

APLICACIONES DEL LASER DE CO₂ DE PEQUEÑA Y MEDIA POTENCIA

Jose E. Alfonso*, Paulo Orozco**

Departamento de Física

Universidad Nacional, Santafé de Bogotá

* Físico Universidad Nacional, Estudiante de Magister

** Físico PhD, Profesor Asociado de la Universidad Nacional.

RESUMEN.

Con el ánimo de entender posibles aplicaciones de radiación laser infrarroja, se utilizó un laser de CO₂ con potencia de salida entre 20 y 100 vatios para realizar experiencias en: evaporación de dieléctricos en vacío, ajuste de resistencias de precisión y corte de cueros de diverso tipo. Para ampliar la visión de posibilidades se incluye al final una tabla de materiales tratados, potencias utilizadas y velocidades de corte en aplicaciones a nivel industrial.

ABSTRACT

In the search of possible applications of infrared laser radiation, a CO₂ laser with power output from 20 to 100 Watts was used to perform the following operations: dielectric thin film coatings in vacuo, precision resistor trimming and leather cutting. In order to introduce some other possibilities we include a table of examples of industrial applications.

1. EVAPORACION DE MATERIALES DIELECTRICOS

Las características eléctricas, ópticas térmicas, etc., de los materiales dieléctricos les hacen propicios para ser empleados en aplicaciones tecnológicas específicas.

Para intentar procesar los dieléctricos con láser CO₂ se tuvieron en cuenta dos aspectos: primero, que la absorción de radiación sea alta en la zona infrarroja de 10.6 micras; segundo, el uso que se va dar a las propiedades. Con esto en mente, se decidió trabajar con los siguientes materiales: SiO₂, SiO, MgO y Al₂O₃, que cumplen con la primera condición, y son materiales ampliamente usados en recubrimientos de sistemas ópticos como: polarizadores, espejos y en otros innumerables dispositivos. [1,2] Como se trataba de producir recubrimientos por evaporación en vacío, se tomó en cuenta un tercer elemento de juicio, estos elementos tienen altas temperaturas de fusión (por encima de unos 2000 °C), por tanto son difíciles de ser evaporados por métodos tradicionales (efecto Joule), y deben usarse técnicas más sofisticadas como la de evaporación con cañón de electrones.

El dispositivo de evaporación diseñado para esata aplicación, se muestra en la figura 1. Su funcionamiento es como sigue:

El material a evaporar se coloca dentro de la cámara de vacío, que se evacúa hasta alcanzar alto vacío, (10⁻⁶torr).

El haz láser se dirige por medio de un sistema óptico hacia una brida de la cámara que tiene una lente que se usa como ventana para el vacío y para enfocar el haz láser sobre un espejo de cobre colocado en la parte posterior, este desvía el haz enfocado hacia el evaporador. La lente no tiene visión directa del material para evitar que los vapores contaminen su superficie.

El enfoque del haz hace incrementar la irradiancia. Si se tiene, por ejemplo, una potencia de salida del haz de 50 Watt distribuida en un área de 100 mm², la densidad de potencia es de 0.5 W/mm², con el enfoque se lleva a 500 W/mm² cuando está iluminándose un área de 0.1 mm².

Lo anterior es válido si la óptica de enfoque no tiene pérdidas. En el caso de los experimentos descritos en este trabajo se caracterizó la óptica

