

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÔ HÌNH MÁY QUÉT LASER 3D PHỤC VỤ VIỆC GIẢNG DẠY VÀ THÍ NGHIỆM TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT NAM ĐỊNH

DESIGN AND MANUFACTURE 3D LASER SCANNER MODEL FOR TEACHING AND AND EXPERIMENTING AT NAM DINH UNIVERSITY OF TECHNOLOGY EDUCATION

Mai Văn Hồng*, **Bùi Đức Phương**, **Lê Thanh**, **Trần Đình Tài**

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định

*Email: mvhong@nute.edu.com.vn

TÓM TẮT

Sự phát triển của khoa học máy tính đã trợ giúp đáng kể cho con người trong việc thiết kế và mô phỏng trong công nghiệp từ các kích thước đo trên sản phẩm. Trong công nghiệp, máy quét 3D laser có thể số hóa tức thời các hình dáng của các chi tiết công nghiệp khác nhau.... Các dữ liệu số hóa có thể mô phỏng một cách chính xác thể hiện trên màn hình máy tính.

Với các ứng dụng thiết thực và hiệu quả đó, nhóm tác giả đưa ra ý tưởng nghiên cứu chế tạo mô hình máy quét laser 3D phục vụ giảng dạy và thí nghiệm tại Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định một cách hoàn thiện nhất và chi phí thấp nhất.

Từ khóa: *Laser; Quét 3D; Thiết kế ngược; Tạo mẫu nhanh.*

ABSTRACT

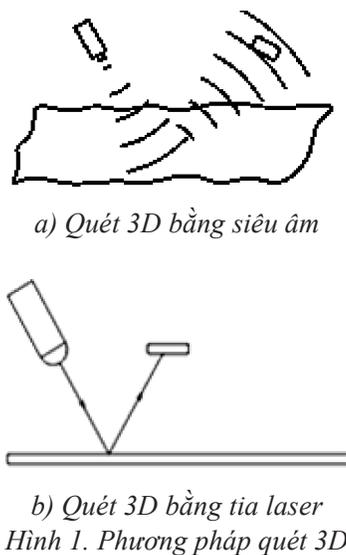
The development of computer science has significantly assisted people in designing and simulating in industry from the dimensions measured on the product. In industry, 3D laser scanners can instantly digitize the shapes of various industrial parts... The digitized data can be accurately simulated on the computer screen. With those practical and effective applications, the authors proposed the idea of researching and manufacturing a 3D laser scanner model to serve teaching and experimenting at Nam Dinh University of Technology Education in the most complete form and at the lowest cost.

Keywords: *Laser; 3D scanning; Reverse engineering; Rapid prototyping.*

1. MỞ ĐẦU

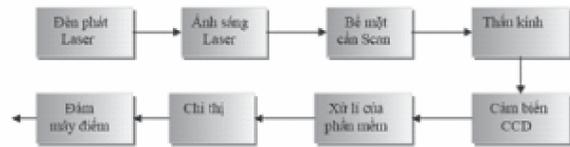
Sự ra đời của máy quét 3D thuộc dòng máy đo ba tọa độ không tiếp xúc đã giải quyết được vấn đề khó khăn của máy đo ba tọa độ (CMM). Máy quét 3D có khả năng ứng dụng rất rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như ô tô, thiết kế khuôn, đo lường... Phương pháp này có tất cả những ưu điểm của phương pháp đo không tiếp xúc: đo được những chi tiết có bề mặt mềm, dễ biến dạng, chiều dày mỏng, tốc độ đo cao do không tiếp xúc trực tiếp với chi tiết. Các máy quét 3D phổ biến ngày nay gồm: Máy quét 3D sử dụng sóng siêu âm, máy quét 3D laser.

Các máy quét 3D đều dựa theo nguyên tắc: Bề mặt chi tiết được chia thành một lưới điểm đo gồm các điểm có tọa độ (x, y, z), máy đo sẽ lấy các tọa độ các điểm này để xử lý. Các điểm này được lấy tọa độ nhờ một đầu đo không tiếp xúc chuyển động liên tục, ta gọi chuyển động này là chuyển động quét bề mặt.

