

3.3.2 ศึกษาทฤษฎีและหลักการงานพื้นฐานของดิจิทัลโฮโลกราฟีรวมถึงศึกษาการทำงานและผลการทดลองของผู้ที่ได้ทำการศึกษามาก่อนเพื่อช่วยในการวางแผน

3.3.3 ทำการออกแบบในการทดลองซึ่งในการออกแบบนี้จะต้องขึ้นอยู่กับความพร้อมของอุปกรณ์ โดยยึดถือการทำงานพื้นฐานของดิจิทัลโฮโลกราฟีและการนำไปประยุกต์ใช้งาน

3.3.4 ทำการจับอุปกรณ์การตรวจสอบความยาวโคฮีเรนซ์ของเลเซอร์ไดโอดด้วยการทดลองของ Michelson และ Mach-Zehnder ดังรูปที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ แล้วบันทึกวีการแทรกสอดที่ระยะต่างๆเพื่อใช้สำหรับพิจารณาระยะในการวางอุปกรณ์ของระบบ Digital Holography

3.3.5 ทำการจับอุปกรณ์ของระบบดิจิทัลโฮโลกราฟีดังรูปที่ 3.3 ด้วยการถ่ายภาพผ่านกล้อง CCD เพื่อทดสอบการส่งผ่านของแสงบนแผ่น USAF 195 (Test Target) แล้วจากนั้นนำมาประมวลผล (ถอดภาพ) ด้วยโปรแกรม Matlab

3.3.6 ทำการจับอุปกรณ์ของระบบดิจิทัลโฮโลกราฟีดังรูปที่ 3.4 ด้วยการถ่ายภาพลายนิ้วผ่านกล้อง CCD แล้วจากนั้นนำมาประมวลผล (ถอดภาพ) ด้วยโปรแกรม Matlab

3.3.7 ทำการจับอุปกรณ์ของระบบดิจิทัลโฮโลกราฟีดังรูปที่ 3.5 ด้วยการถ่ายภาพผ่านกล้อง CCD เพื่อทดสอบการส่งผ่านของแสงบนแผ่น diffracting element แล้วจากนั้นนำมาประมวลผล (ถอดภาพ) ด้วยโปรแกรม Matlab

3.3.8 ทำการจับอุปกรณ์ของระบบดิจิทัลโฮโลกราฟีดังรูปที่ 3.6 ด้วยการถ่ายภาพลายนิ้วผ่านกล้อง CCD แล้วจากนั้นนำมาประมวลผล (ถอดภาพ) ด้วยโปรแกรม Matlab

3.3.9 บันทึกผลการทดลองแล้วพิจารณาลักษณะของลายนิ้วมีรูปแบบต่างๆ

3.3.10 สรุปผลการทำงานและการทดลองของอุปกรณ์

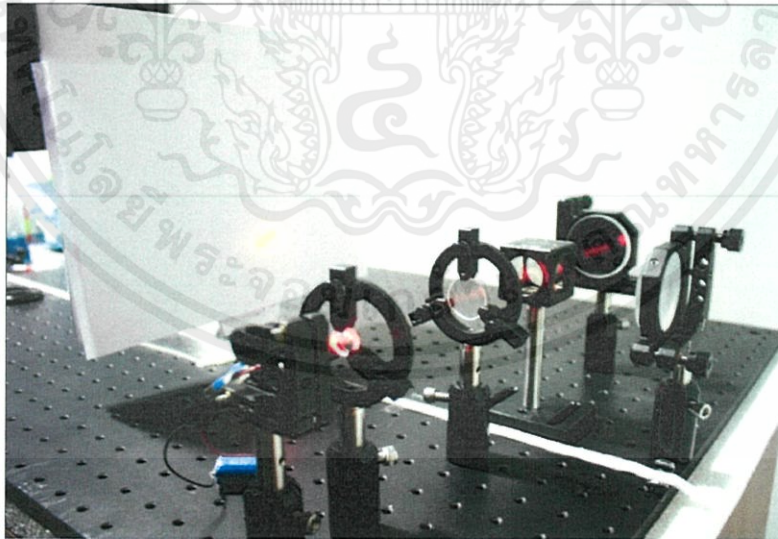
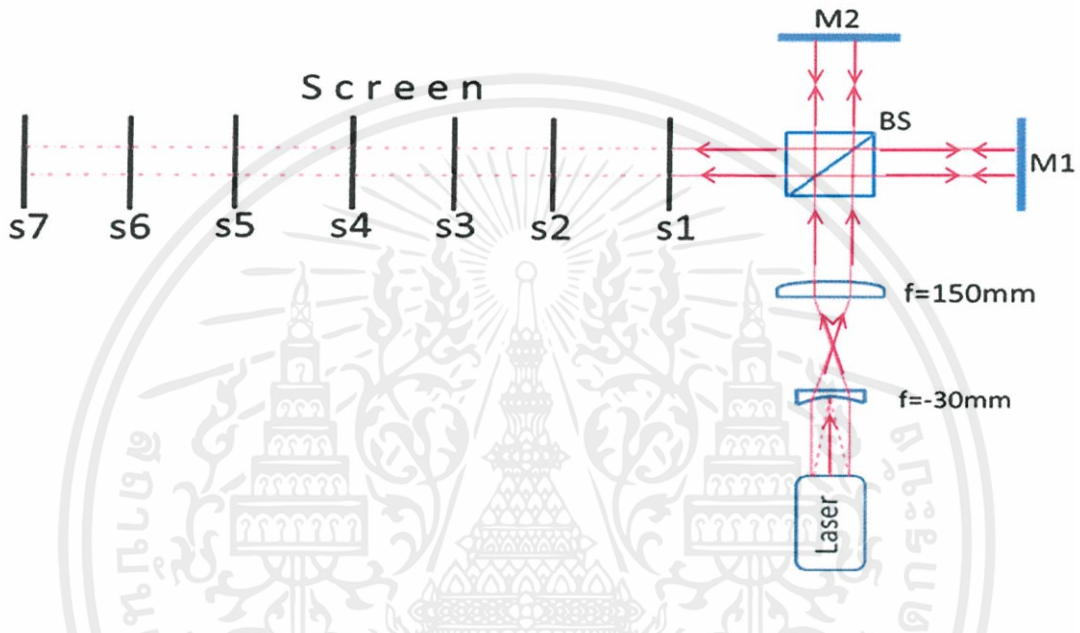
3.3.11 เสนอแนะวิธีการทดลองและการปรับปรุงเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น พร้อมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาและวิธีการพัฒนาของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

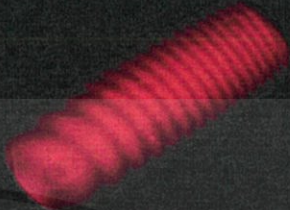

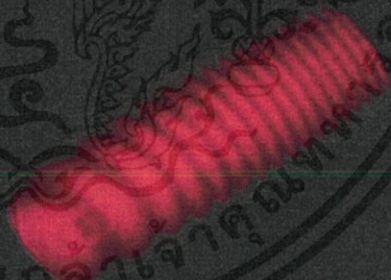
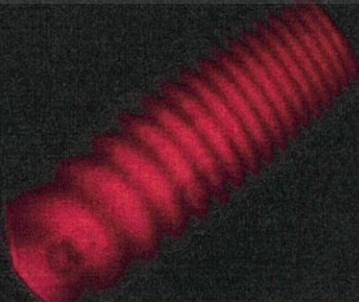
4.1 ใช้หลักการของ Michelson ศึกษาการเกิดริ้วแทรกสอดของเลเซอร์ไดโอดที่ระยะต่างๆ เพื่อเป็นส่วนที่นำมาใช้ในการถ่ายภาพลายนิ้วมือ



รูปที่ 4.1 แสดงภาพไดอะแกรมของ Michelson ที่ทำการทดลอง

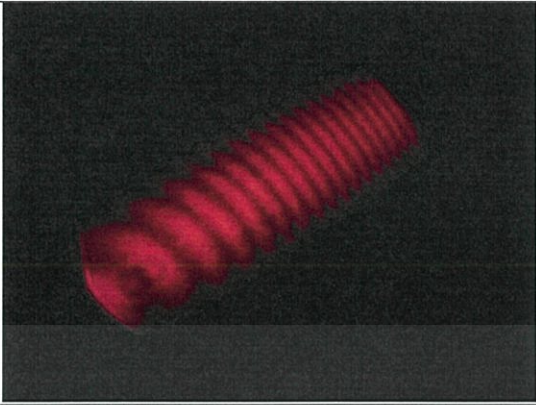


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลที่ได้จากการทดลองของ Michelson

| ลำดับ | ระยะ(cm) | ผลที่ได้ |
|-------|----------|--|
| 1 | 10 |  |
| 2 | 20 |  |
| 3 | 30 |  |
| 4 | 40 |  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่