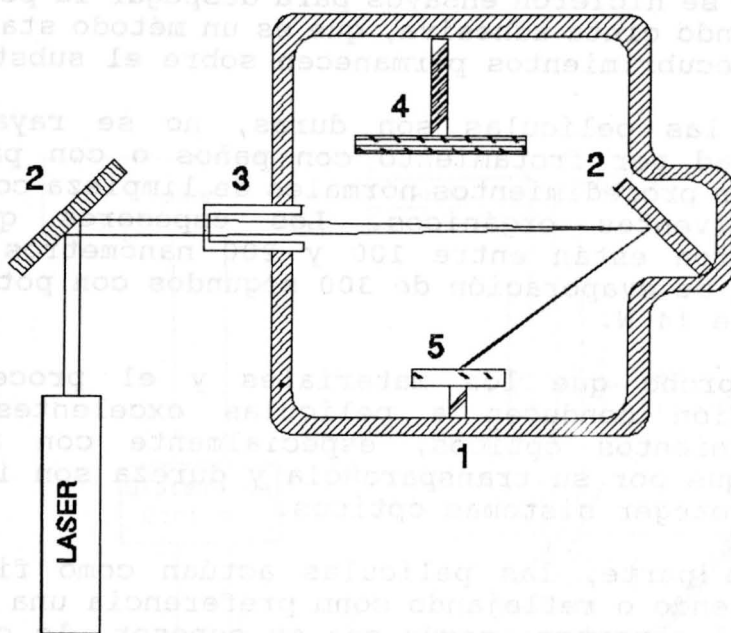


Figura 1: Sistema de evaporación de películas dieléctricas: 1-Cámara de vacío, 2-Espejos de desviación del haz láser, 3-Portalente, 4-Portasubstrato, 5-Material a evaporar.

disponible y se encontró que había pérdidas por reflexión del orden del 66%. A pesar de lo anterior, la concentración de energía es suficiente para calentar los materiales examinados hasta la temperatura de fusión.

La iluminación con el láser enfocado evapora los materiales para depositarlos en un sustrato, en nuestro caso vidrio portaobjetos de microscopio, allí se forma una película delgada.

1.1 Resultados.

Las películas que se han obtenido mediante la técnica con láser tienen buena adhesión al sustrato. En

efecto, se hicieron ensayos para despegar la película utilizando cinta adhesiva, que es un método standard, y los recubrimientos permanecen sobre el sustrato.

Además las películas son duras, no se rayan con facilidad por frotamiento con paños o con papel y soportan procedimientos normales de limpieza con tela y disolventes orgánicos. Los espesores que se produjeron están entre 100 y 200 nanómetros, para tiempos de evaporación de 300 segundos con potencias bajas de 14 W.

Se comprobó que los materiales y el proceso de deposición conducen a películas excelentes como recubrimientos ópticos, especialmente con SiO_2 y Al_2O_3 , que por su transparencia y dureza son ideales para proteger sistemas ópticos.

De otra parte, las películas actúan como filtros, absorbiendo o reflejando con preferencia una u otra zona del espectro, según sea su espesor, lo cual es observable a simple vista. Este comportamiento es propio de los recubrimientos dieléctricos y además un hecho bien conocido.

La producción de películas dieléctricas de buena calidad con la técnica de evaporación con láser, como las obtenidas en este trabajo, indica que hay posibilidades de desarrollo industrial en fabricación de elementos ópticos.

La técnica láser tendría, frente a las existentes, la ventaja de pureza del material evaporado pues el rayo de luz sólo interactúa con el elemento a evaporar y en la película final no se tendrá material del portamuestras u otros elementos extraños [1,2,3].

2. AJUSTE DE RESISTENCIAS CON PRECISION.

Otra aplicación del rayo láser de CO_2 fué el ajuste de la resistencia de un material conductor en forma de película delgada. Específicamente se trabajó con SnO_2 que es utilizado como contacto óhmico de celdas solares. El objetivo es ajustar valores de resistencias con precisión mejor que el 0.1%. La

metodología para esta aplicación consistió en:

tipo de película delgada y la configuración del sistema de corte se muestra en la Figura 2.