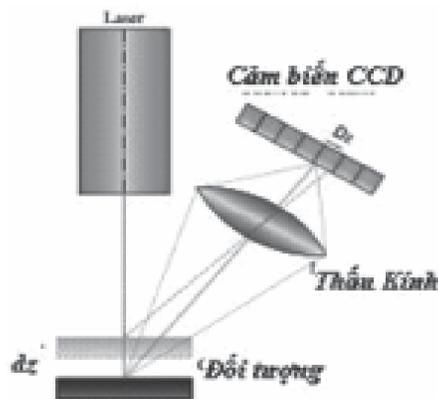


Công nghệ Scan laser là một trong ứng dụng của công nghệ đo không tiếp xúc. Trong quá trình đo máy sử dụng chùm ánh sáng Laser chiếu vào bề mặt của chi tiết cần đo, chùm tia

sáng được phản xạ lại từ bề mặt chi tiết được cảm ứng đo thu lại đưa vào bộ phận biến đổi của máy đo và với sự hỗ trợ của máy tính và phần mềm điều khiển đo cho ra kết quả của chi tiết đo dưới dạng đám mây điểm.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý



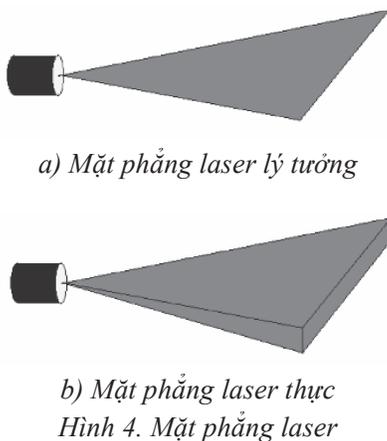
Hình 3. Quan hệ dịch chuyển vật và dịch chuyển ảnh

- Ưu điểm: Kết cấu nhỏ gọn, gá đặt đơn giản, cho ra kết quả nhanh, dễ xử lý kết quả, đo được nhiều những vật có độ phức tạp mà máy đo thông thường không thể đo được, độ phân giải cao, quét được nhiều kích thước sản phẩm khác nhau như tòa nhà, tượng đài, quét được các mẫu dạng mềm như xà phòng, đất nặn, kiểm tra các bề mặt và so sánh với các điểm.

- Nhược điểm: Trước khi đo những bề mặt có màu không phản quang phải sơn lại màu cho chi tiết đo nên có thể làm ảnh hưởng đến những chi tiết mẫu có yêu cầu cao thẩm mỹ về màu sắc. Mặc dù được sử dụng rất nhiều cho các ứng dụng đo, kiểm tra nhưng scan Laser không thể đo chính xác từng micromet như máy đo CMM.

Trên thực tế, chùm laser đi ra khỏi nguồn phát laser không phải là một đường thẳng không có chiều dày, bản thân nó cũng có một kích thước nhất định, sau khi đi qua thấu kính trụ tạo thành “mặt phẳng laser”, mặt phẳng này không phải là mặt phẳng lý tưởng mà nó cũng có một chiều dày nhất định, vì thế, “vết sáng” trên vật thực chất không phải là một đường mà là một “dải sáng”, việc lấy đường đặc trưng trong vùng sáng này để xác định tọa độ các điểm không tránh khỏi sai số, có hai bài toán điển hình đặt ra:

- + Lựa chọn “điểm sáng” nào trong “vùng sáng” để sai số gây ra là nhỏ nhất.
- + Biện pháp kỹ thuật nào để làm mảnh chùm sáng nhất có thể nhằm giảm thiểu sai số.