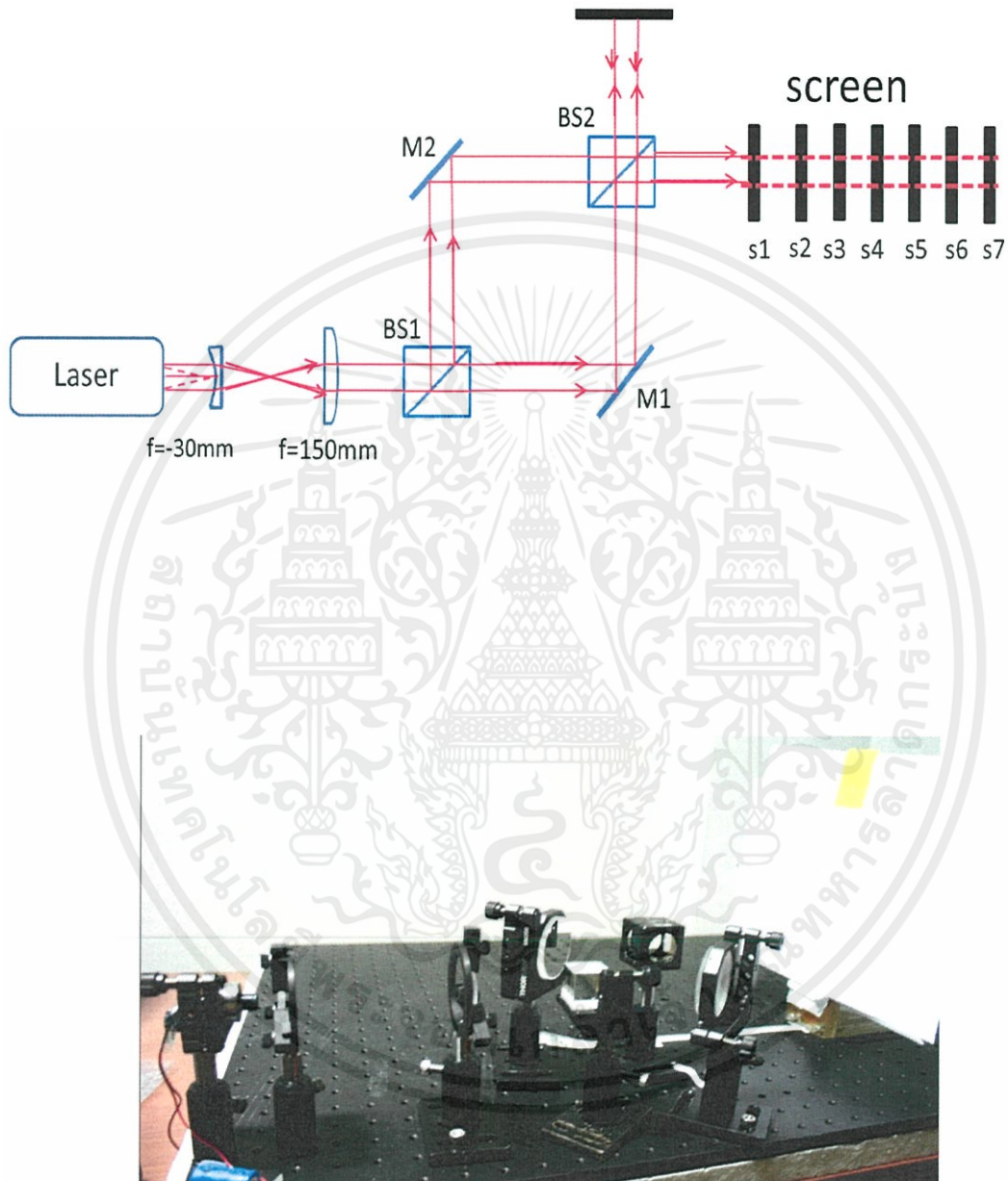
ะโยชน์ด้านการค้า
การนำไปใช้

| ลำดับ | ระยะ(cm) | ผลที่ได้ |
|-------|----------|--|
| 5 | 50 |  |
| 6 | 60 |  |
| 7 | 70 |  |

จากการทดลองตามหลักของMichelsonแสดงผลดังตารางที่ 1 จะสังเกตได้ว่าที่ระยะ 60-70 cm เป็นช่วงที่ความยาวโคฮีเรนต์และเฟสมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจากภาพที่ได้ในระยะดังกล่าวอาจจะแสดงผลที่ไม่ชัดเจนมากนักแต่สามารถสังเกตได้ขณะที่ทำการทดลองว่าริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นมีการเปลี่ยนแปลง นั่นหมายความว่าในช่วงที่หาค่าช่วงความยาวโคฮีเรนต์และเฟส ดังนั้นเราจึงเลือกใช้งานในช่วงระยะ 10-50 cm เพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นส่วนที่นำมาใช้ในการถ่ายภาพลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


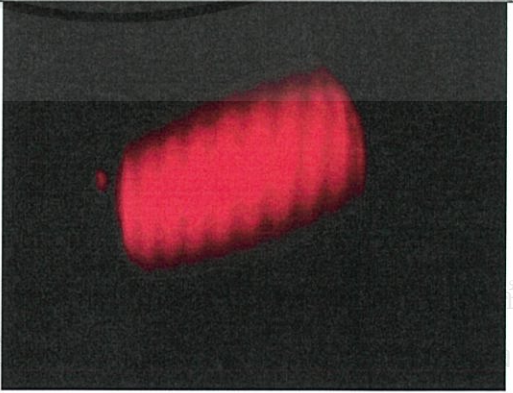
4.2 ใช้หลักการ Mach-Zehnder ศึกษาการเกิดริ้วแทรกสอดของเลเซอร์ได้อัตที่ระยะต่างๆ เพื่อเป็นส่วนที่นำมาใช้ในการถ่ายภาพลายนิ้วมือ



รูปที่ 4.2 แสดงภาพไดอะแกรมของ Mach-Zehnder ที่ทำการทดลอง

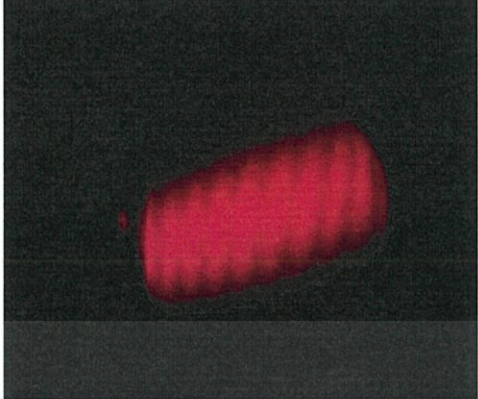
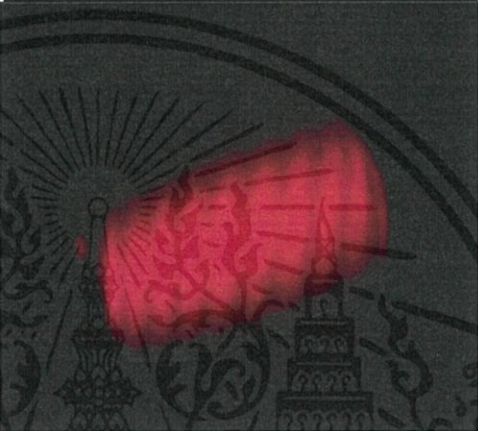
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลที่ได้จากการทดลองของ Mach-Zehnder

| ลำดับ | ระยะ (cm) | ผลที่ได้ |
|-------|-----------|--|
| 1 | 10 |  |
| 2 | 20 |  |
| 3 | 30 |  |
| 5 | 50 |  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลง

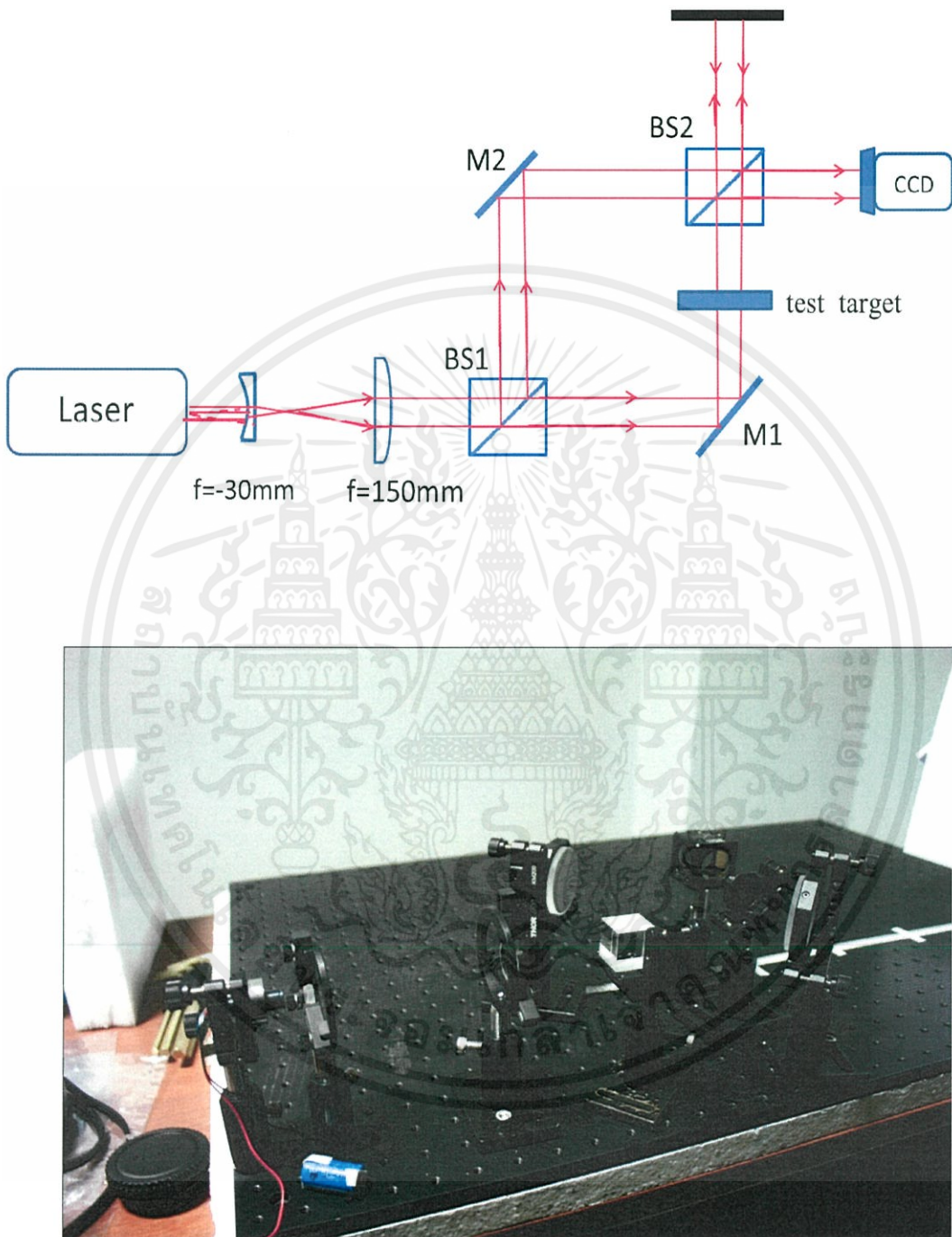
ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ที่มีการนำไปใช้

| ลำดับ | ระยะ(cm) | ผลที่ได้ |
|-------|----------|---|
| 6 | 60 |  |
| 7 | 70 |  |

จากการทดลองตามหลักของMach-Zehnderแสดงผลดังตารางที่ 2 จะสังเกตได้ว่าที่ระยะ - 60-70 cm เป็นช่วงที่ความยาวโคฮีเรนซ์และเฟสมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจากภาพที่ได้ในระยะดังกล่าว อาจจะแสดงผลที่ไม่ชัดเจนมากนักแต่สามารถสังเกตได้ขณะที่ทำการทดลองว่าเร็วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นมีการเปลี่ยนแปลง นั่นหมายความว่าในช่วงที่หลุดช่วงความยาวโคฮีเรนซ์และเฟส ดังนั้นเราจึงเลือกใช้งานในช่วงระยะ 10-50 cm เพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นส่วนที่นำมาใช้ในการถ่ายภาพลายนิ้วมือ

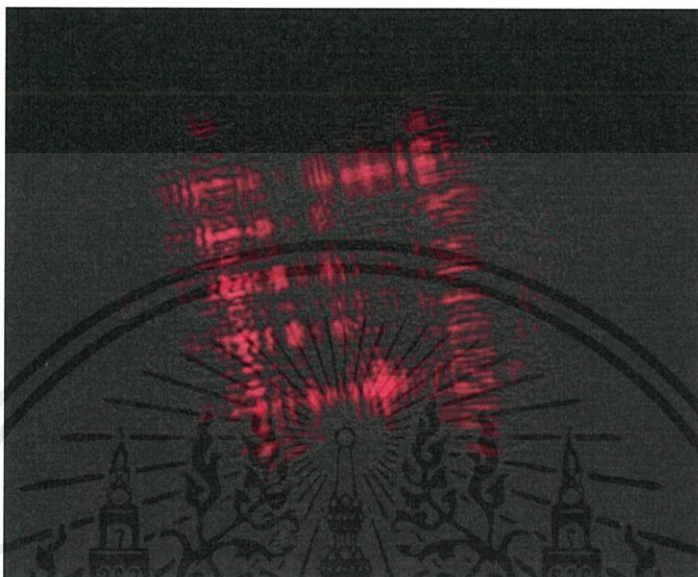
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การถ่ายแผ่น test target ด้วยวิธีของ Digital Holography

