

APÉNDICE A:

COORDENADAS DE COLOR.

La medida del color entraña una gran problemática ya que es la interpretación sensorial de una radiación de composición espectral determinada. Bajo el punto de vista sensorial se definen tres características del color percibido: la *luminosidad*, atribuida a la sensación visual según la cual una superficie parece emitir mayor o menor flujo luminoso; el *tono*, que da cuenta de la sensación visual asociada a la composición espectral de la radiación percibida y que ha suscitado nombres como azul, verde, amarillo o rojo; y la *saturación*, atributo de la sensación visual que permite estimar la proporción de color cromático puro contenido en la sensación total. El tono y la saturación definen las características colorimétricas de un estímulo de color y reciben, en conjunto, el nombre de *cromaticidad* [Gilabert].

Dado que el color es una sensación psicofísica, la especificación de esta magnitud en un marco objetivo es una tarea complicada. Desde hace unos doscientos años se sabe que un observador normal es capaz de reproducir el efecto de cualquier estímulo de color combinando la luz de tres fuentes primarias en las proporciones de luminancia adecuadas, que han de verificar que la mezcla de cantidades numéricas de luminancia iguales de cada una de ellas logre una luz blanca especial (blanco de equi-energía) [Gilabert]. Con este método, un color desconocido puede especificarse mediante un conjunto numérico denominado *valores triestímulos*. Por consenso y, en un principio, las fuentes primarias se eligieron monocromáticas: roja (700 nm), verde (546.1 nm) y azul (435.8 nm); este sistema es el conocido como RGB. A partir de aquí cualquier color (C) se podría especificar inequívocamente por la terna de luminancias (R,G,B) de modo que

Apéndices

$$C = R(\text{rojo}) + G(\text{verde}) + B(\text{azul}) \quad (\text{A.1})$$

Sin embargo, se acabaría demostrando que la totalidad de los colores reales no podía ser representada por un conjunto de valores (RGB) reales y positivos. Por este motivo se eligieron tres nuevas fuentes primarias. Éstas, definidas por las llamadas *funciones colorimétricas* ($\xi(\lambda), \psi(\lambda), \zeta(\lambda)$), están representadas en la Fig. A.1 y componen el Sistema Colorimétrico Patrón CIE 1931. Las coordenadas que especifican un color cualquiera en este sistema colorimétrico se definen *valores triestímulos espectrales* (X,Y,Z).

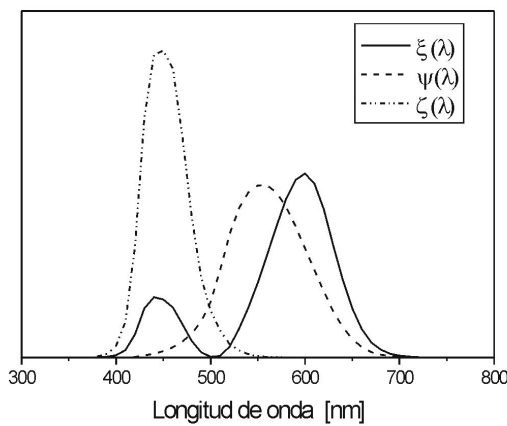


Fig. A.1. Representación de las funciones colorimétricas en función de la longitud de onda.

Para calcular las coordenadas cromáticas de una radiación compuesta, se ha de conocer la distribución espectral de ésta. Por ejemplo, en medidas de espectrofotometría, serían los espectros de reflexión de las muestras, $R(\lambda)$. En este caso, los valores triestímulos vienen dados por:

$$\begin{aligned} X &= \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} R(\lambda)\xi(\lambda)d\lambda \\ Y &= \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} R(\lambda)\psi(\lambda)d\lambda \\ Z &= \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} R(\lambda)\zeta(\lambda)d\lambda \end{aligned} \quad (\text{A.2})$$

donde $\lambda_1 = 380 \text{ nm}$ y $\lambda_2 = 780 \text{ nm}$. Hay que destacar que la luminosidad de la muestra es igual a $Y \times 683$. A partir de aquí, la evaluación de la cromaticidad de un estímulo de color se lleva a cabo definiendo tres variables nuevas, llamadas *coordenadas de cromaticidad*,

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{X}{X+Y+Z} \\
 y &= \frac{Y}{X+Y+Z} \\
 z &= \frac{Z}{X+Y+Z}
 \end{aligned}
 \tag{A.3}$$

Sólo dos de éstas variables son independientes, pues $x + y + z = 1$.

