

# IMÁGENES 2D DE ALTA RESOLUCIÓN MICROMAQUINADAS CON LÁSER DE NANOSEGUNDOS

## HIGHRESOLUTION 2D IMAGES MICROMACHINED WITH NANOSECOND LASER

M.Nonaka, M.Agüero, D.Krygier, A.Hnilo, M.Kovalsky, A.Tourón, L.Fidalgo, P.Diodati, O.Radulovich

Centro de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (CEILAP)  
Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas (CITEFA) – CONICET  
Juan Bautista de La Salle 4397 – (B1603ALO) Villa Martelli – Prov. Buenos Aires – Argentina  
e-mail: mnonaka@citedef.gob.ar, mkovalsky@citedef.gob.ar

Recibido: 19/11/13; aceptado: 14/05/14

A fin de posibilitar el micromaquinado láser de distintas imágenes 2D sobre sustratos de silicio, se diseñó un Sistema Automático por Software que permite en líneas generales: analizar y procesar digitalmente en tiempo real cualquier imagen salvaguardada en formato de mapa de bits monocromático, que posteriormente será micromaquinada; controlar mediante comunicación serial una plataforma x-y motorizada que mediante el desplazamiento micrométrico de la posición del punto de enfoque sobre la muestra posibilita el micromaquinado láser de la imagen; modificar la frecuencia de repetición como así también la manipulación de la cavidad láser.

Palabras clave: micromaquinado, láser.

In order to enable the laser micromachining of different 2D images on silicon substrates, it was designed an Automatic System which allows, broadly speaking: to analyze and digitally process in real time any image safeguarded in monochromatic bitmap format that subsequently will be micromachined; to control, through serial communication, the motorized x-y platform which by micrometrically moving the position of the focus point over the sample will make possible the laser micromachining; to modify the repetition frequency as well as the manipulation of the laser cavity.

Keywords: micromachining, laser.

### I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la implementación del micromaquinado con láseres no sólo se utiliza en el campo científico sino también posee un alto impacto en las aplicaciones industriales, tales como el grabado de datos para la trazabilidad de productos, la identificación de marcas<sup>(1),(2)</sup>, etc.

En este trabajo, se presenta el desarrollo de un Sistema Automático por Software que permite el micromaquinado de imágenes 2D empleando un láser de Nd:YAG con Q-Switch activo, ambos de diseño y construcción propios.

### II. CAVIDAD LÁSER Y PLATAFORMA X-Y

Para la realización del micromaquinado, se utiliza un láser de estado sólido de Nd:YAG bombeado transversalmente por diodos láser en 808nm que provee pulsos de 120ns de duración y 0,83W de potencia media a 1kHz.

El láser opera en la longitud de onda de 1064 nm y es pulsado mediante la técnica de Q-Switch activo utilizando un modulador acústico óptico.

Posteriormente el haz que emerge de la cavidad óptica es desviado hacia abajo por un espejo a 45° y enfocado mediante una lente corta sobre la muestra, logrando un tamaño de *spot* estimado en 100µm.

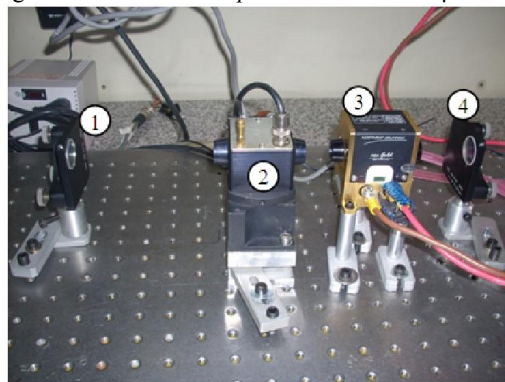


Figura 1: Cavidad láser. (1) Espejo R=80%, (2) Modulador acústico-óptico, (3) Cabezal láser, (4) Espejo plano HR

El sustrato se fija mecánicamente sobre una plataforma cuyo desplazamiento a lo largo de dos ejes transversales es controlado por tornillos de precisión motorizados, que se manejan externamente a través de un puerto serial. Luego, por medio del software de control diseñado específicamente en nuestro laboratorio para esta aplicación, es posible ubicar micrométricamente la posición donde impacta el haz de escritura a lo largo de un rango lineal de 60mm. El avance de los tornillos tiene un paso de 0,5µm.