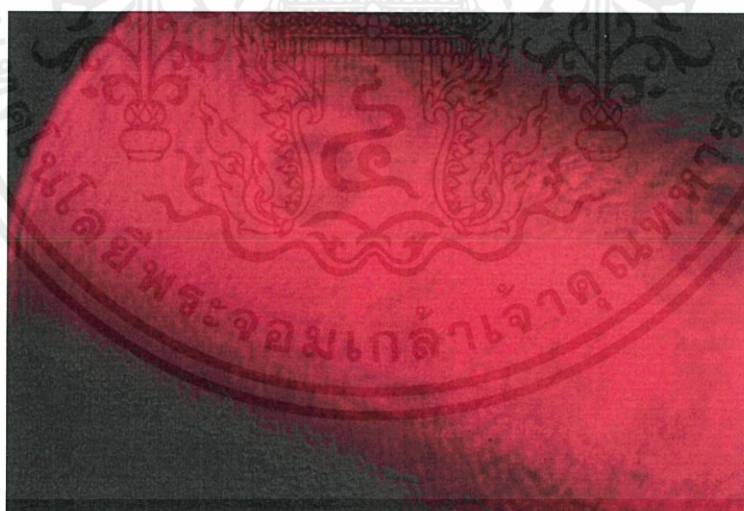


รูปที่ 4.3 แสดงไดอะแกรมการถ่ายแผ่น test target ที่ทำการทดลอง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองเมื่อทำการถ่ายภาพของวัตถุ(แผ่น Test Target) จะได้ดังภาพที่ 4.5 ส่วนการถ่ายภาพของแนวอ้างอิง (Reference) แสดงดังรูปที่ 4.6 และการถ่ายภาพแผ่น Test Target ด้วยวิธีของ Digital Holography แสดงดังรูปที่ 4.7

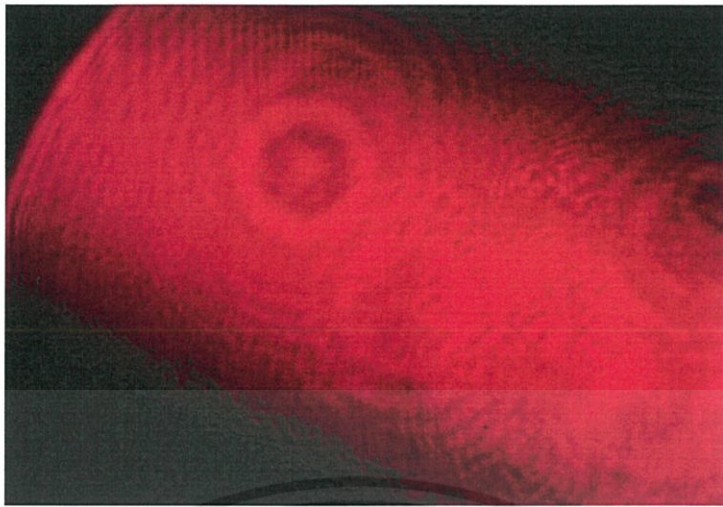


รูปที่ 4.4แสดงภาพของวัตถุ (แผ่น Test Target)ที่ได้จากการทดลอง



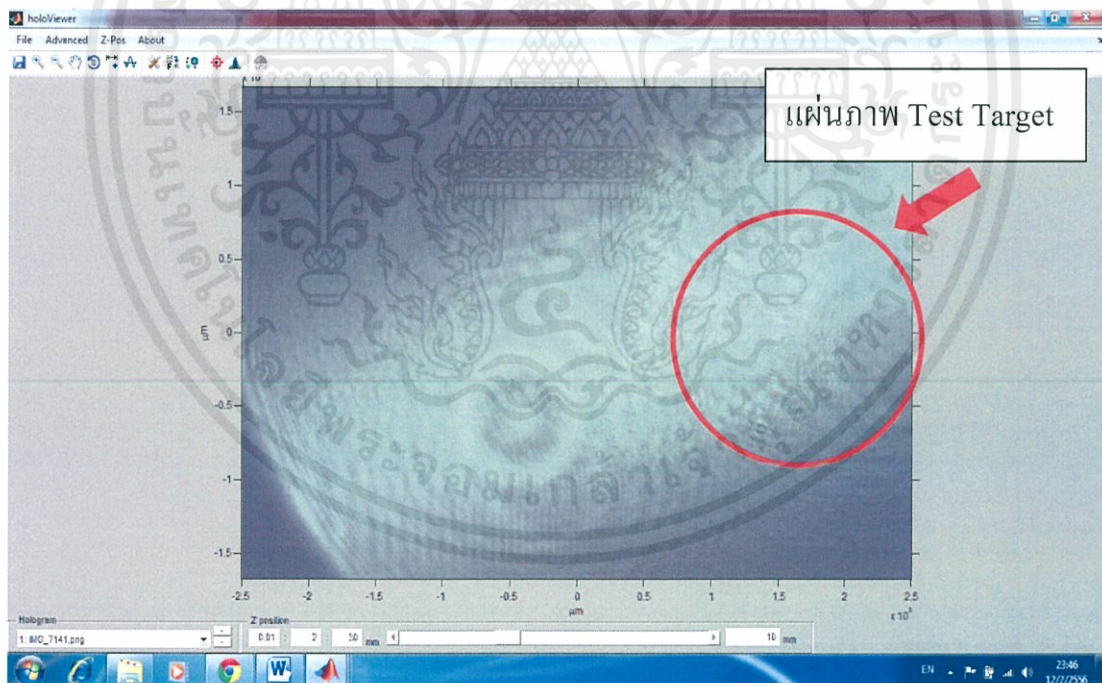
รูปที่ 4.5แสดงภาพของแนวอ้างอิง(reference)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงภาพของแผ่น Test Target ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography

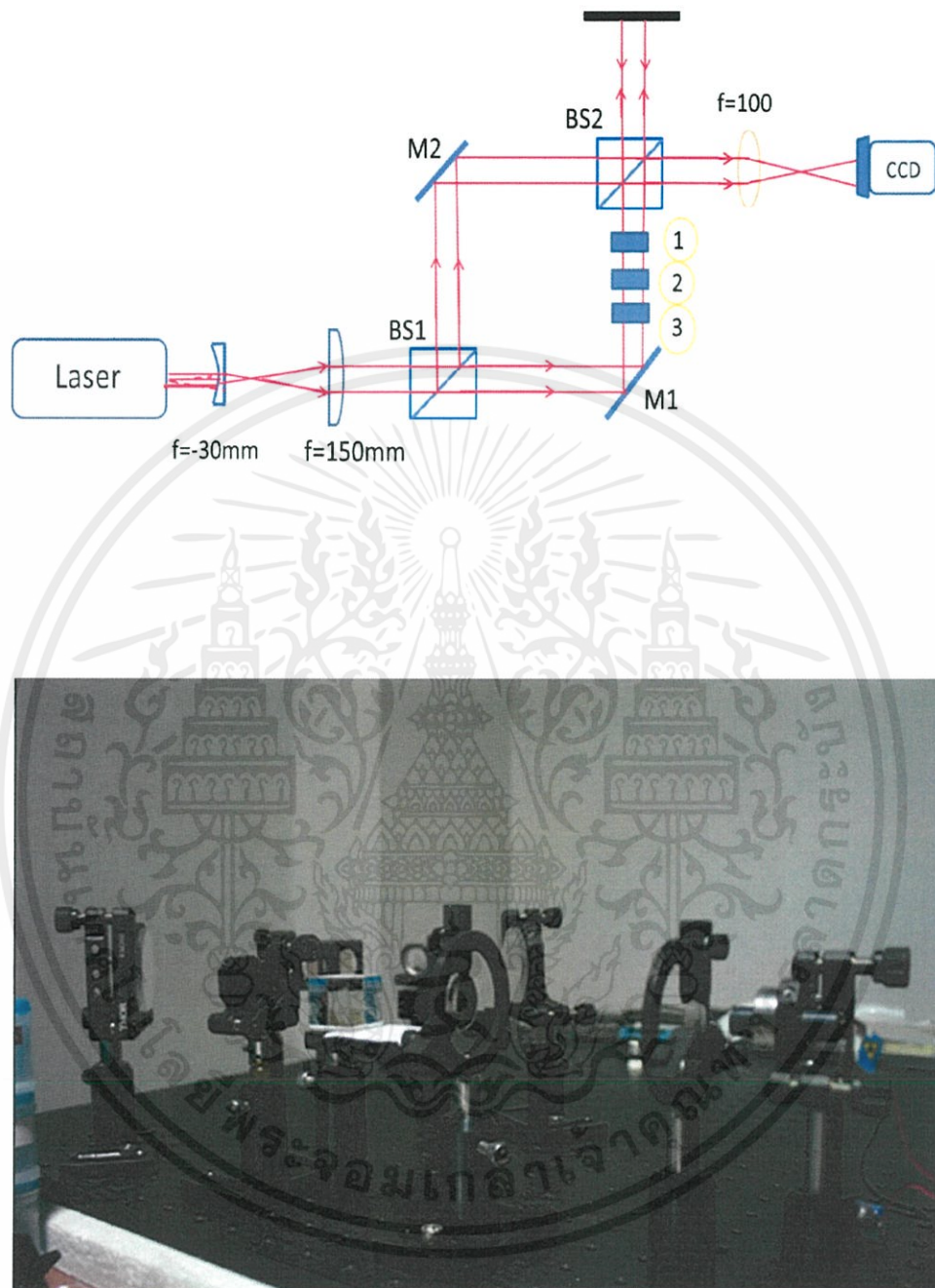
เมื่อทำการถ่ายภาพได้แล้ว ก็นำภาพที่ได้นั้นมาประมวลผล (ถอดภาพ) ด้วยโปรแกรม Matlab โดยภาพที่นำมาประมวลผลนั้นจะต้องเป็นภาพที่มีการบันทึกทั้งแนวอ้างอิงและวัตถุอยู่ในภาพเดียวกัน นั่นคือรูปที่ 4.7 เมื่อผ่านการประมวลผลได้แล้วแสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 แสดงภาพที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม Matlab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การถ่ายแผ่น diffracting element ด้วยวิธีของ Digital Holography