La descripción completa de un color en el sistema CIE comprende la tríada (x,y,Y) . Las coordenadas (x,y) son seleccionadas para evaluar la cromaticidad de la muestra e Y para la luminosidad. Además, la pareja (x,y) se puede representar en el *diagrama de cromaticidad CIE 1931*, el cual muestra de forma visual la cromaticidad de la muestra (Fig. A.2).

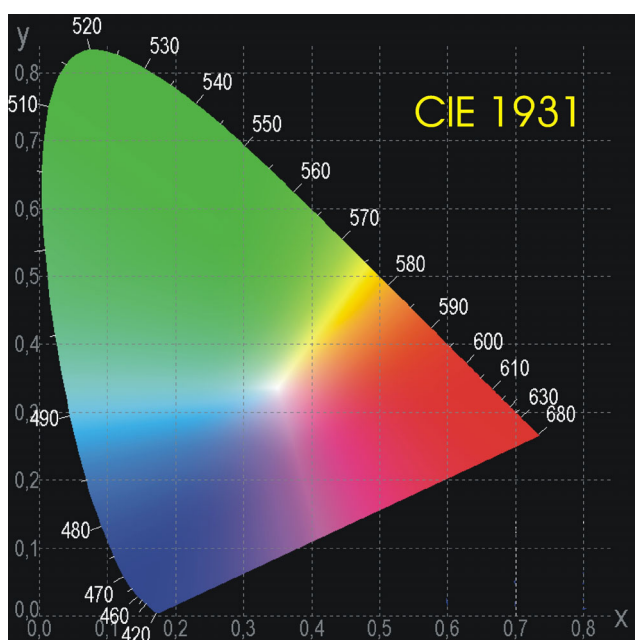


Fig. A.2. Representación del diagrama de cromaticidad según el patrón CIE 1931.

En realidad existen muchos espacios de color definidos por coordenadas colorimétricas relacionadas con (X,Y,Z) mediante expresiones matemáticas más o menos complicadas. Estos espacios de color persiguen, con mayor o menor fortuna, una representación espacial de la sensación del color. Algunos de estos espacios colorimétricos son, además del CIE 1931, el CIE-UCS 1960, el CIE 1964, el CIELUV 1976 y el CIELAB.

Apéndices

APÉNDICE B:

DEDUCCIÓN DE LA EXPRESIÓN DE LA FLUENCIA ACUMULADA.

Para poder describir en términos físicos los efectos producidos en un material al ser procesado con láser, se puede utilizar, además de las variables habituales referentes al haz, la *fluencia acumulada* (F_a). Este parámetro se define como la energía láser acumulada por unidad de área durante el tratamiento del material. Así, si se irradia con N pulsos láser en una posición determinada, la energía total depositada en el sustrato será $N \cdot E_p$, siendo E_p la energía de un sólo pulso. Evidentemente, la expresión de la fluencia acumulada será

$$F_a = N \frac{E_p}{S} = NF \quad (\text{B.1})$$

donde S es el área irradiada y F es la fluencia correspondiente a cada pulso láser.

En el caso de realizar una traza láser de longitud L, con una velocidad de barrido del haz sobre la muestra v (Fig. B.1) y considerando que la potencia media emitida por el sistema láser (P_m) sea constante y el diámetro del haz sobre la superficie de la muestra sea D, se puede definir de forma análoga la fluencia acumulada al efectuar dicha traza como

$$F_a = \frac{E_{traza}}{S_{traza}} \quad (\text{B.2})$$

donde E_{traza} y S_{traza} son la energía total depositada por el haz láser al marcar la traza y el área en el que se deposita la energía. De forma trivial se puede deducir que, si t es el tiempo invertido en marcar dicha traza, entonces,

$$E_{traza} = P_m t \quad (\text{B.3})$$

$$L = vt \quad (\text{B.4})$$

Apéndices

$$S_{traza} = LD \quad (\text{si } L \gg D) \quad (\text{B.5})$$

Sustituyendo las ecuaciones B.3, B.4 y B.5 en B.2 se obtiene,

$$F_a = \frac{P_m t}{vtD} = \frac{P_m}{vD} \quad (\text{B.6})$$

que es la expresión que utilizamos en el estudio de las muestras. Se ha de indicar que este parámetro se refiere a la energía emitida por el sistema láser al realizar los tratamientos y no tiene en cuenta la fracción de ésta que es absorbida en la superficie del material, lo que le confiere un carácter independiente del tipo de material irradiado y de los fenómenos físicos que pueden afectar sobre la absorción de la radiación.

