



SISTEMA AUTOMÁTICO DE DESPLAZAMIENTO PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS DE CRECIMIENTO MEDIANTE LA TÉCNICA DE LPE

J. Fabián Mendoza
Universidad Autónoma de Baja California
Calle de los Misioneros s/n, Col Centro, Mexicali B. C., 21000
montoya@hotmail.com

G. Pérez, J. Olvera
Universidad Autónoma de Puebla
4 Sur 104, Puebla Pue., 72000
jgperezl@siu.buap.mx, jolvera@siu.buap.mx

RESUMEN

Algunos de los factores importantes para obtener resultados adecuados en el crecimiento de cristales sobre un sustrato mediante la técnica de Epitaxia en Fase Líquida son: mantener la exactitud en la temperatura, controlar el tiempo del proceso y, la colocación adecuada del material semiconductor sobre los sustratos. En este trabajo se presenta el desarrollo y la automatización de un sistema mecánico de desplazamiento para optimizar el posicionamiento de los materiales semiconductores sobre un sustrato. La automatización de este sistema se llevó a cabo con una tarjeta de adquisición de datos y control PCL-711S y los programas GENIE desarrollados con este fin. Se incluyen las estrategias implementadas para definir la trayectoria y los tiempos de operación del sistema mecánico de desplazamiento. Los resultados mostraron que el sistema presenta alta confiabilidad en su operación y un ambiente accesible para el operador.

1. INTRODUCCION

El concepto de “epitaxia” fue presentado por primer vez por Royer [1]. El término “epitaxia” puede ser definido como “la deposición de una capa cristalina única en una única capa de sustrato cristalino; de tal manera que, la estructura cristalina del sustrato sea continuada dentro de la capa” [2]. El término “Epitaxia en Fase Líquida” (LPE) es normalmente entendido o quiere decir crecimiento de capas epitaxiales de soluciones a una cierta temperatura. Es difícil establecer los orígenes de la técnica de crecimiento, pero actualmente el trabajo de Nelson [3] es el más aceptado.

El sistema empleado para realizar los procesos de LPE consiste básicamente en un horno, en cuyo interior se realiza el fundido de los materiales a depositar. Dicho fundido requiere, además, de una limpieza extrema. Así mismo, que la temperatura y los tiempos de crecimiento estén perfectamente controlados. Otra variable de interés

es la posición de los materiales semiconductores que se colocan sobre el sustrato. La manera usual de realizar la colocación de estas sustancias es en forma manual; sin embargo, esto genera errores en el crecimiento y dificulta la reproducibilidad de los procesos. Con el fin de evitar los errores en el crecimiento de las capas epitaxiales y de lograr la confiabilidad de los procesos, se diseñó un sistema mecánico de desplazamiento lineal que mueve una varilla y esta a su vez mueve a una regleta de grafito sobre la cual se colocan los materiales semiconductores a depositar. Fue necesario, además, diseñar y probar el sistema automático de desplazamiento. Con este propósito se escogió una tarjeta de adquisición de datos y control y se elaboraron las estrategias de control correspondientes en una PC. A continuación se describen las partes que conforman al sistema de desplazamiento en su conjunto.

2. SISTEMA MECÁNICO DE POSICIÓN

Para obtener el posicionamiento de los materiales semiconductores sobre el sustrato, el horno de LPE cuenta con una varilla en su interior que se puede desplazar linealmente. La varilla se desplaza tomándola por un extremo y empujándola o retirándola hacia la posición deseada. Para reproducir esta función por medio de un sistema mecánico, se pensó en una base que se pudiese desplazar por medio de un tornillo sin fin. Para esto fue necesario diseñar un sistema que tuviese dos soportes en los extremos de un tornillo sin fin y que en uno de los extremos se colocara un motor de pasos. El motor de pasos se controló por medio de una interfaz de potencia, la cual a su vez, se conectó a la tarjeta PCL – 711S [4]. La figura 1 muestra el diagrama esquemático del sistema mecánico de desplazamiento diseñado. El sistema cuenta con una carrera de 30 cm; mientras que, el tornillo sin fin es de 20 pasos/pulgada. El motor de pasos es de 6 hilos tipo 103G770-2311 de la compañía Step-Syn.