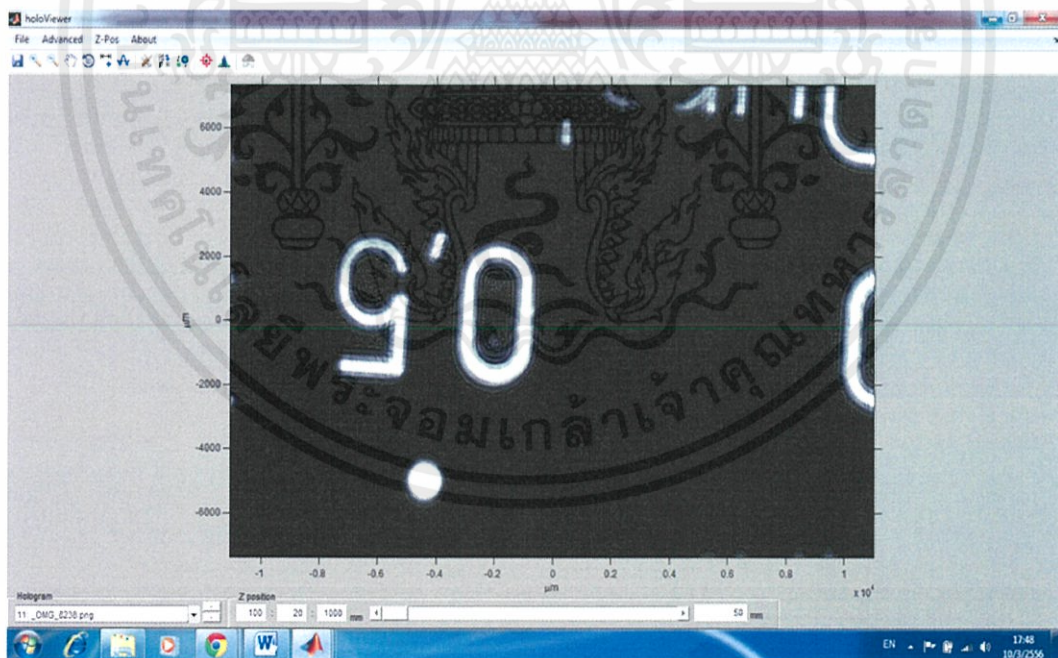
รูปที่ 4.8 แสดงไดอะแกรมการถ่ายแผ่น diffracting element ที่ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 วัตถุวางอยู่ตรงตำแหน่งที่ 1 ของไดอะแกรมรูปที่ 4.8

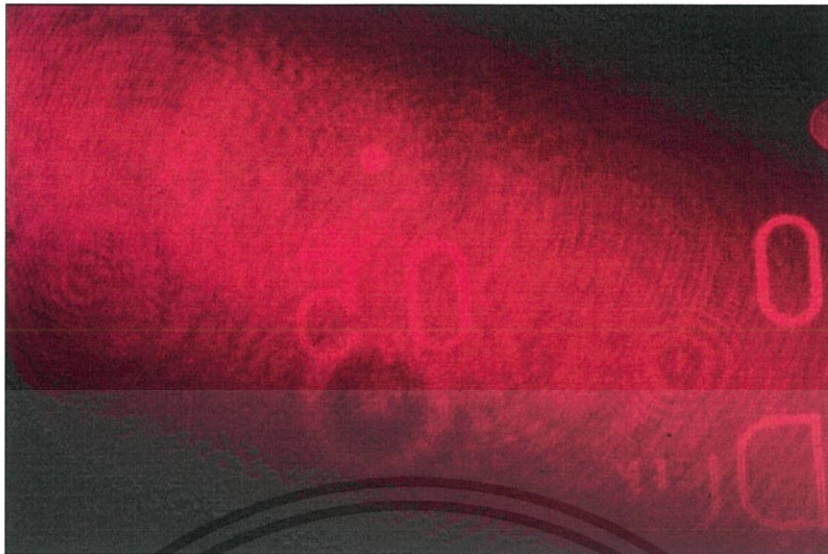


รูปที่ 4.9 แสดงภาพของวัตถุ (diffracting element) ที่ได้จากการทดลอง

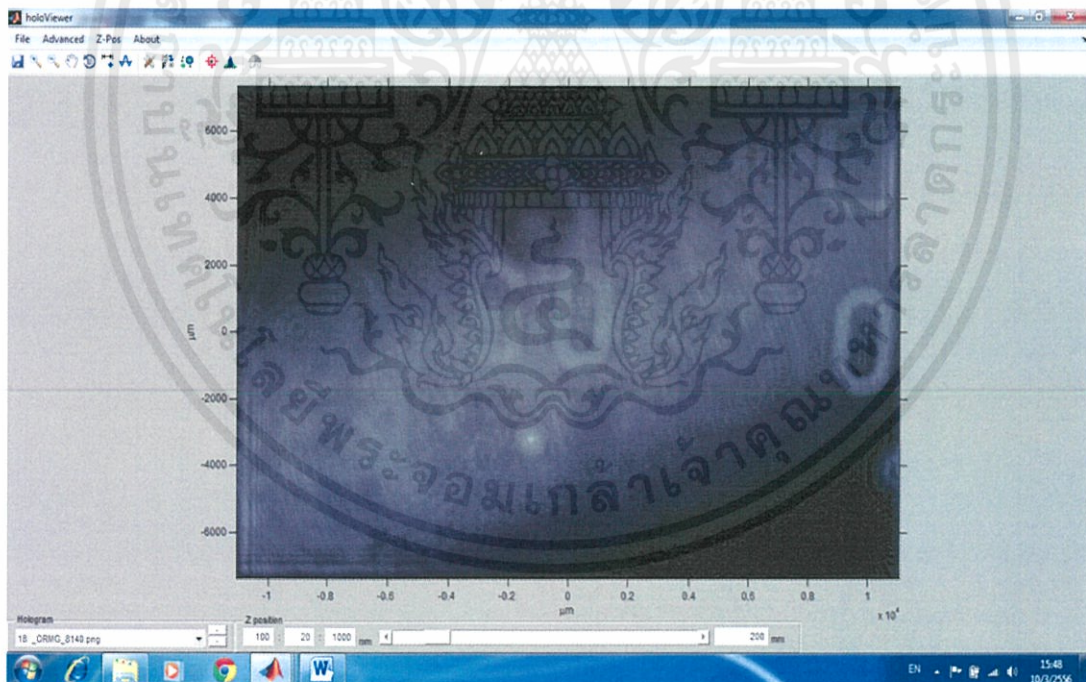


รูปที่ 4.10 แสดงภาพของวัตถุ (diffracting element) ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



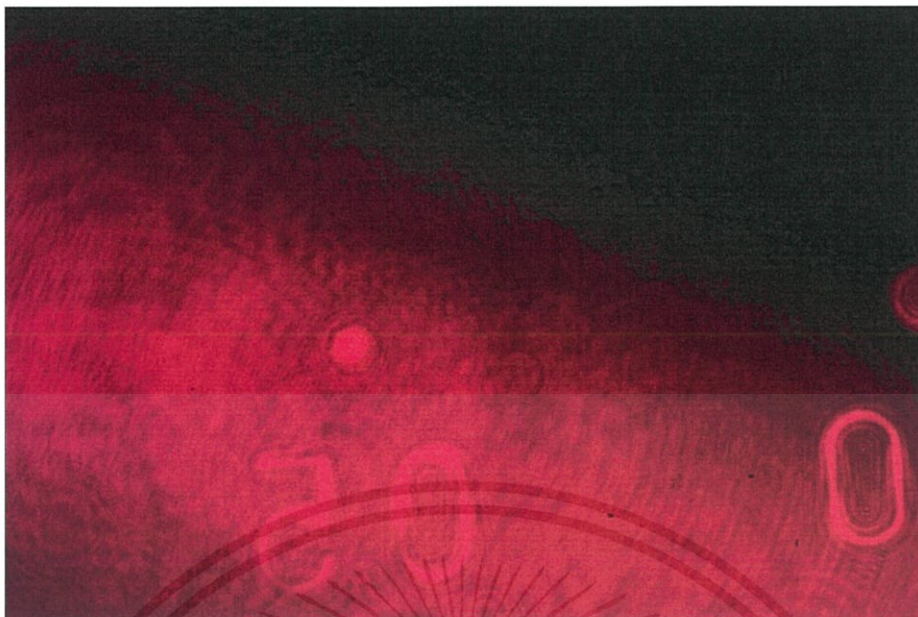
รูปที่ 4.11 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography



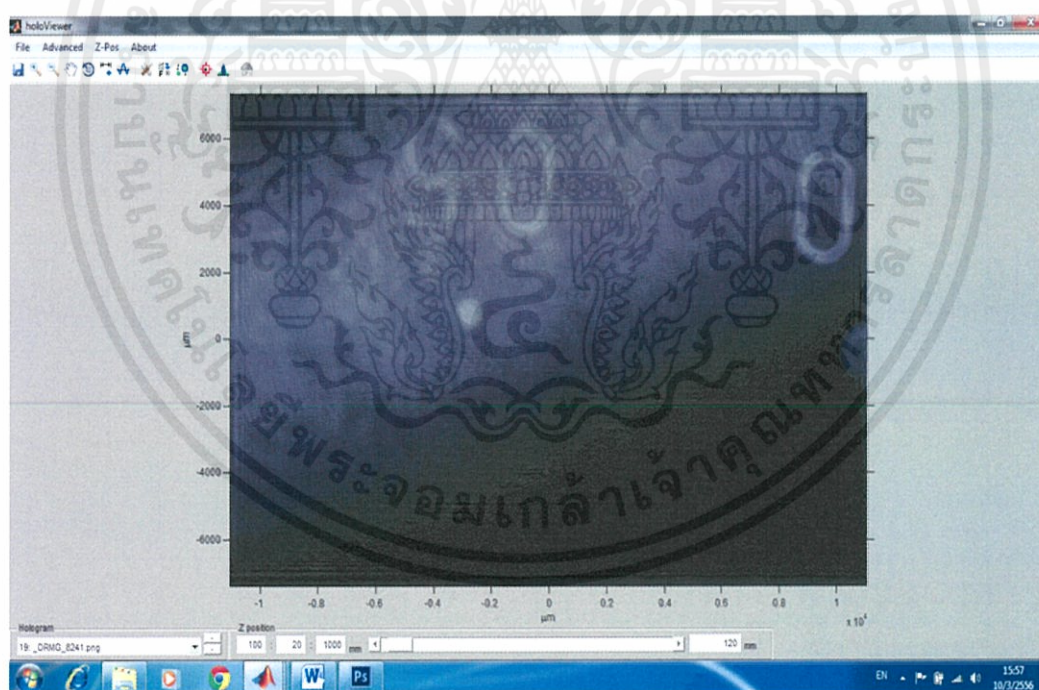
รูปที่ 4.12 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography ที่

ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

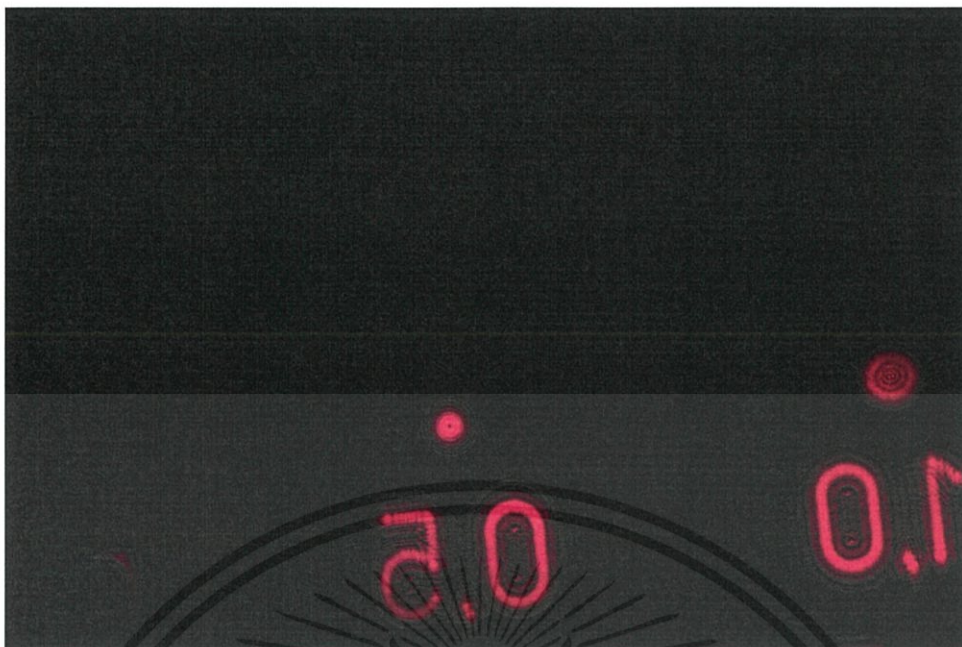


รูปที่ 4.15 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography

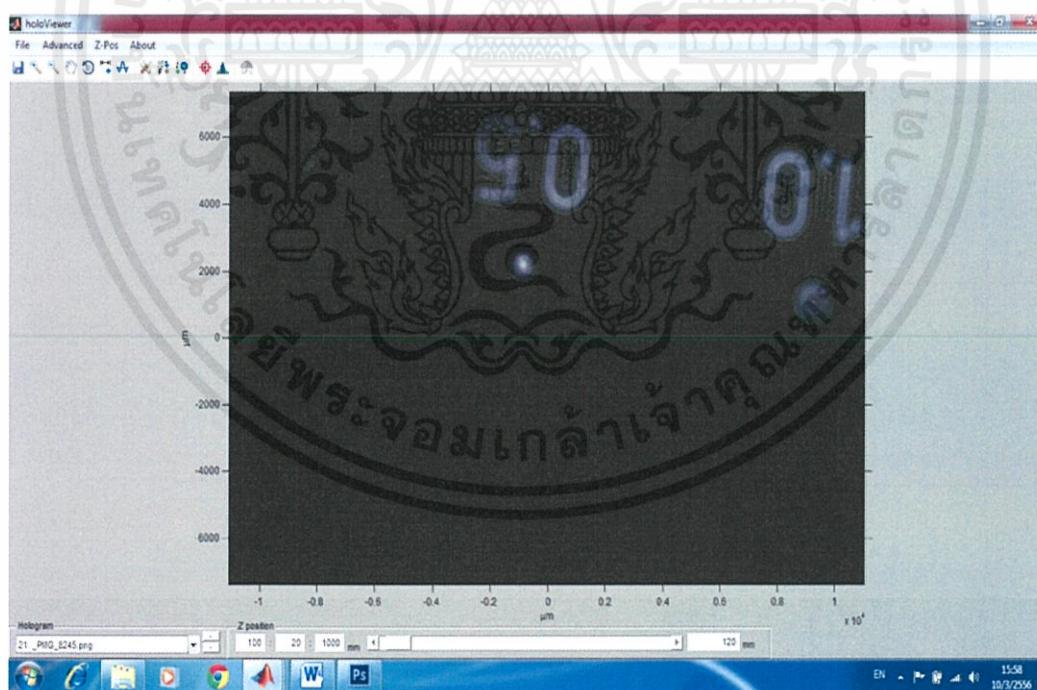


รูปที่ 4.16 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography
ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

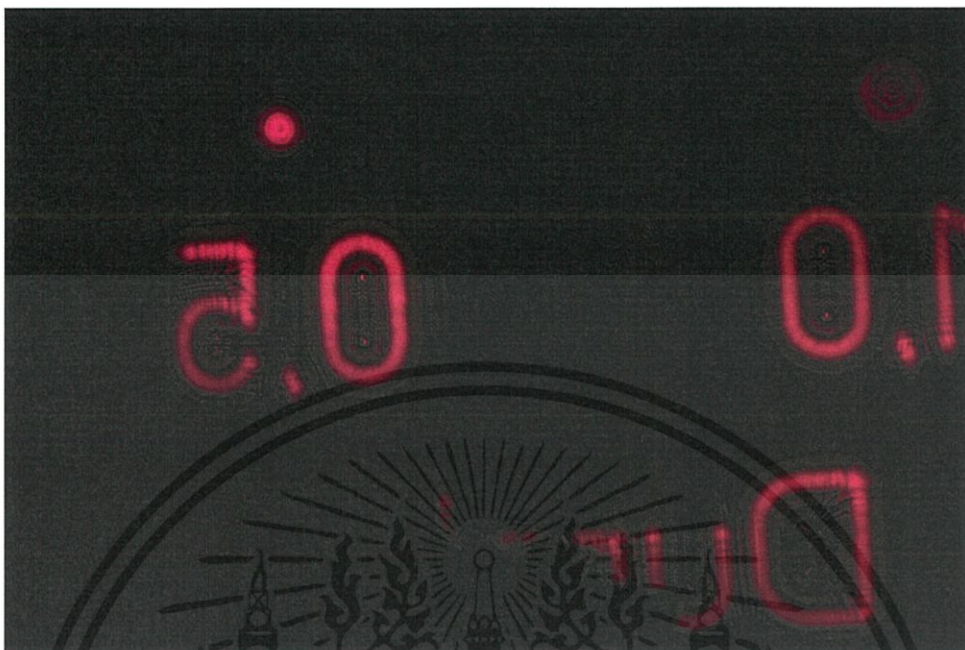


รูปที่ 4.17 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography โดยมีการกรองแนวลำแสงอ้างอิงด้วยกระดาษไข

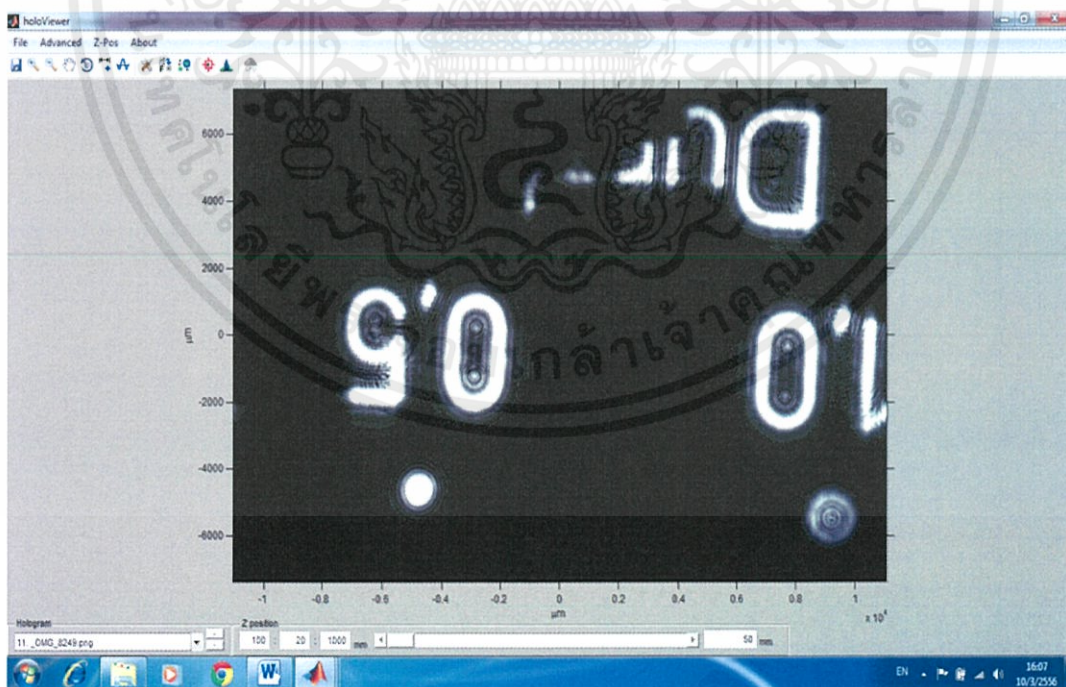


รูปที่ 4.18 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography โดยมีการกรองแนวลำแสงอ้างอิงด้วยกระดาษไข ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับงานวิจัยเท่านั้น ไม่เอามาเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 วัตถุวางอยู่ตรงตำแหน่งที่ 1 ของไดอะแกรมรูปที่ 4.8