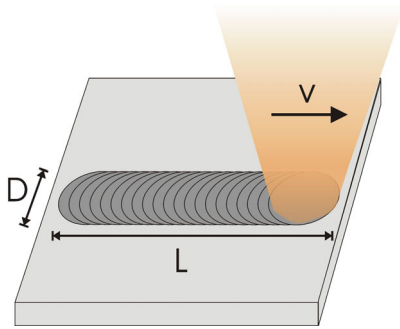


Fig. B.1. Realización de una traza láser de longitud L. El haz láser, de diámetro D, se desplaza a velocidad constante v.

APÉNDICE C:

ESTUDIO AES DE UN PATRÓN VOLÚMICO DE β -Ti₂O₃.

En la Sección IV.2.2.c se presenta el mapa AES de concentración relativa de oxígeno sobre titanio de un área de la muestra tratada con láser en modo pulsado con 294 J/cm² y con 200 μ m de distancia entre trazas consecutivas. Dado que esta técnica es muy superficial y sólo puede analizar la composición hasta profundidades de pocos nanómetros, el carbono superficial depositado en la superficie de la muestra falsea considerablemente las medidas. Por este motivo, se somete la muestra a un ataque con iones Ar⁺ durante 6 s para eliminar este carbono. Sin embargo, al finalizar el proceso se observa un cambio en la composición superficial de la muestra. Para estudiar este efecto se realiza un análisis de la concentración de oxígeno sobre la de titanio (estequiometría) de un patrón volúmico de β -Ti₂O₃ (polvo sinterizado) al ser atacado por un haz iónico en las mismas condiciones que las utilizadas con la muestra mencionada anteriormente.

La Fig. C.1 muestra la evolución de la estequiometría de la superficie del patrón de β -Ti₂O₃ en función del tiempo de ataque. Como se puede apreciar, ésta disminuye considerablemente en los primeros segundos de ataque, estabilizándose entorno a 0.5 a partir de aproximadamente 2 min. Puesto que el valor real en toda la muestra ha de ser 1.5, se puede afirmar que este efecto es la consecuencia de la amorfización del material y de la eliminación preferencial del oxígeno superficial por la acción del ataque iónico. Por otro lado, a partir de estos resultados se puede hallar un factor de corrección para compensar este efecto y poder conocer la estequiometría real del material analizado. Definimos el *factor de corrección de reducción* para un tiempo de ataque iónico t, f(t), como la relación de la estequiometría real y la medida al cabo de un tiempo t de ataque iónico. Es decir,

Apéndices

$$f(t) = \frac{\left[\frac{O}{Ti} \right]_{real(t)}^{patrón}}{\left[\frac{O}{Ti} \right]_{medida(t)}^{patrón}} \quad (C.1)$$

Dado que en el patrón, de composición constante, se tiene $[O / Ti]_{real} = 1.5$ en todos los casos, el valor de $f(t)$ representa el cambio de composición debido al ataque iónico y, además, basta con multiplicar el valor de la estequiometría medida en un tiempo t_0 por el factor $f(t_0)$ para obtener la concentración real del patrón que, obviamente, resulta ser 1.5.

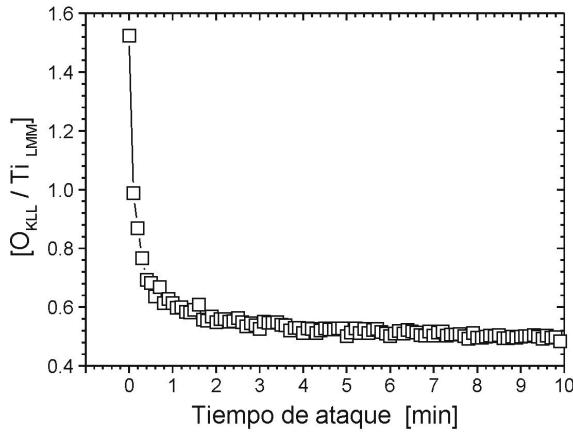


Fig. C.1. Evolución de la concentración de oxígeno medido mediante AES en el patrón de β -Ti₂O₃ al ser atacado con un haz de iones Ar⁺ en las mismas condiciones que los mapas AES realizados a muestras tratadas con láser pulsado.