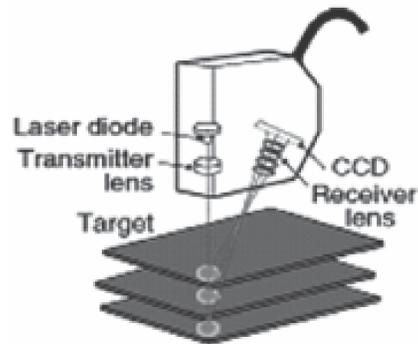
Hình 4. Mặt phẳng laser

Mặt phẳng laser không phải là mặt phẳng lý tưởng (hình 4.a) mà nó cũng có một chiều dày nhất định (hình 4.b), vì thế, “vết sáng” trên vật không phải là một đường mà là một “dải sáng”.

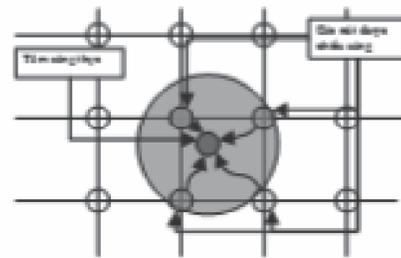
Kích thước của “dải sáng” phụ thuộc vào khoảng cách giữa nguồn laser đến bề mặt vật đo và góc mở của nguồn laser.

Yếu tố quang xét đến là các yếu tố quang trong bộ phận đầu đo (hình 5). Bao gồm một

nguồn phát laser, một thấu kính trụ (Transmitter lens), một hệ quang hội tụ (Receiver lens) và một bản CCD (Charge Couple Devices) là một ma trận hai chiều bao gồm các mắt lưới là các photodiode và vùng lưu giữ điện tích được che chắn khỏi sự tiếp xúc với ánh sáng, hay chính xác hơn, ta có một hình ảnh được tạo ra trên CCD là một tập rời rạc gồm các điểm ảnh (pixel – picture element), do đó, khi chúng ta lấy tọa độ một điểm trên CCD, thực chất đó là việc lấy xấp xỉ điểm đó trên CCD. Để giảm các sai số này, ngoài việc tăng số điểm ảnh trên các hàng và cột của CCD (còn gọi là tăng độ phân giải của CCD), người ta còn sử dụng nhiều biện pháp khác bằng phần mềm để nội suy điểm ảnh thật trên CCD.



Hình 5. Cấu trúc của đầu đo laser

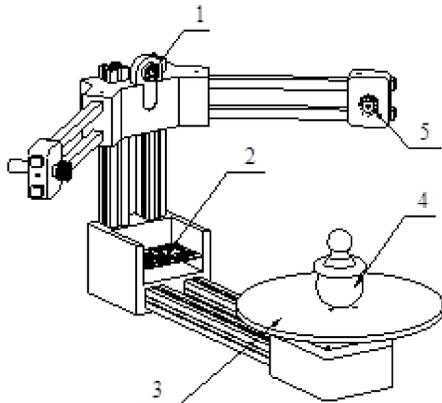


Hình 6. Sai số do độ phân giải của CCD

Do CCD là một tập hợp rời rạc các điểm thu nhận ảnh, do đó, xảy ra hiện tượng điểm đo đã dịch chuyển nhưng ảnh của nó vẫn chưa thay đổi do lượng dịch chuyển của ảnh là

quá nhỏ so với khoảng cách của hai điểm thu ảnh trên CCD.

2. THIẾT KẾ, XÂY DỰNG MÁY QUÉT LASER 3D VÀ CHƯƠNG TRÌNH MÔ PHỎNG BỀ MẶT VẬT SAU KHI QUÉT

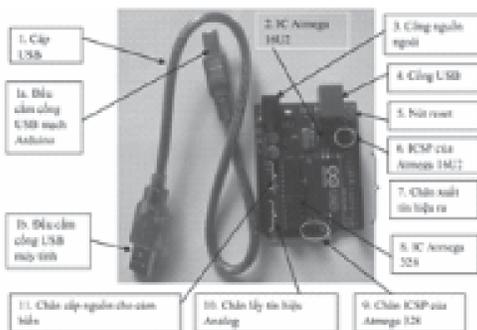


1. Camera; 2. Bộ mạch điều khiển Arduino; 3. Bàn quay và động cơ bước; 4. Vật quét; 5. Đầu laser
Hình 7. Sơ đồ nguyên lý cấu tạo của máy

Động cơ bước được gắn với bàn quay nhằm quay vật thể để camera thu hết được ảnh quét của nguồn laser quanh bề mặt vật thể.