3. SISTEMA DE CONTROL

INTERFAZ DEL MOTOR DE PASOS

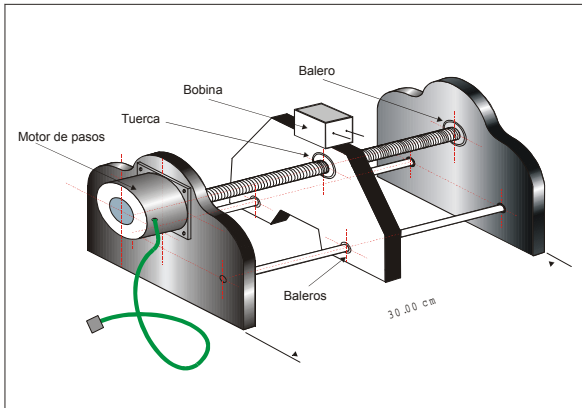


Figura 1. Sistema mecánico de desplazamiento.

El sistema de control está constituido básicamente por la tarjeta PCL – 711S y por un conjunto de estrategias elaboradas para controlar la interfaz del motor de pasos. Las estrategias se elaboraron por medio de los programas de adquisición de datos y control GENIE [5]. Internamente la interfaz del motor de pasos cuenta con un oscilador que actúa como reloj a una frecuencia de 400 Hz. Para manejar el motor de pasos, la interfaz requiere que se introduzca en sus entradas los estados lógicos de las señales de control. Particularmente; la habilitación de movimiento del motor, por medio del pulso de permiso de salida (P.P.S.); el sentido de giro del motor, por medio del pulso de dirección (P.D.); la opción de conectar un reloj externo, por medio del pulso de permiso externo (P.P.E.); y finalmente la opción de contar externamente con el pulso del reloj interno, por medio del pulso de permiso interno (P.P.I.). La figura 2 muestra las características de la interfaz para controlar el motor de pasos.

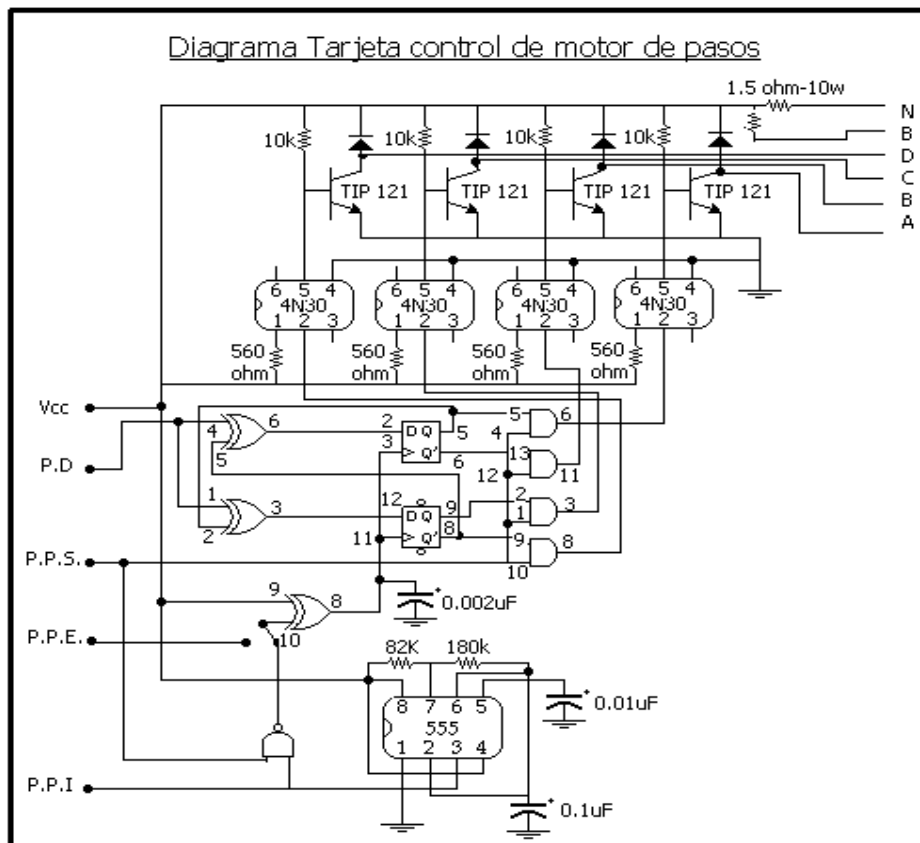


Fig. 2 Interfaz para controlar el motor de pasos

ESTRATEGIA DE CONTROL

Para diseñar la estrategia de control se tomó en cuenta, en primer lugar, las señales que requiere tanto la interfaz de control del motor de pasos como la señal necesaria para alimentar la bobina. Básicamente se requiere de tres bits para efectuar el control; uno para la habilitación del movimiento del motor de pasos (P.P.S.), otro para la dirección de éste (P.D.), y finalmente el que emplea la bobina (P.B.). Por otra parte se requiere detectar el pulso