En una primera aproximación se puede asumir que la muestra obtenida con láser, la cual se somete a un ataque de 6 s para realizar el mapa AES, evoluciona de forma semejante al patrón con lo que su estequiometría real se podría calcular mediante la expresión,

$$\left[\frac{O}{Ti} \right]_{real(6)}^{muestra} = f(6) \cdot \left[\frac{O}{Ti} \right]_{medida(6)}^{muestra} \quad (C.2)$$

donde, según las medidas realizadas en el patrón, $f(6) = 1.544$. Este factor se multiplica por cada uno de los valores de la estequiometría obtenidos en el mapa AES después del ataque iónico, ofreciendo el mapa de composición que debería obtenerse sin dicho ataque y sin la influencia del carbono superficial.

APÉNDICE D:

PROGRAMAS INFORMÁTICOS.

A continuación se realiza una breve descripción de algunos de los programas informáticos elaborados en el transcurso de esta tesis y que nos han permitido efectuar simulaciones de modelos físicos sencillos, calcular las coordenadas de cromaticidad de las muestras, así como llevar a cabo la automatización de ciertos procesos en el marcado de imágenes en color sobre titanio. Todos los programas se han realizado con lenguaje Borland Delphi versión 5, que permite que sean ejecutados sin problemas en entornos MS-Windows.

D.1 Programa ‘InterfExtrem’.

Este programa simula el espectro de reflexión producido por fenómenos de interferencias en una capa transparente de espesor d y con índice de refracción n_1 , sobre un substrato con índice de refracción n_2 y coeficiente de extinción κ_2 , ambos inmersos en un medio de índice n_0 (Fig. D.1).

El cálculo de la reflectancia se realiza mediante la fórmula I.8 (*Sección I.3.2.d*) y el procedimiento es el siguiente: a partir del espectro de reflexión de una muestra determinada, se extraen las longitudes de onda en las que se observan un máximo (λ_{\max}) y un mínimo (λ_{\min}) consecutivos de la reflectancia (Fig. D.2). A continuación, se introducen estos valores en sus correspondientes apartados en el grupo ‘Parámetros’ y se elige un intervalo de longitudes de onda lo más ajustado posible que contenga a λ_{\max} y a λ_{\min} en el



Fig. D.1. Programa InterfExtrem.

grupo ‘Rangos’. Hay tres modalidades de simulación en las que se puede mantener como parámetros fijos (n_0 , n_2 , κ_2) eligiendo como variables (n_1 , d), o mantener fijos (n_0 , n_1 , κ_2) y variar (n_2 , d) o, incluso, variar (n_1 , d) manteniendo fijo n_0 pero teniendo en cuenta la dependencia con la longitud de onda de n_2 y κ_2 , los cuales se extraen desde un fichero de texto (ntitanio.dat). En todos estos casos se han de elegir los rangos en los que el programa ha de variar n_1 (n_2) y d , donde n_1 (n_2) varía en intervalos de 0.1 y d en intervalos configurables de Δd . Al pulsar el botón ‘Ejecutar’, el programa simula todos los espectros de reflexión compatibles con los rangos de variables elegidos. Sin embargo, de todos estos espectros sólo selecciona aquellos que presenten un máximo y un mínimo consecutivos de la reflectancia situados, respectivamente, en las longitudes de onda λ'_{\max} y λ'_{\min} que verifiquen la condición,

$$e = \sqrt{(\lambda'_{\max} - \lambda_{\max})^2 + (\lambda'_{\min} - \lambda_{\min})^2} \leq 10 \quad (D.1)$$

es decir, que el error cuadrático total de sus posiciones relativas sea menor que 10. Finalmente, los conjuntos de valores que producen espectros de reflexión compatibles con esta condición son representados en el grupo ‘Resultados’. Pulsando en los botones ‘+’ y ‘-’ se puede efectuar la exploración de todos estos resultados. Cada uno de estos espectros es grabado en el archivo de texto ‘reflectancia.dat’ para, posteriormente, poder ser representado por cualquiera de los programas de tratamiento de datos más comunes.