2. CORTE DE CUERPOS.

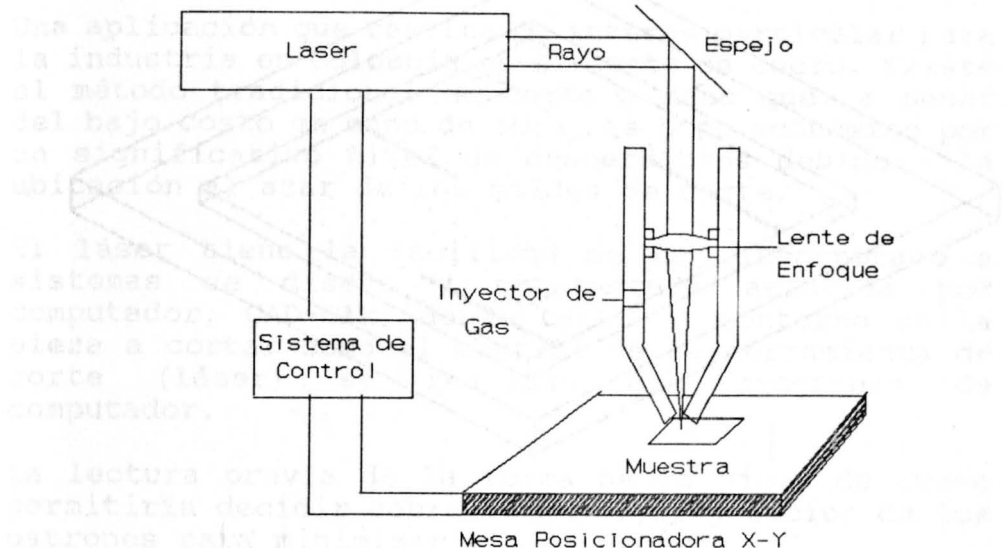


Figura 2: Sistema de Tallado de Resistencias con láser de CO_2 .

i- conducir el haz laser mediante un sistema óptico conformado por un espejo (100% reflector de infrarrojo) y una lente que lo enfoca sobre las películas delgadas conductoras.

ii- mover las películas sobre una mesa de posicionamiento X-Y mediante un sistema de control programable que se encarga de definir una huella que se producirá por acción del láser.

Dado que el laser evapora caminos como se muestra en la Figura 3, la resistencia eléctrica del material entre dos puntos cambia, pues su valor depende de la longitud y forma del camino entre ellos. Se supone que el espesor de la película delgada es constante [3,4,5].

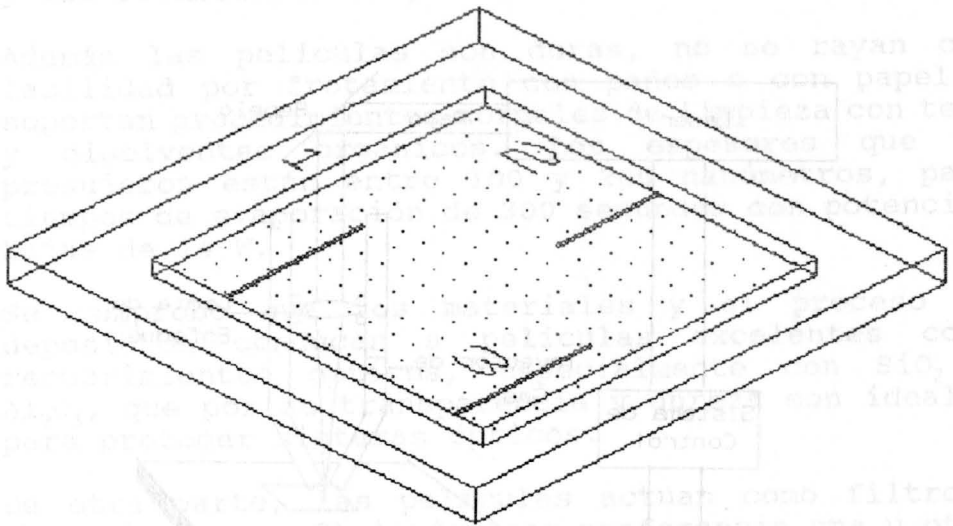


Figura 3. Trayectoria seguida por el láser sobre la película de $\text{SnO}_2:1$ -sustrato, 2-película, 3-Huella láser.

2.1 Resultados.

Para el procedimiento de ajuste de resistencias con precisión se tuvieron en cuenta varios parámetros como densidad de potencia del haz láser, espesor de la película, velocidad de producción de la huella y asistencia de gas de aporte para evitar sobrecalentamiento de la muestra y destrucción del sustrato.

Los resultados, para el caso de las películas de SnO_2 , fueron: potencia óptima entre $3.5 - 5.0 \text{ Watt/mm}^2$ utilizando aire comprimido como gas de asistencia, velocidad de corte de 0.78 mm/seg . Con estos parámetros y películas con espesores del orden de $1-2 \text{ um}$ se produjeron resistencias eléctricas con valores

entre 1000 Ω y 2000 Ω con una precisión del 1 Ω . El tipo de huella dibujada en la película delgada es el mostrado en la Figura 3.

3. CORTE DE CUEROS.

Una aplicación que resulta de interés particular para la industria en Colombia es el corte de cuero. Existe el método tradicional de corte a mano que, a pesar del bajo costo en mano de obra, es poco económico por un significativo nivel de desperdicios debido a la ubicación al azar de los moldes de corte.

El láser tiene la facilidad de ser incorporado a sistemas de diseño y manufactura asistida por computador, CAD-CAM, donde tanto el contorno de la pieza a cortar como el control de la herramienta de corte (láser) se realizan con programas de computador.