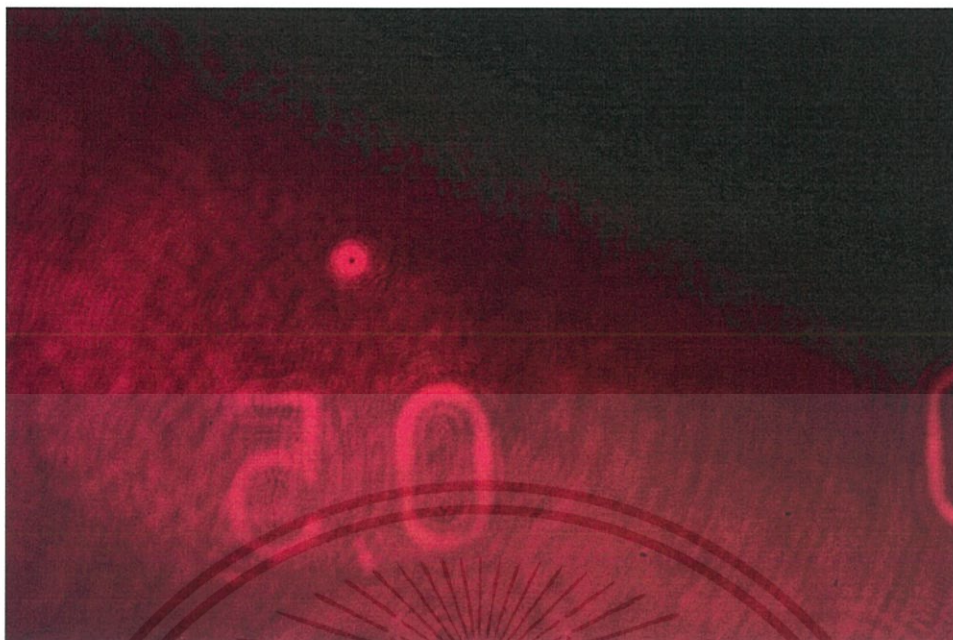


รูปที่ 4.19 แสดงภาพของวัตถุ (diffracting element) ที่ได้จากการทดลอง

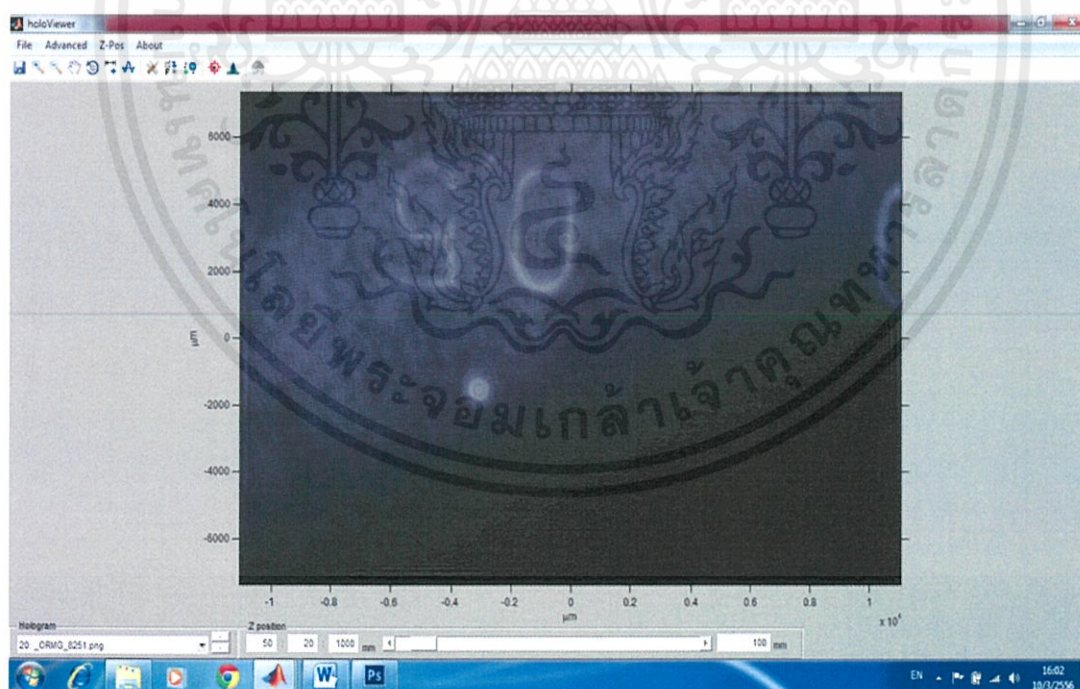


รูปที่ 4.20 แสดงภาพของวัตถุ (diffracting element) ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม

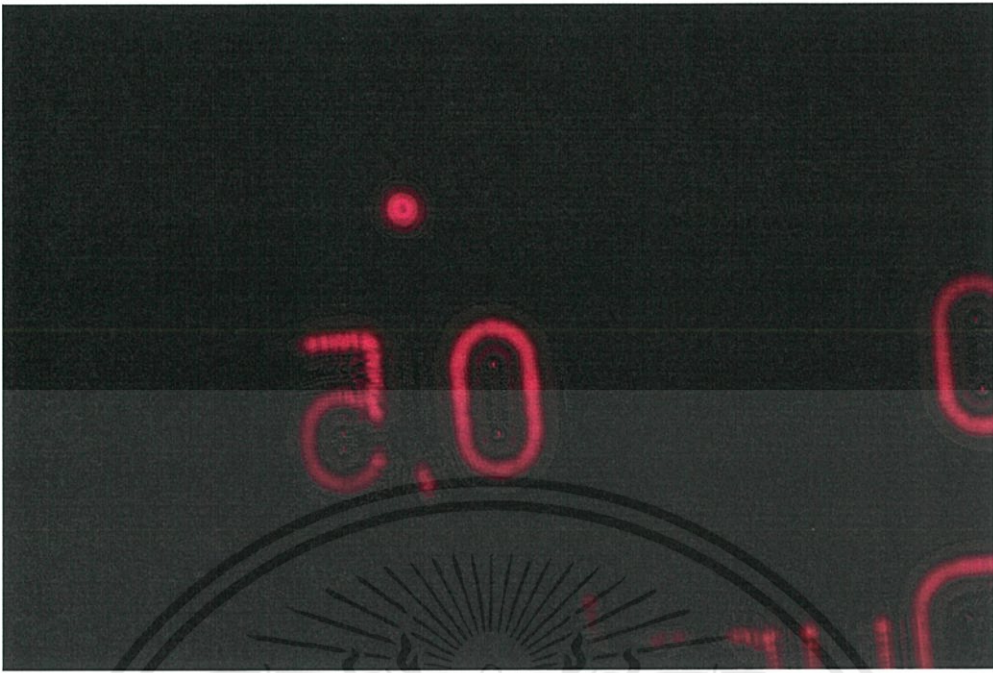
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งตามที่เรานำไปใช้



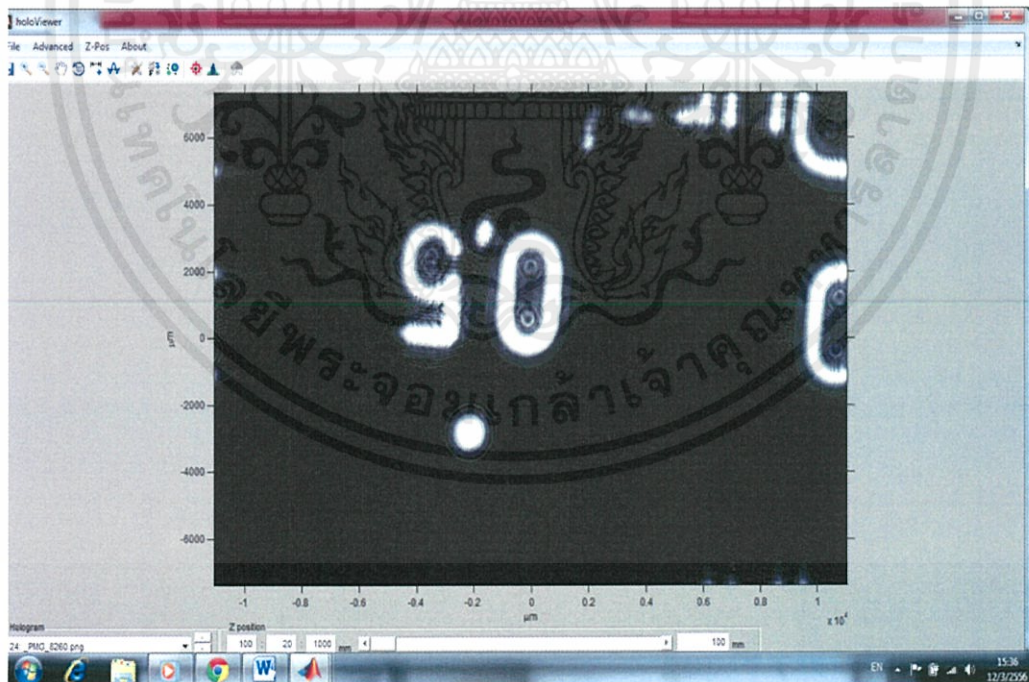
รูปที่ 4.21 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography



รูปที่ 4.22 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม

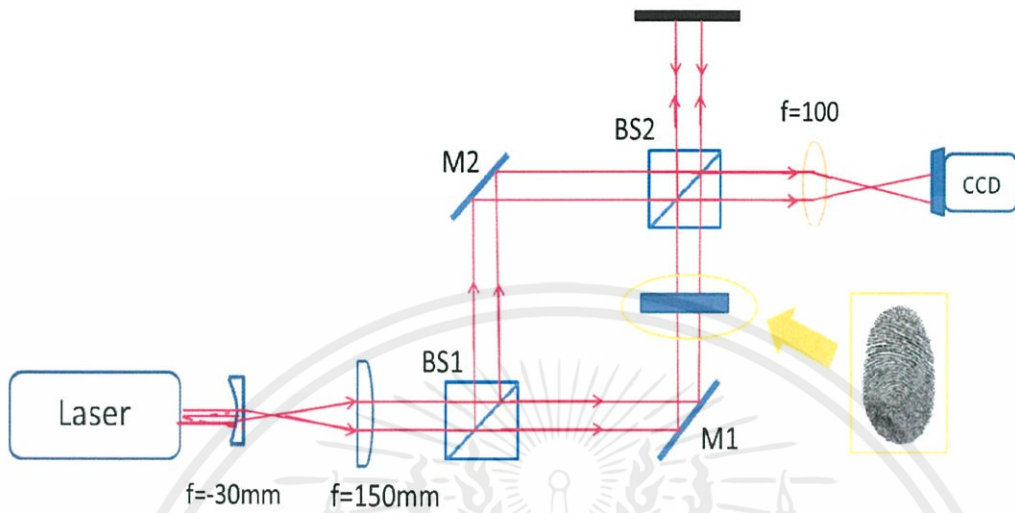


รูปที่ 4.23 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography โดยมีการกรองแนวลำแสงอ้างอิงด้วยกระดาษไข



รูปที่ 4.24 แสดงภาพของแผ่น diffracting element ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography โดยมีการกรองแนวลำแสงอ้างอิงด้วยกระดาษไข ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม

4.5 การถ่ายลายนิ้วมือ ด้วยวิธีของ Digital Holography



รูปที่ 4.25 แสดงไดอะแกรมการถ่ายลายนิ้วมือที่ทำการทดลอง

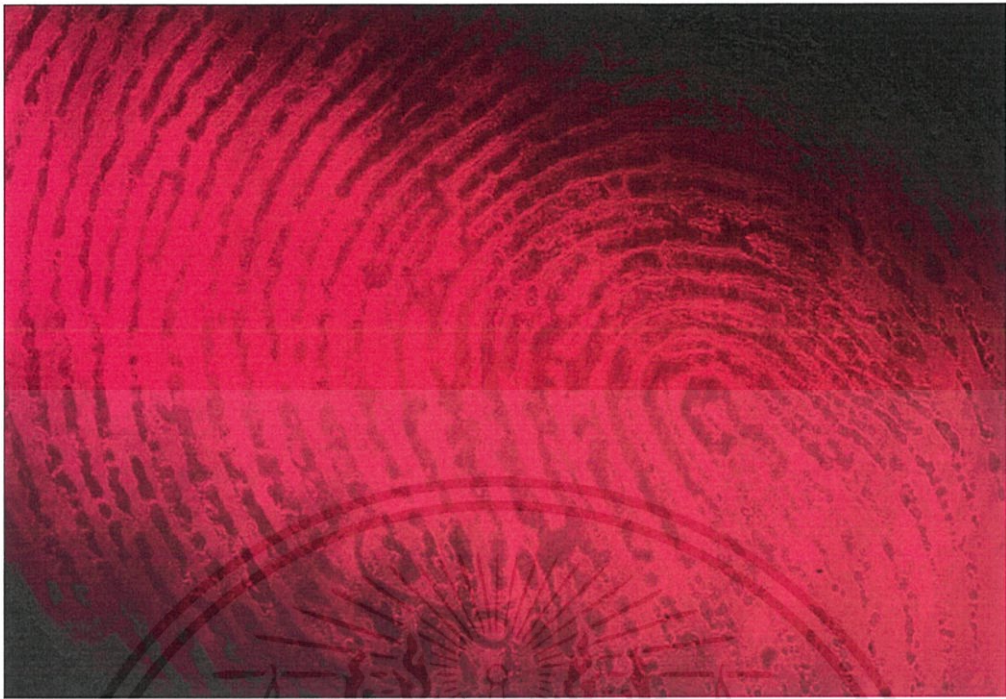
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