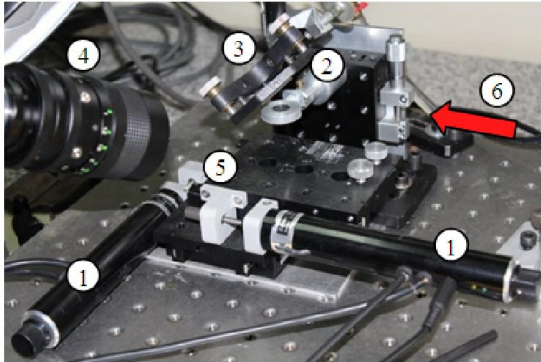


Figura 2: Montaje X-Y. (1) Tornillos micrométricos, (2) Lente de enfoque, (3) Espejo deflector a 45°, (4) Cámara CCD, (5) Base Porta muestra. (6) Láser de escritura.

### III. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DIGITAL

El Software diseñado para controlar los motores paso a paso fue programado en lenguaje C# y opera a través de una interfaz gráfica fácil de manipular por cualquier usuario. Este programa se destaca por su practicidad e independencia, ya que puede ejecutarse en cualquier computadora operando bajo Windows y no requiere para su funcionamiento de la instalación adicional de ningún otro tipo de aplicación gráfica ni de procesamiento.

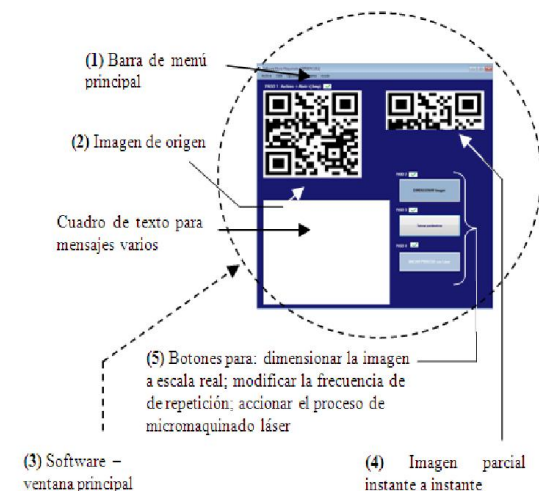


Figura 3: Captura en pantalla de la página principal del Software de micromaquinado.

En primer lugar el usuario ingresa desde la barra de menú principal la imagen seleccionada para transferir al sustrato. Dicha imagen se visualiza en el extremo izquierdo del monitor junto a una segunda imagen que muestra en tiempo real el estado de avance del proceso en curso.

Además se cuenta con funciones programadas específicamente para:

(a) Redimensionar el tamaño original del diseño, expresando finalmente el resultado en mm.

(b) Programar la frecuencia de repetición del láser, inclusive modificando su valor durante le ejecución del programa, de acuerdo a la conveniencia del caso.

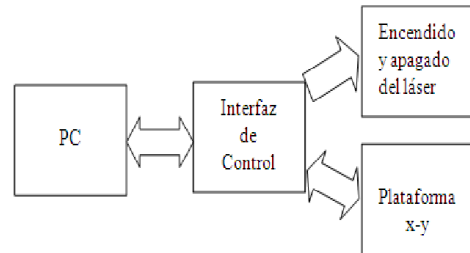


Figura 4: Flujo de datos.

El programa se comunica con la plataforma x-y en forma bidireccional por medio de datos seriales, sincronizando el encendido del láser con el desplazamiento del punto de escritura sobre el dibujo.

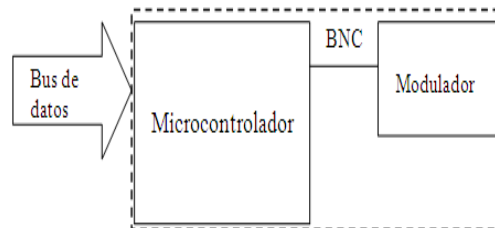


Figura 5: Esquema básico de interfaz de control

La interfaz de control opera a través de un microcontrolador que habilita el disparo del modulador acusto-óptico, funcionando como un obturador de alta velocidad.