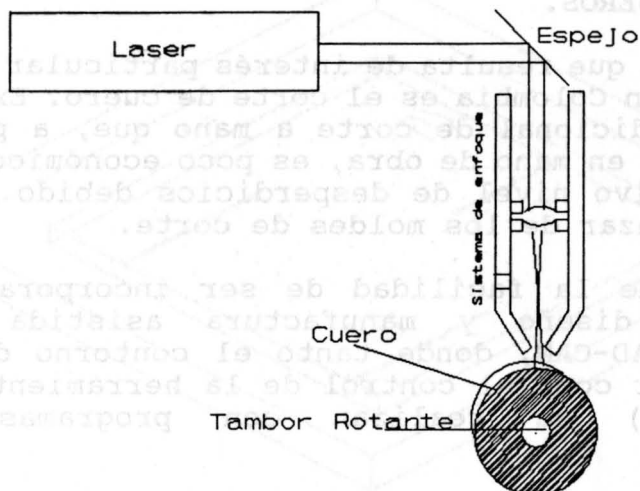
La lectura previa de la forma de la pieza de cuero permitiría decidir sobre la mejor disposición de los patrones para minimizar el desperdicio.

En este trabajo ya se mostró una aplicación tipo CAD-CAM en el caso de ajuste de resistencias.

El sistema que se utilizó en los ensayos con cueros es el de la figura 4. La luz láser se concentra sobre la pieza a cortar mediante una lente de enfoque, el material se mueve mediante un rodillo y el corte es asistido con gas a presión. El gas impide que la óptica se contamine y evita que el material tratado se carbonice para que al final se tenga un corte limpio.

3.1. Resultados:

Utilizando de 15 Watt de potencia en el haz laser sobre cueros con espesores entre 0.5 mm (badanas) y 5mm se produjeron cortes como los mostrados en la foto de la figura 5. La calidad del corte es fácil de apreciar. Las velocidades de corte para los diferentes espesores varían entre 1 m/seg para las badanas y 1 cm/seg para los cueros de mayor espesor.



Sistema de Corte de cuero

Figura 4. Sistema utilizado para el corte de cueros con laser.

Las velocidad de corte con estas condiciones del laser y las del método tradicional manual son comparables, sin embargo es posible en una aplicación dada aumentar la irradiancia y hacer mucho más competitiva la técnica laser en cuanto a velocidad de procesamiento [6]. Obviamente, los gastos iniciales en el montaje del corte de cueros con láser son altos, pero esto se ve compensado con la calidad del corte, alta productividad y mínima cantidad de desperdicio de materia prima. Por supuesto, hace falta un estudio económico específico para evaluar si a largo plazo un sistema láser instalado puede competir ventajosamente con los sistemas tradicionales de troqueles y cuchillas.

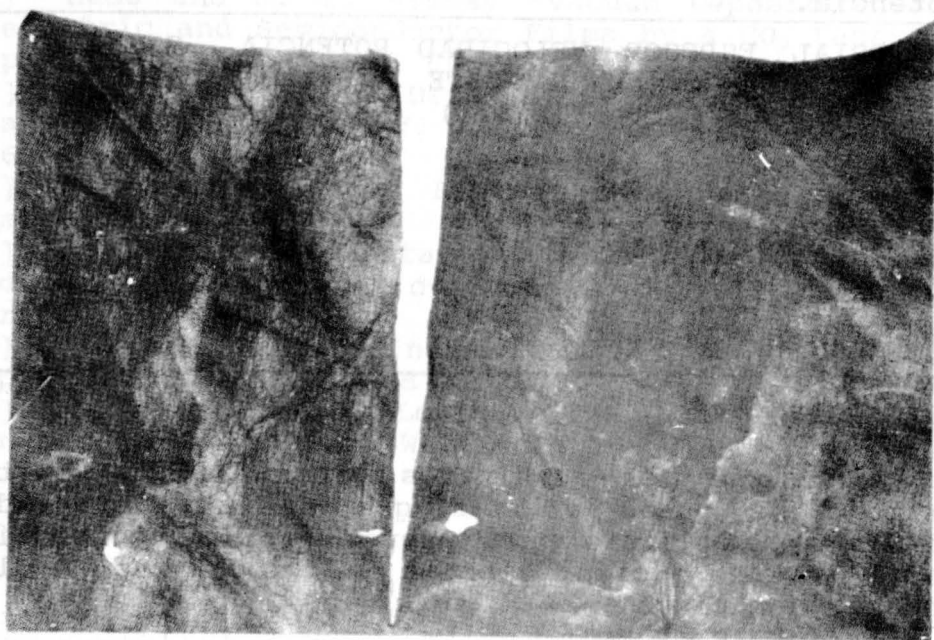


Figura 5. Corte de cuero con laser.

