พรนภา อาจสังข์ : การพัฒนาระบบต้นแบบฟูเรียร์ทรานสฟอร์มสเปกโตรกราฟ เพื่อประยุกต์ใช้กับกล้องโทรทรรศน์แห่งชาติ (DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF FOURIER TRANSFORM SPECTROGRAPH FOR THE THAI NATIONAL TELESCOPE) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.พนมศักดิ์ มีมนต์, 118 หน้า.

คำสำคัญ: ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มสเปกโตรกราฟ, เมโทรโลยี, คอนทราสต์, การแทรกสอด

ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มสเปกโตรกราฟ เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่มีความท้าทายหลายด้านในการพัฒนาทางด้านดาราศาสตร์ ความท้าทายประการหนึ่งคือการตรวจจับสัญญาณขนาดเล็กจากดาวฤกษ์ที่อยู่ห่างไกล ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้สัญญาณรบกวนต่ำในระบบนั้นมักจะมาพร้อมกับต้นทุนที่สูง ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้ จึงได้ทำการการออกแบบและพัฒนาต้นแบบระดับห้องปฏิบัติการของระบบฟูเรียร์ทรานสฟอร์มสเปกโตรกราฟ ให้มีประสิทธิภาพสูง ในต้นทุนที่ต่ำ และมีขนาดกะทัดรัดสำหรับการใช้งาน นอกจากนี้ ยังได้พัฒนาวิธีการแก้ไขปัญหาความผิดเพี้ยนของเฟสจากการเคลื่อนที่แบบไม่เชิงเส้นของกระจกในระบบอีกด้วย

เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนที่สูง ต้นแบบระบบที่พัฒนาขึ้นมีการใช้เครื่องตรวจวัดแบบสมดุล ทำให้ได้อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนอยู่ที่ประมาณ 20 สำหรับความเข้มแสง 1.2 ไมโครวัตต์ นอกจากนี้ ยังได้ศึกษาผลกระทบของปัจจัยด้านขนาดของพื้นที่หน้าตัดของใยแก้วนำแสง และปัจจัยการเอียงของกระจกที่มีการเปลี่ยนแปลงตามการเคลื่อนที่ ซึ่งส่งผลต่อค่าคอนทราสต์ของสัญญาณการแทรกสอด ผลการวิจัยพบว่าการลดทอนค่าคอนทราสต์มีผลจากการเอียงของกระจกที่เกิดขึ้นระหว่างการเคลื่อนที่มากที่สุด โดยระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของกระจกของระบบต้นแบบวัดได้เท่ากับ 15 มิลลิเมตร ซึ่งถูกกำหนดโดยค่าคอนทราสต์ของการแทรกสอดที่สูงกว่า 0.5 ทั้งนี้ช่วงการสแกนส่งผลต่อความละเอียดในการวัดของระบบ เนื่องจากผลการแปลงฟูเรียร์ของสัญญาณที่มีขนาดจำกัด ส่งผลให้ได้ค่ากำลังการแยกสเปกตรัมของระบบที่พัฒนาขึ้น มีค่าเป็น 19,609 ซึ่งสอดคล้องกับความละเอียดสเปกตรัมเท่ากับ 0.0323 นาโนเมตร ที่ความยาวคลื่น 633.178 นาโนเมตร

นอกจากนี้ ระบบที่พัฒนาขึ้นยังได้รับการตรวจสอบโดยการวิเคราะห์การดูดกลืนแสงบนสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบเส้นที่วัดได้ กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ อีกทั้งยังสามารถใช้เส้นดูดกลืนแสงที่วัดได้เพื่อวิเคราะห์ความแม่นยำและความเสถียรของระบบที่พัฒนาขึ้น ผลการทดลองพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถตรวจจับเส้นดูดกลืนแสงแบบละเอียดของ เส้นสเปกตรัมของ Fe-I ที่ความยาวคลื่น 846.8 นาโนเมตร โดยมีความกว้างเท่ากับ 0.0562 นาโนเมตร และมีอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงกว่า 15

สาขาวิชาฟิสิกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2564 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

PORNAPA ARTSANG : DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF FOURIER TRANSFORM SPECTROGRAPH FOR THE THAI NATIONAL TELESCOPE THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PANOMSAK MEEMON, Ph.D. 118 PP.

Keyword: Fourier transform spectrograph, Metrology, Contrast, Interference

The Fourier Transform Spectrograph (FTS) is one of the most challenging instruments that has been applied in astronomy. One of the challenges is to detect the small signal from a distant star. However, most of the solution to achieve high signal-to-noise ratio (SNR) in FTS comes with a high cost. In this thesis, the design and implementation of the laboratory prototype of a high performance, cost-effective, and compact fiber-fed FTS system for astronomical applications has been investigated. Moreover, a method for correction of the non-uniform data sampling due to a non-linear movement of the scanning mirror using a metrology interferogram and a cubic spline interpolation has been designed and implemented.

To achieve high SNR for the developed FTS prototype, a balance detection scheme was designed and implemented. The achieved SNR approximately was 20 for an input flux of 1.2 μW. Furthermore, the effects of the source's spatial extension and the mirror tilt along the translation direction to the loss in fringe contrast were studied. The results show that the loss in contrast is mainly governed by the tip-tilt of the dynamic mirror. The achieved maximum scanning distance of the developed system, as determined by the interference contrast drops of higher than 0.5, was measured to be 15 mm. The scanning range affect the achievable resolution of the system because of the truncate property of the Fourier transformation. The spectral resolving power of the developed system as defined by the full width at half maximum that was retrieved from the instrument line shape of metrology source was measured to be 19,609. This corresponds with a spectral resolution of 0.0323 nm at 633.178 nm wavelength.

Furthermore, the instrument line shape of the developed system was verified by analyzing absorption peaks on the spectrum of the Sun. The analysis of the telluric and Sun absorption lines obtained from the measurement was compared with that of the absorption spectrum obtained from a synthetic model. Moreover, the measured telluric absorption lines were used to determine the precision and stability of the developed system.

The result shows that the developed FTS system was able to detect a fine absorption line of Fe-I at wavelength 846.8 nm with a width equal to 0.0562 nm and with a signal-to-noise ratio higher than 15.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Physics
Academic Year 2021

Student's Signature _____
Advisor's Signature _____