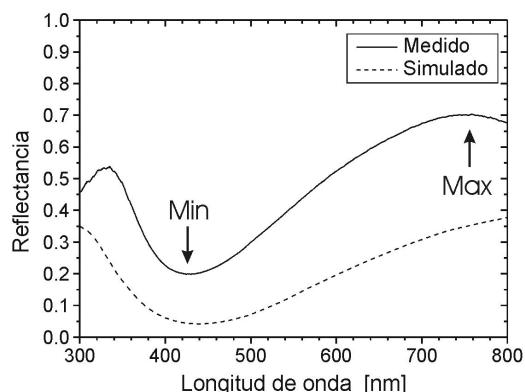


Fig. D.2. Espectro de reflexión medido por espectrofotometría y su equivalente simulado con el programa InterfExtrem de la muestra anodizada con 16 V.

D.2 Programa 'InterfCrom'.

Este programa calcula las coordenadas cromáticas en los espacios CIE1931 y CIELAB que presentaría, debido a fenómenos interferenciales, una capa transparente de espesor d y con índice de refracción n_1 , sobre un sustrato con índice de refracción n_2 y coeficiente de extinción κ_2 , ambos inmersos en un medio de índice n_0 . Una vez introducidos todos estos datos en el programa (Fig. D.3), el procedimiento consiste, en primer lugar, en la simulación del espectro de reflexión que presentaría este sistema calculado a partir de la ecuación I.8 (*Sección I.3.2.d*) y, posteriormente, en el cálculo de los valores triestímulos espectrales (X , Y , Z) según el conjunto de ecuaciones A.2. Las funciones colorimétricas, necesarias para éste cálculo, están contenidas en el fichero 'cie1931.txt'. De forma opcional se pueden visualizar las coordenadas deromaticidad (x , y , z) calculadas a partir de las ecuaciones A.3 y, también, las coordenadas del espacio CIELAB obtenidas con la ayuda de las siguientes expresiones,

$$L^* = \begin{cases} 116 \cdot \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n}} - 16 \Leftrightarrow \left(\frac{Y}{Y_n}\right) > 0.008856 \\ 903.3 \cdot \left(\frac{Y}{Y_n}\right) \Leftrightarrow \left(\frac{Y}{Y_n}\right) \leq 0.008856 \end{cases} \quad (D.2)$$

Apéndices

$$a^* = \begin{cases} 500 \cdot \left[\sqrt[3]{\frac{X}{X_n}} - \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n}} \right] \Leftrightarrow \left(\frac{Y}{Y_n} \right) > 0.008856 \\ 500 \cdot 7.787 \cdot \left[\left(\frac{X}{X_n} \right) - \left(\frac{Y}{Y_n} \right) \right] \Leftrightarrow \left(\frac{Y}{Y_n} \right) \leq 0.008856 \end{cases} \quad (\text{D.3})$$

$$b^* = \begin{cases} 200 \cdot \left[\sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n}} - \sqrt[3]{\frac{Z}{Z_n}} \right] \Leftrightarrow \left(\frac{Y}{Y_n} \right) > 0.008856 \\ 200 \cdot \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right) - \left(\frac{Z}{Z_n} \right) \right] \Leftrightarrow \left(\frac{Y}{Y_n} \right) \leq 0.008856 \end{cases} \quad (\text{D.4})$$

donde la calibración del espectrofotómetro Shimadzu UV-2101PC ha permitido deducir los valores $X_n = Y_n = 1088$ y $Z_n = 1094$.

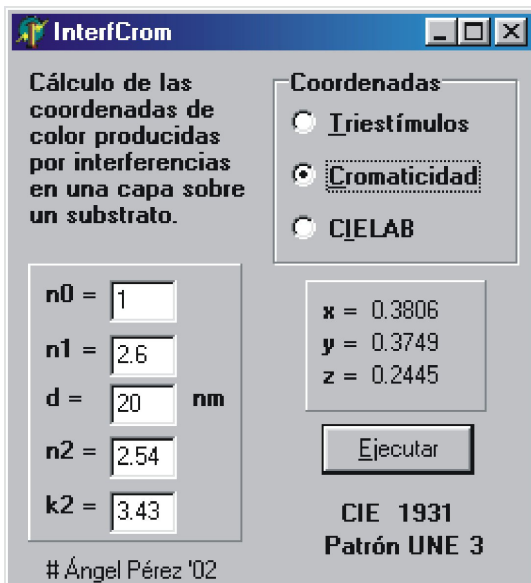


Fig. D.3. Programa InterfCrom.