4. OTRAS POSIBLES APLICACIONES.

En los países industrializados existen múltiples aplicaciones para láseres de CO_2 . Para dar una visión mas amplia de posibles usos para un láser de CO_2 con potencias similares a las obtenibles en nuestro laboratorio, se organizó una tabla con datos de la literatura de aplicaciones de láser en procesamineto de materiales no metálicos.

La tabla 1 ilustra tipo de materiales, velocidades de corte típicas y composición del gas de aporte. Debe mencionarse que no es posible escalar linealmente las velocidades de corte y la potencia, pues estas tienen una limitada interdependencia. Una vez que se tenga una potencia total suficiente para generar un efecto, sólo es posible mediante experimentación con diferentes tipos de óptica, determinar velocidades de corte para un proceso y material dados [6].

Tabla 1. Ejemplos de diferentes materiales procesados con láser de CO₂ de mediana potencia.

MATERIAL	ESPESOR (mm)	VELOCIDAD DE CORTE (m/min)	POTENCIA (Watts)	GAS DE APORTE
ASBESTO	6.4	0.8	180	AIRE
RUBY	0.4	2.0	100	NINGUNO
PLASTICO PVC	10.0	1.1	250	GAS INERTE
MADERA	3.8	0.9	300	AIRE

5. CONCLUSIONES.

A la luz de los resultados presentados en este trabajo se puede afirmar que se han acumulado elementos de juicio para prever que la tecnología láser tiene opción cierta de vincularse a la industria nacional.

Además se han llevado a cabo experiencias que crean una base de conocimientos que permitirán atender posibles demandas de la industria en esta área. Los autores deducen de la literatura consultada que la manufactura con láser es una tendencia que se abre paso a nivel mundial. El país deberá hacer esfuerzos para estar en disposición de utilizar esta tecnología ventajosamente en un futuro muy próximo.

6. AGRADECIMIENTOS.

Los autores agradecen a la Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología por la asignación de recursos económicos para el proyecto que dió origen a este artículo, al taller de Mecánica Fina del Departamento de Física de la Universidad Nacional por la colaboración en la fabricación de partes del equipo experimental y al grupo de investigación en tecnología de celdas solares que proporcionó el material para ajuste de resistencias.

BIBLIOGRAFIA.

- [1] Hass and J. B. Ramsey "Vacuum Deposition of Dielectric and Semiconductor Films by a CO₂ Laser". Applied Optics, 8, 1115 (1969)
- [2] G. Groh. "Vacuum Deposition of Thin Films by Means of a CO₂ Laser. J. Appl. Phys, 43, 1967. PP. 596-597
- [3] W.W. Dudley. "CO₂ Lasers and Applications", Academic Press, 1976.
- [4] L. Bachs, J. Cuesta, N. Carles. "Aplicaciones Industriales del Laser de CO₂". Editorial Marcombo, Barcelona 1988.
- [5] John E. Harry. "Industrial lasers and their applications". Mc Graw Hill 1974.
- [6] D. Belfore and M. Levitt. "The Industrial Laser Annual Handbook". Penn WellBooks 1987.

ABSTRACT

A pair of rubber samples
the radial expansion of
signals as well as
signals of the
after some algebraic work

1. INTRODUCTION

Algebraic techniques for solving problems in mechanics
have been known for a long time. In the last few years
interest has grown in the use of algebraic methods in
optical systems. In this paper we will illustrate the
mechanics by using the example of a simple harmonic
oscillator and applying algebraic methods. The specific
example of an optical system will be given in section 2.
The eigenvalue problem is a central problem in the theory
for the Fourier transform. The eigenvalue problem for
operators has received much attention in the last few years
work on this problem has been done by many authors. The
eigenvalue problem for the Fourier transform is a central
problem in the theory of the Fourier transform.

1 Present address: Department of Physics, University of
Illinois, 521 E. Shelby, Urbana, Illinois 61801.