Dependiendo de la complejidad y tamaño del dibujo, el proceso de escritura completo demora típicamente unos pocos minutos.

### IV. OBLEAS DE SILICIO MICROMAQUINADAS

A continuación se muestran algunas de las imágenes obtenidas por micromaquinado láser, operando el equipo en diferentes condiciones de funcionamiento, habiendo acondicionado previamente las muestras por procesar.

Esta última cuestión resulta de fundamental importancia. Durante los ensayos se observa que la elección del material, el acabado superficial del sustrato

y una cuidadosa limpieza del mismo, afectan críticamente la calidad del trazo obtenido en los dibujos.

obtuvieron rociando la superficie del sustrato con una capa de spray para uso capilar de secado rápido.

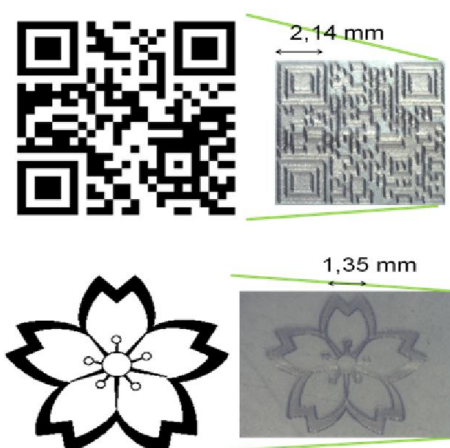


Figura 6: Imágenes de archivo, luego transcritas a un sustrato de Si: Código QR y flor del cerezo.

Mayormente se emplearon obleas de silicio, pulidas y sin pulir, y láminas delgadas de vidrio pyrex de calidad estándar.

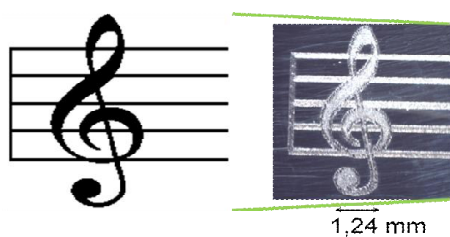


Figura 7: “Clave de Sol”, grabada por micromaquinado láser sobre lámina de Si. La superficie del sustrato fue previamente pulida.



Figura 8. Imagen micromaquinada con láser de un oso panda, comparada en tamaño con una moneda de 5 centavos.

A fin de reducir la redeposición del material eyectado (*debris*) durante el proceso de ablación, se interpone entre la superficie de la muestra y la lente de enfoque un cubre objetos. Las obleas de Silicio manipuladas de esta manera muestran una mejora respecto a los ensayos previos. Resultados similares se

## V. PERSPECTIVA

Según se expuso, las tareas llevadas a cabo en nuestro laboratorio en el área de micromaquinado, involucran tanto la construcción y puesta a punto del equipo láser, así como el desarrollo del software requerido para comandar la operación de manera versátil y eficiente. En ambos sentidos quedan aún numerosas tareas que permitirán mejorar la prestación del equipo.

Vimos que la potencia y duración de pulsos que entrega el equipo láser son adecuadas para procesar eficientemente una variedad de materiales en condiciones diversas.

En cuanto a la etapa de programación, resulta muy auspicioso el haber logrado una herramienta amigable con el usuario y eficiente para operar.

Se espera pronto implementar en el software de control una variante que permita ejecutar el diseño siguiendo la línea natural del dibujo, en lugar de hacerlo barriendo línea por línea como hasta ahora.

En la medida que se consiga ajustar el tamaño de enfoque sobre la muestra, así como mejorar el acabado superficial de cada microagujero láser, se espera avanzar en la realización de diseños aún más pequeños y precisos.

## REFERENCIAS

- 1 – Ananish Kr. Dubey, Vinod Yadava, “Experimental Study of Nd:YAG Laser Beam Machining”, Journal of Material Processing Technology 195, (2008).
- 2 – Johan Meijer, “Laser Beam Machining (LBM), State of the Art and New Oportunities”, Journal of Material Processing Technology 149, (2004).
- 3 - D.Raval, H.Ferrero, Fidalgo, M.Agüero, A.Hnilo, M.Kovalsky, “Micromaquinado con láseres sólidos de nanoy femtosegundos: comparación de resultados”, Anales AFA 2013, publicación en curso.