D.3 Programa 'Cromat'.

Este programa calcula las coordenadas colorimétricas de cualquier muestra a partir de su espectro de reflexión obtenido con el espectrofotómetro Shimadzu UV-2101PC

utilizando una referencia de BaSO₄. Para obtener dichas coordenadas, basta con cargar el archivo ASCII correspondiente al espectro de reflexión de la muestra deseada (Fig. D.4). El cálculo de los valores triestímulos (X, Y, Z), las coordenadas de cromaticidad (x, y, z) y los valores LAB (L*, a*, b*) se efectúa con los mismos procedimientos utilizados en el programa 'InterfCrom'.



Fig. D.4. Programa Cromat.

D.4 Programa 'TifFpt'.

Este programa permite transformar imágenes TIFF a programas forma (FPT) realizados en el lenguaje de programación utilizado por el software del sistema láser (Baasel LBI-6000), para efectuar el marcado píxel a píxel de imágenes digitales en color sobre titanio. El procedimiento a seguir es el siguiente:

En primer lugar se carga en memoria RAM la imagen TIFF deseada (botón 'Abrir'), la cual ha de ser en blanco y negro, sin comprimir (1 bit por píxel) y con un máximo de 512000 píxeles. En el grupo 'Imagen' se muestra una serie de datos referentes a la imagen (dimensiones, número de píxeles, etc) e, incluso, ésta se puede invertir. En la zona inferior derecha se representa dicha imagen (Fig. D.5). A continuación, en el grupo 'Parámetros' se introducen los valores de los parámetros tecnológicos requeridos para obtener el color deseado y que han de ser anteriormente seleccionados a partir de las paletas de colores realizadas con píxeles. Los parámetros a modificar son la frecuencia de disparo, la intensidad de la lámpara de excitación, los tiempos de apertura y de espera, la distancia

Apéndices

entre píxeles consecutivos en el plano focal imagen de la lente y, finalmente, la posición inicial en dicho plano para el marcado de la imagen. Al pulsar el botón ‘Grabar’ comienza el proceso de creación de los programas forma que, al ser ejecutados en el sistema láser, serán los encargados de marcar la imagen sobre el sustrato. Debido a la limitada memoria RAM que posee el sistema informático del equipo, no es posible realizar un sólo programa forma para cada imagen, sino que se ha de crear una serie de programas numerados, en la que cada uno de ellos contiene las instrucciones para marcar un máximo de 750 píxeles. Puesto que, en algunos casos, el número de estos programas a ejecutar puede ser considerable, también se crea un programa cargador ‘nombre-elegido00.fpt’ que se encarga de ejecutar consecutivamente todos los demás, por lo que sólo habrá que ejecutar este programa cargador para realizar el proceso. También existe la posibilidad de crear un programa cargador (‘cargador.fpt’) de todos los programas forma que se encuentren en la unidad de disco mediante la opción ‘Cargador de A:\’. Con esta modalidad se consigue realizar el proceso de marcado ejecutando los programas desde la unidad de disco del sistema láser y, de esta manera, se evita tener que grabarlos en el disco duro.

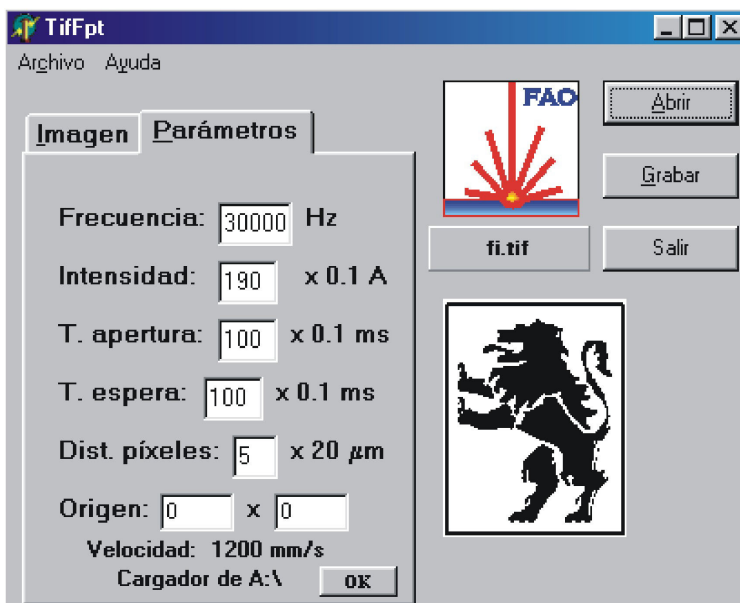


Fig. D.5. Programa TiffFpt.