del reloj interno de la interfaz, con el fin de llevar la contabilidad del número de pulsos que se ha aplicado al motor de pasos, y de esta manera, conocer la posición real de la varilla interna del horno de LPE. Esta serie de pulsos de entrada y salida se procesaron por medio de una estrategia para dar al sistema de control la posibilidad de manejar el sistema mecánico en forma manual o automática. La figura 3 muestra la estrategia diseñada con este fin.

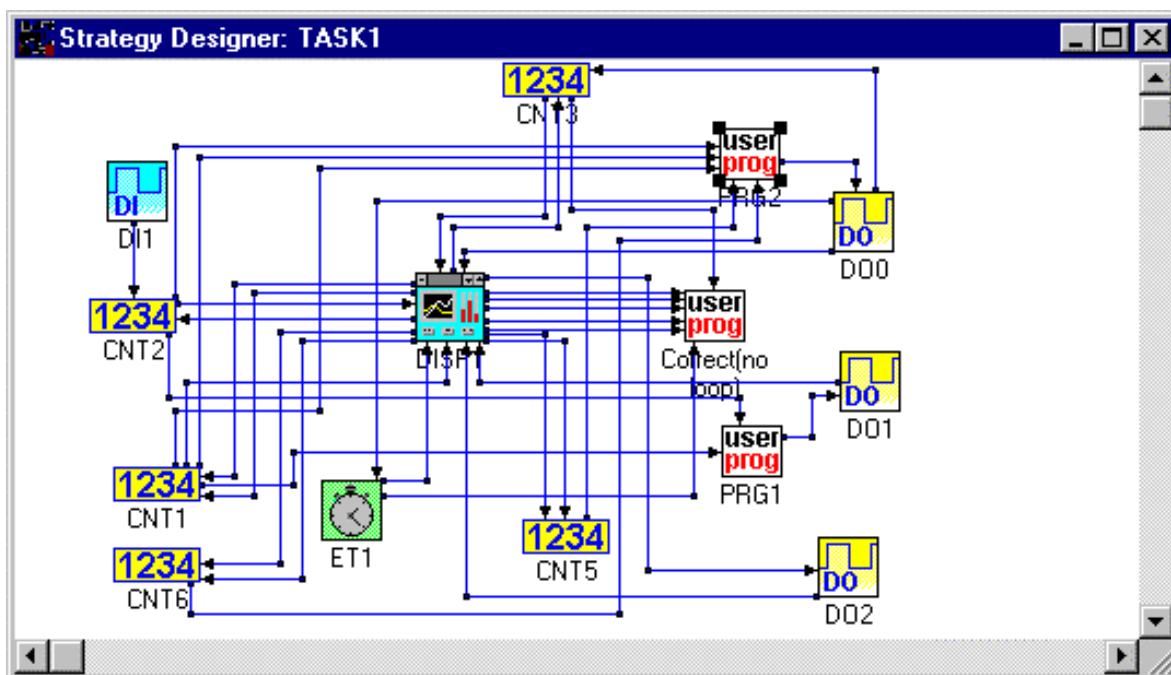


Fig. 3 Estrategia para controlar el sistema de desplazamiento

En esta estrategia, el bloque DISP1 corresponde a la pantalla de exhibición. Dentro de este bloque se encuentran definidos los controles de la interfaz PCL-711S, los cuales están etiquetados con los siguientes nombres:

- Botón IzquierdaBBTN7
- Botón Derecha.....BBTN8
- Botón Automático.....BBTN3
- Botón Reset.....BBTN4
- Botón Bobina.....BBTN5
- Recorrido.....NCTL1
- Espera.....NCTL2

Los controles de la interfaz se aprecian directamente en la pantalla mostrada por la figura 4.