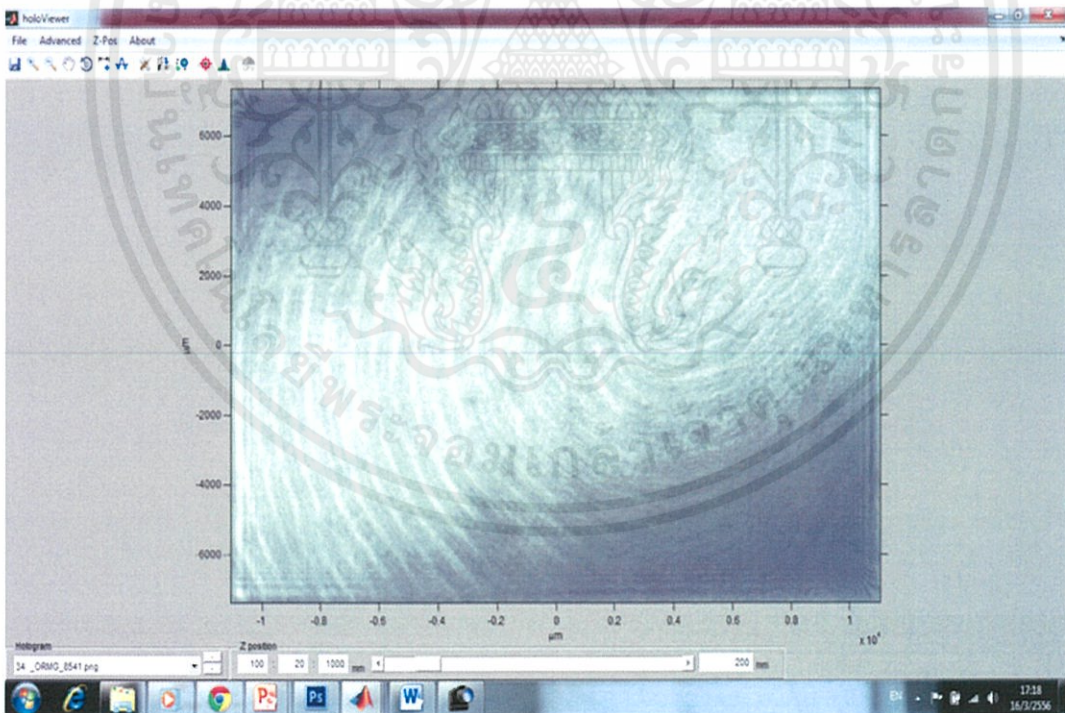
รูปที่ 4.26 แสดงภาพของของวัตถุ (ลายนิ้วมือ) ที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 4.27 แสดงภาพของวัตถุ (ลายนิ้วมือ) ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม



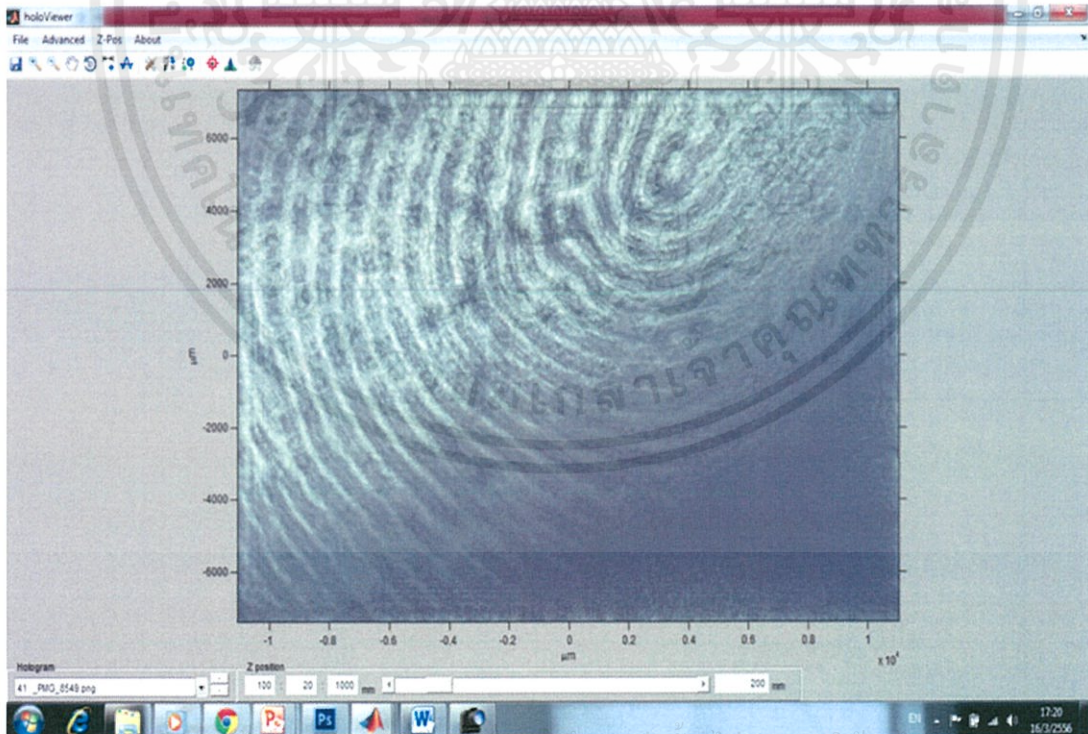
รูปที่ 4.28 แสดงภาพของวัตถุ (ลายนิ้วมือ) ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography



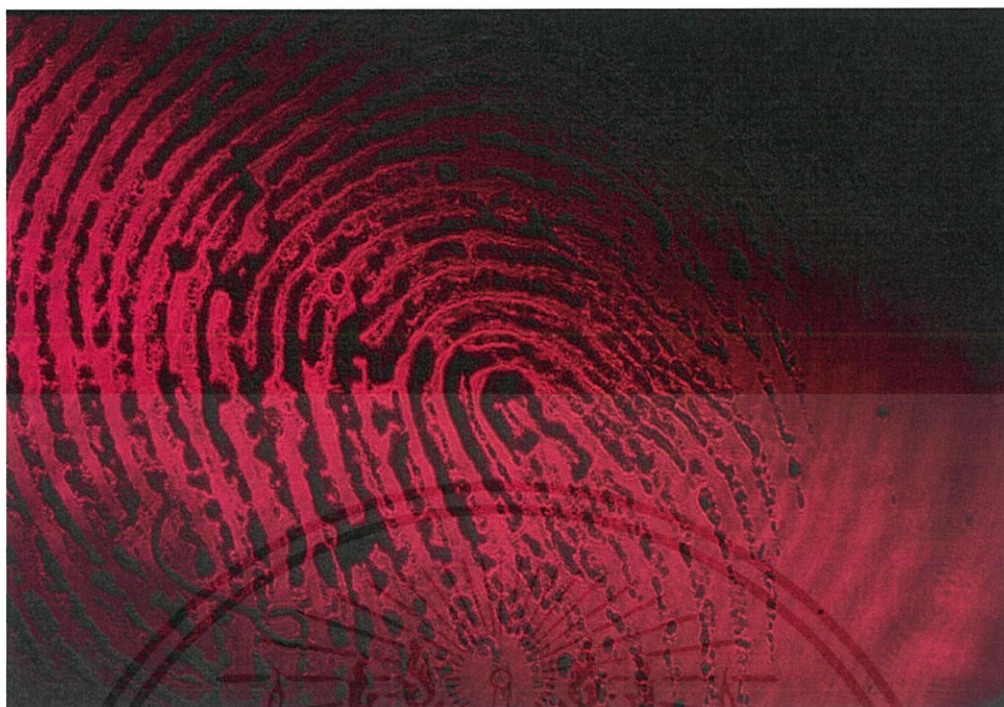
รูปที่ 4.29 แสดงภาพของวัตถุ (ลายนิ้วมือ) ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography ที่ได้ผ่าน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การประมวลผลด้วยโปรแกรม ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



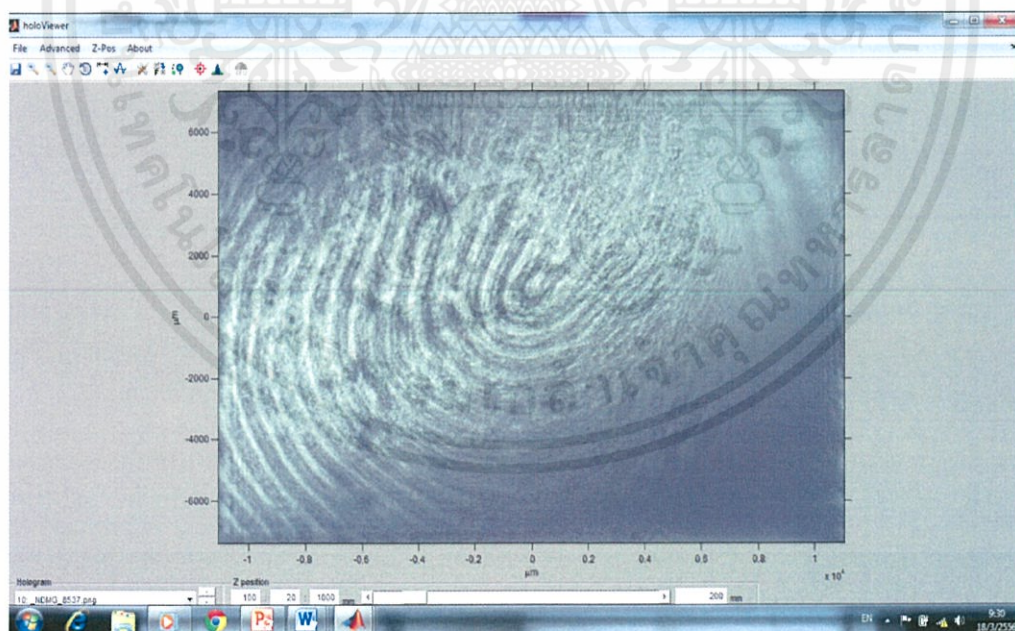
รูปที่ 4.30 แสดงภาพของวัตถุ (ลายนิ้วมือ) ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography โดยมีการกรองแนวลำแสงอ้างอิงด้วยกระดาษไข