APÉNDICE E:

RELACIÓN DE MUESTRAS EFECTUADAS.

A continuación se presenta una lista con todas las muestras realizadas en el presente trabajo en la que se indican los valores de los parámetros tecnológicos involucrados en los procesos así como algunos comentarios explicativos.

E.1 Muestras con píxeles de colores.

Muestra	Frecuencia [kHz]	Intensidad [A]	Tiempos de apertura / espera [ms]	Distancia entre píxeles [μm]	Distancia lente-substrato [mm]	Comentarios
EA45	1	12,14,16, 17,18,19	-	-	90 - 99	Un único pulso láser. Capítulo III.
PIXEL1	5,10,15,20, 25,30	19	0.1 – 1000 / 0	500	179	Matrices de píxeles con lente de $f = 160$ mm.
PIXEL2	15,20,25,30		2 – 32 / 0	400		
PIXEL3				300		
PIXEL4				400		
PIXEL5			8,10 / 0.1 – 1000	300,400		
PIXEL6			2 – 32 / 10	200		
PIXEL7			4,10 / 0.1,10,20	300		
PIXEL8						

Apéndices

PIXEL9			4,8,10,12,14,	300		Orden alternado.	
PIXEL10			16,18,20 / 0	400			
PIXEL11			4,5,8,14 / 10	300		Mezcla alternada de píxeles de colores.	
PIXEL12			4,5,8,14 / 100				
PIXEL13			4 / 1,10,100, 1000				
PIXEL14			4,8,10,12,14, 16,18,20 / 0	200		Orden alternado.	
PIXEL15			4 / 1,10,100, 1000	200,500			
PIXEL16	30		4 / 0	300			
PIXEL17			4 – 2,3,3.5 / 10,20,100	300			
PIXEL17A			4 / 20	300			
PIXEL18			5.5,9 / 20,100	300,400			
PIXEL18A			5,11 / 20,100	400			
PIXEL19			1 / 0,20	300			
PIXEL20			2 / 0,20				
PIXEL21			4,6 / 0,20				
PIXEL22				0.1 – 16 / 0	300		Color uniforme.
PALETA		30	19	2 – 25.5 / 20	300	179	Paleta de píxeles.
PX1	15,20,25,30	19	2 – 16 / 0,20	300	94	Píxeles de colores con lente de f = 100 mm.	
PX2			2 – 32 / 1	100	94		
PX3			2 – 32 / 10,50				
PX4	30	17,19	2 – 16 / 10	100	98,99		
PX5			0.1 – 17 / 10,20,50				
PX6	20,25,30	16,17	2 – 32 / 10,20,50	100	99		
PX7			2- 32 / 20				

PX8	5,10,20, 25,30	17,18	2 – 32 / 10,20			
PX9	20,25,30	15,19	2 – 32 / 0.1,10,50			
PX10		19	2 – 110 / 10	70,100, 125	92,99	
PX11			2 – 32 / 10	125	94	
PX12		16,19	2 – 32 / 50,100	70		
PX13			2 – 32 / 50			
PX14		19	2 – 32 / 10	125		
PX15				200		
PX16				100		
PX17	0	15,19	2 – 16 / 10,50	100,200	94,96	Modo continuo
PX18					92,94	Modo continuo.
DS	20,30	15.5,18.5, 19	0.9 – 18.5 / -	1000	179	Medida de diámetros de píxeles.
LIN	30	19	0.9 – 18.5 / -	1000	179	Lente de f= 160 mm. Capítulo III.

E.2 Muestras con trazas láser.