Vật thể quét là vật có độ phản quang thấp và không trong suốt.

Đầu laser là nguồn phát laser đường. Khi quét lên trên bề mặt vật sẽ tạo nên biên dạng của vật thể ở góc quét xác định.



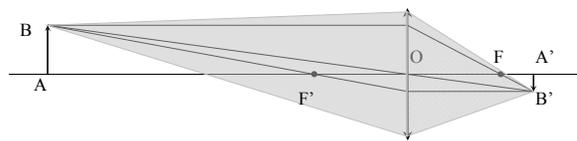
Hình 8. Mạch Arduino Uno

Ghép nối Arduino với máy tính:



Hình 9. Ghép nối Arduino với máy tính qua cổng COM

Xây dựng hàm truyền:



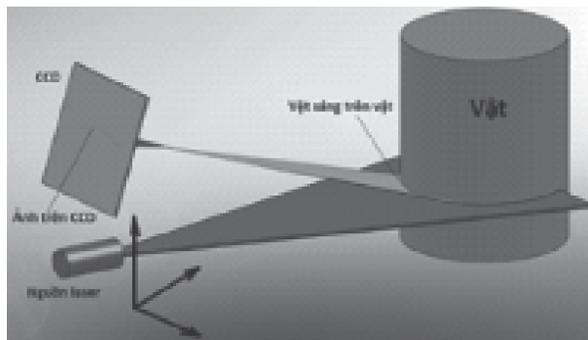
Hình 10. Sơ đồ tạo ảnh qua thấu kính hội tụ

Do tia laser được quét bằng cách quay gương quanh một trục cố định hoặc chiếu qua một thấu kính trụ nên có thể xem nó nằm trong một mặt phẳng, ở đây ta gọi mặt phẳng này là mặt phẳng laser.

Phương trình của mặt phẳng này trong hệ tọa độ Đề các của máy là:

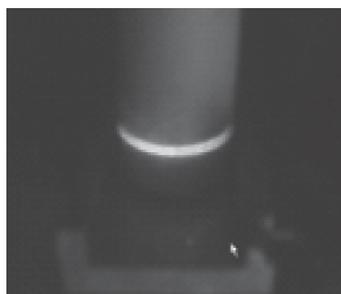
$$Ax + By + Cz + D = 0 (P)$$

Do mặt phẳng laser trùng với mặt phẳng tọa độ XY như đã trình bày ở phần trên, ta có phương trình của mặt phẳng này là $z = 0$.

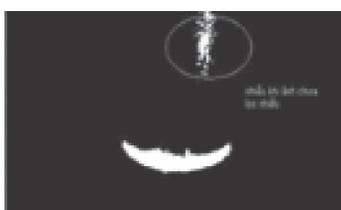


Hình 11. Mô hình tạo ảnh lên CCD của vết sáng

Xử lý ảnh:



a. Ảnh RGB thu được



b. Ảnh đen trắng chưa xử lý



c. Ảnh đen trắng sau khi lọc nhiễu

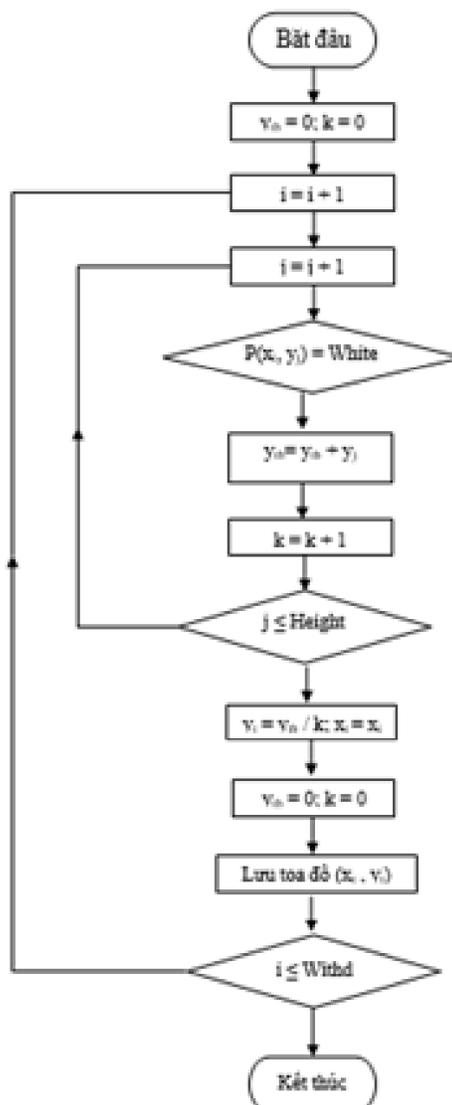
Hình 12. Ảnh vết sáng

Sau khi có được các tọa độ y_{tb} , ta vẽ lại đồ thị của các điểm đã được liệt kê và nó cũng chính là đường cong đặc trưng của vết sáng.



Hình 13. Ảnh vết sáng sau khi đã tìm đường cong đặc trưng

Sau khi xác định được đường đặc trưng của vết sáng thì ta sẽ lấy một số điểm trên đường đặc trưng. Số lượng điểm phụ thuộc vào độ phân giải được chọn trong chương trình, và tọa độ các điểm đó trên CCD là (x_i, y_i) .



Hình 14. Sơ đồ thuật toán xác định đường đặc trưng

3. KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC

Kỹ thuật đo dựa vào phương pháp quét laser 3D bề mặt chi tiết đo là một phương pháp còn khá mới ở Việt Nam. Vì vậy, tài liệu nghiên cứu về phương pháp còn hạn chế, rất khó sưu tập. Tuy nhiên, với sự làm việc nhiệt tình của các đồng nghiệp và nỗ lực của bản thân, tôi đã xây dựng được tương đối hoàn chỉnh về cơ sở

lý thuyết của phương pháp quét laser, xây dựng chương trình xử lý số liệu.

4. HƯỚNG PHÁT TRIỂN VÀ ỨNG DỤNG

Kỹ thuật đo dựa vào phương pháp quét laser lên vật thể đo là một phương pháp đo với tốc độ đo nhanh và độ chính xác đo cao. Các tìm hiểu và nghiên cứu trong nghiên cứu này có thể dùng để làm cơ sở để nghiên cứu phát triển hơn trong lĩnh vực quét laser 3D.

Ngoài ra khi có những cơ sở lý thuyết, phương pháp xử lý ảnh, hàm truyền và chương trình xử lý số liệu đo còn mở ra nhiều hướng nghiên cứu khác liên quan đến phương pháp quét laser ứng dụng trong đo lường. ❖

Ngày nhận bài: **02/12/2025**

Ngày phản biện: **16/12/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Lương Mạnh Bá, Nguyễn Thanh Thủy (2002), “*Nhập môn xử lý ảnh số*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [2]. Lưu Thủy Chung (2009), “*Xử lý số liệu khi đo kích thước chi tiết bằng phương pháp quét laser*”. Luận văn thạc sĩ.
- [3]. Đinh Thế Thìn (2009), “*Nghiên cứu xây dựng cơ sở thiết kế thiết bị đo các thông số hình học của chi tiết dạng thanh bằng phương pháp chụp ảnh vết chiếu laser*”. Luận văn thạc sĩ.
- [4]. Nguyễn Tiến Thọ, Nguyễn Xuân Bảy (2005), “*Kỹ thuật đo lường kiểm tra trong chế tạo cơ khí*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [5]. Ninh Đức Tôn (2004), “*Dung sai và lắp ghép*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [6]. Trần Đình Tường, Hoàng Hồng Hải (2006), “*Quang kỹ thuật*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [7]. <https://www.attinc.com/news/what-is-laser-metrology/>