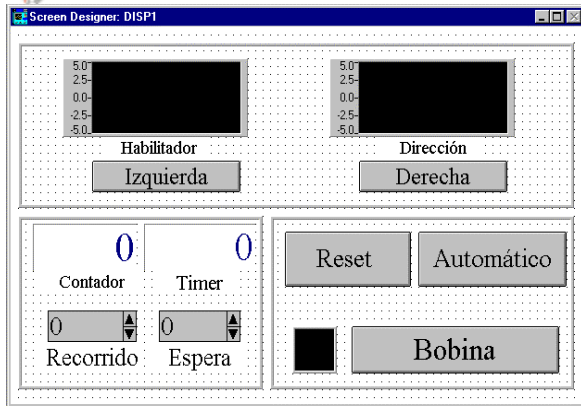


Fig. 4 Tablero del sistema de control de desplazamiento
La estrategia diseñada en la figura 3, también manifiesta la relación que existe entre las señales generadas por la interfaz PCL-711S (DO0, DO1 y DO2), y las señales requeridas por la interfaz del motor de pasos (P.P.S, P.D) y por la bobina (P.B.), las cuales corresponden en el orden indicado. También se indica la relación de estas señales con respecto a los contadores (CNT1,CNT2, CNT3, CNT5, y CNT6). El bloque CNT1 tiene como entrada la salida del botón “Automático” (BBTN3) y reinicia con el botón “Reset” (BBTN4). El bloque CNT3 tiene como entrada la salida del bloque DO0 el cual corresponde a la salida del bit habilitador, y se reinicia con la salida del botón “Automático” (BBTN3). El bloque CNT5 tiene como entrada la salida del botón “Derecha” (BBTN8) y reinicia con la salida del botón “Reset” (BBTN4). Finalmente, el contador CNT6 tiene como entrada la salida del botón “Izquierda” y reinicia con el boton “Reset”. Estos cuatro contadores sólo funcionan como banderas, las cuales proporcionan información acerca del estado del programa o de la etapa del proceso en que se encuentra el programa, todo esto con el fin de facilitar la programación de los programas de usuario (USER PROGRAM), los cuales se muestran en la figura 3. El bloque CNT2 se encuentra conectado directamente al bloque D11 el cual actúa como interfaz de entrada digital. Mediante este bloque se introducen a la interfaz digital de la tarjeta PCL-711S, los pulsos que están llegando al motor de pasos.

Los USER PROGRAMS son bloques cuyas salidas están condicionadas por un programa interno que el usuario elabora dentro de el. La figura 5 muestra la ventana de diálogo del bloque User Program “Correct(no loop)”.

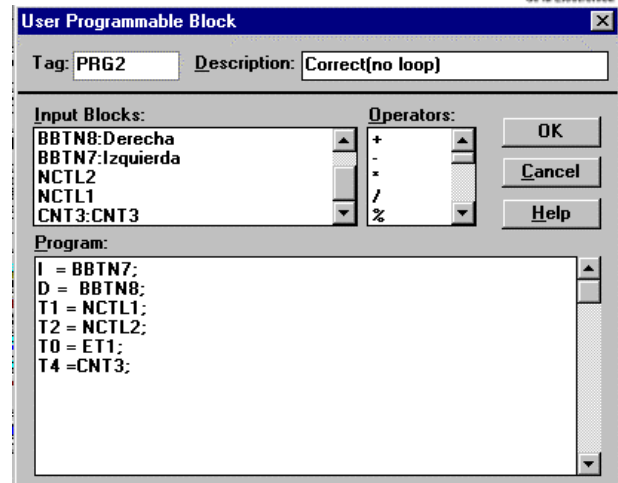


Fig. 5 Programa de usuario “Correct(no loop)”

En este bloque se cambian las etiquetas de los contadores, botones y algunos exhibidores numéricos, con el fin de evitar la confusión al hacer los programas y también para facilitar la creación de los mismos. En este bloque se encuentran los siguientes cambios de etiqueta:

I = BBTN7 (botón Izquierda)
D = BBTN8 (botón Derecha)
T1 = NCTL1 (valor del botón recorrido)
T2 = NCTL2 (valor del botón espera)
T0 = ET1 (valor del bloque timer o ET1)
T4 = CNT3 (valor del contador CNT3)

El bloque User Program “PRG2” condiciona la salida del bit habilitador en función de todos los contadores, algunos botones de la pantalla de usuario, al timer (ET1) y algunos otros bloques. La figura 6 muestra la ventana de diálogo que contiene la información de entradas a este bloque y el programa interno.