<i>Muestra</i>	Frecuencia [kHz]	Intensidad [A]	Velocidad de barrido [mm/s]	Distancia lente- substrato [mm]	Comentarios
LS1	1	19	40,75,120,225	179	Estudios preliminares de trazas realizadas con láser.
LS2	10,30		400,750,1200		
LS3	1	12	40,75,120,225		
LS4	10,30		400,750,1200		
LS5	1	19	4,8,12,23		
LS6	10,30		40,75,120		
LS7	1	174	40,75,120,225		
LS8	10,30		400,750,1200		

Apéndices

LAC	0		25,80,100,140,240,260,350	179	Estudio del Capítulo III.
LIN	30		25,30,55,88,120,180,300		Igual que LIN.
LIN2	30		25,30,55,88,120,180,300		Distinta duración de los pulsos.
TCS1	0	19	100,140,240,350 / 0 μm	179	Trazas en modo continuo solapadas.
TCS2			100,140,240,350 / 100 μm		
TCS3			100,140,240,350 / 300 μm		

E.3 Muestras con áreas.

Muestra	Frecuencia [kHz]	Intensidad [A]	Velocidad de barrido [mm/s]	Distancia entre trazas [μm]	Distancia lente-substrato [mm]	Tiempo de espera entre trazas [ms]	Comentarios
CT1	30	19	1,10,100,500,1200	100,200, 300,400	179	0	Matrices de áreas.
CT2	25						
CT3	20						
CT4	30	12,15,19	100	100	174,179	0,10,100, 1000	
CT5	1	19	1,10,100,500,1200	100,200, 300,400	170	0	
CT6	10						
CT7	10	12,14,	50,100,200, 300,400	100			
CT8	1	16,18					
CT9	20	19	1,10,100, 500,1200	100,200, 300,400			
CT10	20	12,14, 16,18	50,100,200, 300,400	100			
CT11	30	19	1,10,100, 500,1200	100,200, 300,400			
CT12	30	12,14, 16,18	50,100,200, 300,400	100			

Apéndices

CT13	10,20,30	18	30,40,50,60,70,80, 100,120,140,160,180	100,200, 300,400						
CT14			80 – 158	100	170,179					
CT15	30	19	100	200,300	170			179	Varias pasadas.	
CT16										
CT17	10,20,30	18	80,100,120, 140,160	100	170			179	Se calienta el titanio a 400 °C.	
CT18										
2CT	30	19	100	100	179			Cambio de sentido en el mercado.		
PA1	30	19	100	300	179			1000	Paletas de colores con varias pasadas.	
PA2										
PA3						1200	200			0
PA4						Más pasadas.				
PC1	30	19	20 - 120	200	179	500	Paletas de colores.			
PC2			10 - 55							
PC3			120 - 161							
PC3			162 - 203							
PC5			20 - 120							
PC6			10 - 285							
PC7										
PC8								100		
PC9			20					15.5	20 - 185	200
PC10								18.5		
PC11			30					19		
PC12	0	19	25 - 300	200	2000	Paletas en modo continuo.				
PC13			20 - 1200	100						
PC14			25 - 300	200						
PC15										
PAL1	30	19	50 – 350 / 50 – 350	200	179	500	Paletas de colores con solapamiento bidimensional.			
PAL2			20 – 80 / 20 – 80							
PAL3			30 - 90 / 100 - 400							
PAL4			60 - 90 / 500 - 1100							
PAL5			25 - 55 / 500 - 1100							

Apéndices

G1	30	19	25	200	179	500	Áreas de colores en modo pulsado.
G2				100			
G3				40			
G4							
V1			30	200			
V2				100			
V3				40			
V4							
A1			55	200			
A2				100			
A3				40			
A4							
L1			88	200			
L2				100			
L3				40			
L4							
M1			120	200			
M2				100			
M3				40			
M4							
D1	180	200					
D2		100					
D3		40					
D4							
P1	300	200					
P2		100					
P3		40					
P4							
AC1	0	19	350	100	179	2000	Áreas de colores en modo continuo.
AC2			260				
AC3			240				
AC4			140				
AC5			100				
AC6			80				
AC7			25				
DP1	30	19	55 / 300	200	179	500	Doble pasada.

Apéndices

SOL1	30	19	20	200, 180, 160, 120	179	500	Evolución de los surcos.
EGYC	30	19	25	40	179	500	Estudio de la grietas diagonales.
VP1	30	19	55 , 1100	200	179	500	Varias pasadas
VP2			55, 300				