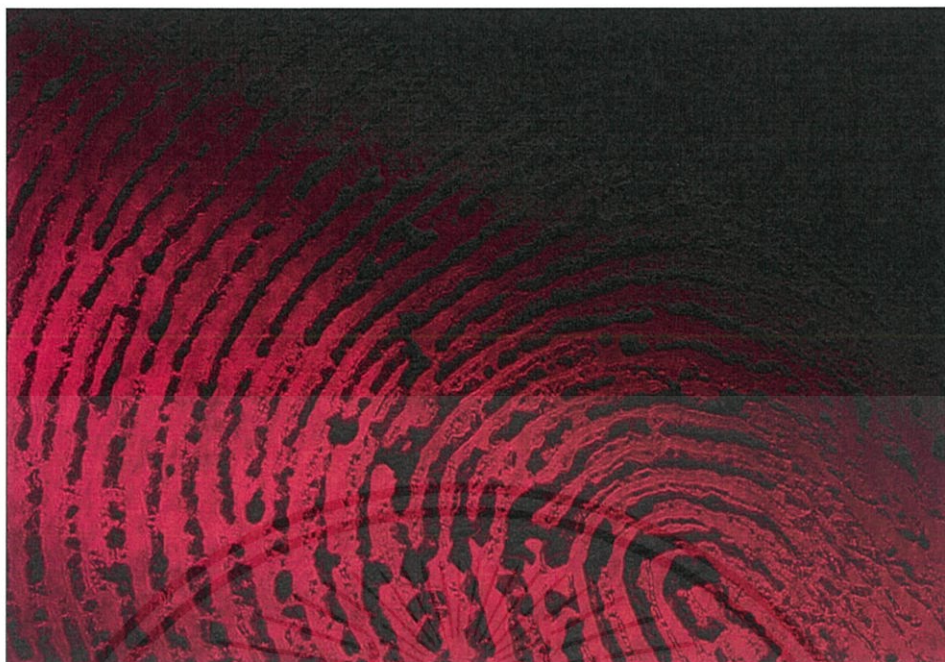
รูปที่ 4.31 แสดงภาพของวัตถุ (ลายนิ้วมือ) ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography โดยมีการกรองแนวลำแสงอ้างอิงด้วยกระดาษไขได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม



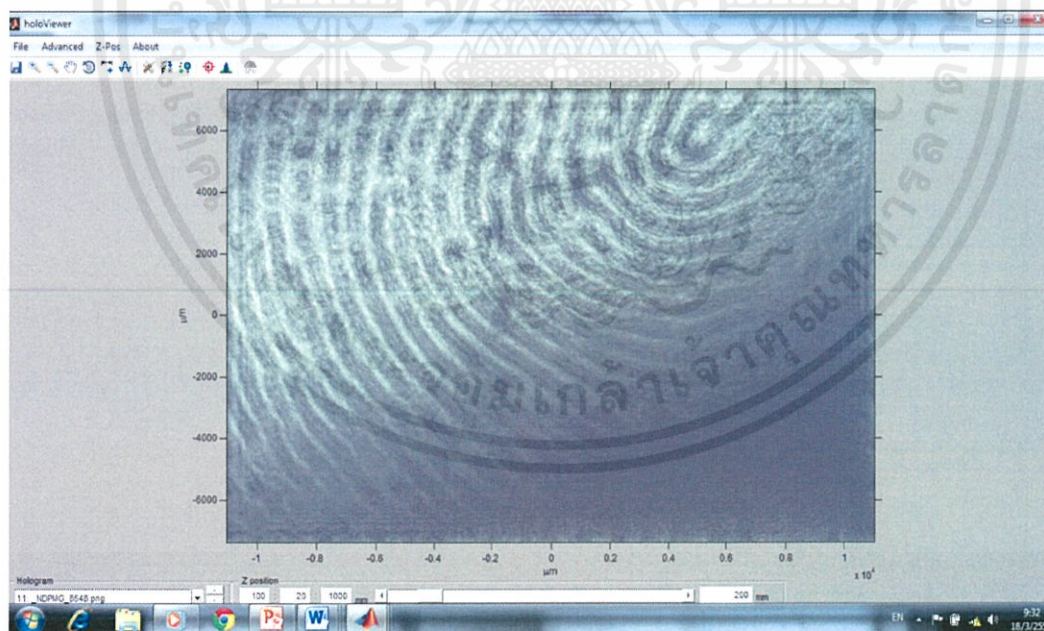
รูปที่ 4.32 แสดงภาพของวัตถุ (ลายนิ้วมือ) ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography โดยมีการกรองแนวลำแสงอ้างอิงด้วย ND Filter 1.0



รูปที่ 4.33 แสดงภาพของวัตถุ (ลายนิ้วมือ) ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography โดยมีการกรองแนวลำแสงอ้างอิงด้วย ND Filter 1.0 ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรมที่ใช้ประโยชน์ด้านการค้าเอกสาร ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.34 แสดงภาพของวัตถุ(ลายนิ้วมือ) ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography โดยมี การกรองแนวลำแสงอ้างอิงด้วยกระดาษไขและ ND Filter 1.0



รูปที่ 4.35 แสดงภาพของวัตถุ(ลายนิ้วมือ) ซึ่งถ่ายด้วยวิธีของ Digital Holography โดยมี การกรองแนวลำแสงอ้างอิงด้วยกระดาษไขและ ND Filter 1.0 ที่ได้ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองในการถ่ายภาพลายนิ้วมือด้วยวิธีของ Digital Holography นี้ได้เลือกใช้ เลเซอร์ไดโอดในการถ่ายภาพ โดยที่เลเซอร์ไดโอดเป็นเลเซอร์ที่มีคุณสมบัติของความถี่ การกระแสป้อนไฟ แรงดันไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าต่ำ ที่สำคัญมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบาพกพาสะดวกและ ราคาถูก ซึ่งในการเลือกใช้เลเซอร์ไดโอดจะต้องทำการตรวจสอบช่วงความยาวโคฮีเรนซ์และเฟส ด้วยหลักการแทรกสอดของ Michelson และ Mach-Zehnder ทำให้ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 เพื่อนำระยะที่ได้ไปใช้สำหรับการถ่ายภาพลายนิ้วมือ จะเห็นได้ว่าการทดสอบเบื้องต้น นี้ที่ระยะ 10-50 cm จะเป็นช่วงที่สามารถนำมาถ่ายภาพได้ ส่วนที่ระยะ 60-70 cm เป็นช่วงที่ความ ยาวโคฮีเรนซ์และเฟสมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ทำให้ในช่วงระยะที่ 60-70 cm จึงไม่สามารถนำมา ถ่ายภาพได้ ดังนั้นในการทดลองดังกล่าวทำให้มีระบบในการจัดอุปกรณ์เป็นระบบเล็กๆ ในระยะ สั้นๆ หลังจากนั้นจึงทำการจัดระบบการถ่ายภาพด้วยการทดลองถ่ายแผ่น Test Target แล้วนำภาพที่ ได้้นั้นไปประมวลผลด้วยโปรแกรม Matlab จึงจะได้ผลดังรูปที่ 4.8 ซึ่งจากภาพที่ผ่านการ ประมวลผลแล้วจะเห็นภาพของ Test Target ไม่ชัดเจน ทำให้ไม่สามารถถอดภาพออกมาได้ เนื่องจากเลเซอร์ไดโอดในส่วนของแนวอ้างอิงกับวัตถุมีความเข้มแตกต่างกันมากดังนั้นสามารถ แก้ไขได้ด้วยการใช้ ND Filter มาช่วยกรองแสงในส่วนของแนวอ้างอิงเพื่อให้เลเซอร์ในส่วนนี้มี ความเข้มที่น้อยลงและนอกจากได้เลือกใช้ ND Filter มาไว้สำหรับกรองแสงแล้ว ในโครงการวิจัย ยังต้องใช้เลนส์อีกหนึ่งตัวเพื่อสำหรับการโฟกัสภาพของวัตถุที่ต้องการถ่ายให้เข้าหน้ากล้องพอดี แล้วจากนั้นก็จัดระบบการถ่ายภาพด้วยการทดลองถ่ายแผ่น diffracting element ซึ่งการถ่ายภาพ นั้นตำแหน่งของวัตถุจะอยู่ในตำแหน่งที่ต่างกันดังรูปที่ 4.9 แสดง โคอะแกรมการถ่ายภาพของแผ่น diffracting element แล้วนำภาพที่ได้จากการทดลองไปประมวลผลด้วยโปรแกรมซึ่งแสดงผลดังรูป ตามตำแหน่งต่างกัน โดยแต่ละรูปที่ได้จากการทดลองนั้นชุดแรกจะเป็นรูปของวัตถุ ชุดที่สองเป็น รูปที่ถ่ายแนวอ้างอิงกับวัตถุและชุดที่สามชุดสุดท้ายเป็นรูปที่ถ่ายแนวอ้างอิงกับวัตถุ แต่มีการใช้ กระดาษไขเข้ามากรองลำแสงในแนวอ้างอิงเพื่อให้แสงที่ออกมานั้นมีลักษณะที่เนียนสีนวล นอกจากนี้ยังลดปัญหาของแสงที่เข้ามารบกวนได้อีกด้วย และสุดท้ายก็ทำการจัดระบบการถ่ายภาพ ลายนิ้วมือเป็นไปตามโคอะแกรมรูปที่ 4.28 แล้วนำภาพที่ได้จากการทดลองไปประมวลผลด้วย โปรแกรมซึ่งแสดงผลโดยชุดแรกจะเป็นรูปของวัตถุ ชุดที่สองเป็นรูปที่ถ่ายแนวอ้างอิงกับวัตถุชุดที่ สามเป็นรูปที่ถ่ายแนวอ้างอิงกับวัตถุ ชุดที่สี่เป็นรูปที่ถ่ายแนวอ้างอิงโดยใส่ ND Filter 1.0 กับวัตถุ และชุดที่ห้าชุดสุดท้ายเป็นรูปที่ถ่ายแนวอ้างอิงโดยใส่ ND Filter 1.0 และกระดาษไข กับวัตถุ

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการที่ได้ทำการศึกษาการถ่ายลายนิ้วมือด้วยวิธีของดิจิตอลโฮโลกราฟี ผลการทดลองที่ออกมาสามารถแสดงให้เห็นถึงลักษณะลายนิ้วมือได้ แต่ยังไม่สามารถระบุได้อย่างแน่ชัดมากนัก ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาต่อไปในอนาคต เพื่อใช้สำหรับการวัดขนาดร่องลึกของลายนิ้วมือให้สามารถเป็นหลักยืนยันของลักษณะลายนิ้วมือได้มากยิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1]MozhdehSei,Corinne Fournier,Loic Denis.HoloRec3D : A free Matlab® toolbox for digital holography.2012

[2]Mariana C. Potcoava* and Myung K. Kim.2009. Fingerprint biometry applications of digital holographyand low-coherence interferography. Department of Physics, University of South Florida, Tampa, Florida 33620, USA

[3][Online].Available from:

http://www.osaopn.org/home/articles/volume_19/issue_7/features/phase-shifting_digital_holography/#.US7ThDDIaxV

[4]<http://www.rmutphysics.com/CHARUD/dictionary/h/h-1/h-1.htm>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้