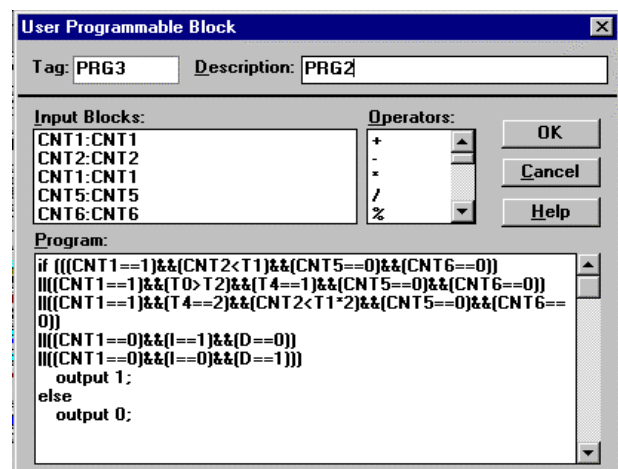


Fig. 6 Programa de usuario PRG2



El bloque User Program “PRG1” condiciona la salida del bit de dirección en función de todos los contadores, algunos botones de la pantalla de usuario, el temporizador (ET1) y algunos otros bloques. La figura 7 muestra la ventana de diálogo que contiene la información de entradas a este bloque y el programa interno.

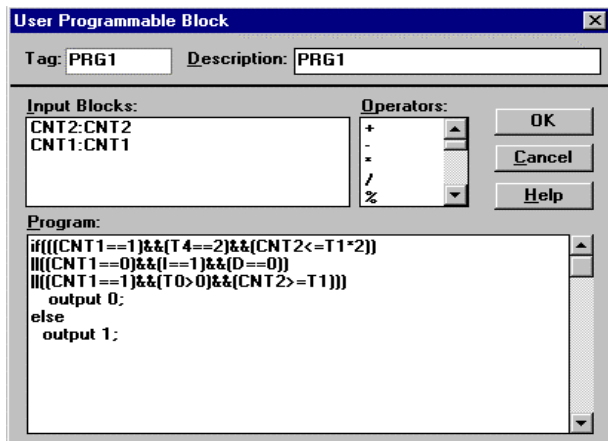


Fig. 7 Programa de usuario PRG1

4. PRUEBAS EXPERIMENTALES

Una vez terminada la fabricación del sistema mecánico, la interfaz del motor de pasos y las estrategias de control, se procedió a ensamblar el sistema en su conjunto. Las pruebas realizadas manifestaron una plena confiabilidad en la operación del sistema. Dado un origen se introdujeron rutinas de avance y retroceso; en estas condiciones, el sistema retornó siempre a su lugar de origen. El panel de control se manejó en un ambiente amigable y sencillo.

5. CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó un sistema mecánico de desplazamiento para controlar la varilla interna de un horno de LPE.

Se diseñó y construyó una interfaz de potencia para manejar los motores de pasos. El reloj interno de la interfaz, permite manejar el motor de pasos con solo dos señales externas; habilitación del movimiento del motor y dirección.

Se definieron estrategias de control para controlar el motor de pasos en un ambiente amigable y sencillo. Las estrategias supervisan permanentemente el número de pasos que se está introduciendo al motor.

Las pruebas experimentales realizadas con varias rutinas de movimiento, manifiestan que el sistema de desplazamiento implementado es confiable.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la asistencia del C. Nicolás Morales López, por la elaboración de los dibujos del sistema mecánico.

REFERENCIAS:

- [1] Roger L., Bull., *Soc., Fr., Miner*, **51** (1928) 7
- [2] Astles, M. G., *Liquid Phase Epitaxial Growth of III-V Compound Semiconductor Materials and their Device Applications*. Adam Hilger, Bristol, Philadelphia and New York.
- [3] Nelson H., *RCA Rev*, 24 (1963) 603.
- [4] *PC-LabCard, User's manual*, Advantech Co., Ltd.
- [5] *Genie reference manual*, Advantech Co., Ltd.