

Evaluación de método de reciclado de wafer para uso en el área de masterizado en TCMX

Sergio Azpeitia Diosdado¹

¹Estudiante de posgrado ciateq

bcabordados@Yahoo.com.mx

RESUMEN.

Technicolor, líder a nivel mundial en la Manufactura de los discos replicados con contenido visual de películas y o series, ha introducido este formato a sus líneas de producción, esto conlleva a utilizar en el área de masterizado, los wafer (oblas de silicio) llegan sin información (Limpio) a la planta donde se le aplica el proceso de metalizado de capas, la primera capa de 7 micras de espesor de Silicio, y posteriormente una capa de 7 micras de espesor de Molibdeno (sensible a la luz). Este proceso tiene la propiedad de pasar la información en forma de pit (son quemados por un rayo láser azul de ahí su nombre Blue ray), se utilizan una sola vez en el proceso, son almacenados, listos para ser enviados a reciclar, una parte se envía a E.U. y otra parte a Japón y son devueltos a la empresa como wafer reciclados, teniendo la calidad y funcionalidad que tiene uno nuevo. Se realiza este proyecto con la finalidad de que los wafer puedan ser reciclados, dentro de la misma empresa, con la misma calidad, funcionalidad para volver ser reciclados. Para realizar este proyecto es necesario tener el conocimiento de formas de pulidos, tipos de abrasivos, sin que afecten la funcionalidad y calidad del wafer. Los resultados obtenidos fueron buenos quitando la segunda capa de Molibdeno por medio de una reacción química, dejando para un futuro la primera capa.

Palabras Claves: Wafer, TTV, Pulimento.

1 INTRODUCCIÓN.

En el pasado hace pocas décadas, la industria de semiconductores ha crecido más rápidamente y la tecnología ha avanzado en el desarrollo de circuitos integrados (3DS-IC). Lo que hoy es utilizado para el replicado de disco, es necesario cuidar dos características importantes de los Wafer: La rugosidad y la uniformidad del espesor, en wafer de Si (silicio) es crítico para obtener un producto confiable y con el rendimiento deseado, que se describe como la variación total (TTV) como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1.- Parámetros importantes en el área de Masterizado

MASTERIZADO BD				
Ref.	Parametros	Deficiencia	Objetivo	Tolerancia
5.1	Diámetro del Wafer	Diametro de la oblea	200 mm	+/-0.25mm
	Espesor del Wafer	Grueso de la oblea	725 um	+/- 25 um
	TTV del Wafer	Variación Total de espesor	<=3 um	0
5.17	Cosméticos del wafer	Defectos físicos en el area de información	0	0

El pulido de los wafer es un proceso mecánico-químico (chemical-mechanical-Polishing "CMP"). La figura 1, muestra los componentes principales del CMP compuesto por una pulidora, la platina que soporta el disco ocojincillo abrillantador giratorio ,un pulimento en polvo o pasta según las necesidades del abrasivo (micras y nanómetros) este corre a través del cojincillo y realiza el contacto con el wafer, para obtener un buen acabado espejo es necesario controlar las revoluciones, presión, tiempo, abrasivos y material del cojincillo bajo los cuales se realizara el proceso.[1]



Figura 1.- Configuración de la CMP.

Para el proceso de pulido de wafer, existen dos etapas, una es el proceso de pulido mecánico-químico (CMP), utilizando una pulidora, un fluido como pulimento, la oblea de silicio y el cojincillo y la segunda etapa es el pulido del borde del wafer usando terminado ultrasónico CPM (UF-CMP) para dar el acabado espejo.[2]

2 FUNDAMENTOS

En la figura 2 se muestra como es quemado el wafer con las dos capas aplicadas por medio del rayo láser azul (por eso el nombre de Blue ray), y levanta los pícs que es la información. Una vez que el wafer ha sido recubierto pasa al proceso de "corte" que básicamente consiste en exponer a la superficie previamente recubierta a una luz láser

para poder comenzar a grabar la información. La Figura 2 muestra como el material de Molibdeno se “infla” creando así un “pit” inverso. En esta figura se puede observar como se ve simulada la onda de luz láser incidiendo en la superficie del Molibdeno haciendo que éste se “infle” generando un “pit”.

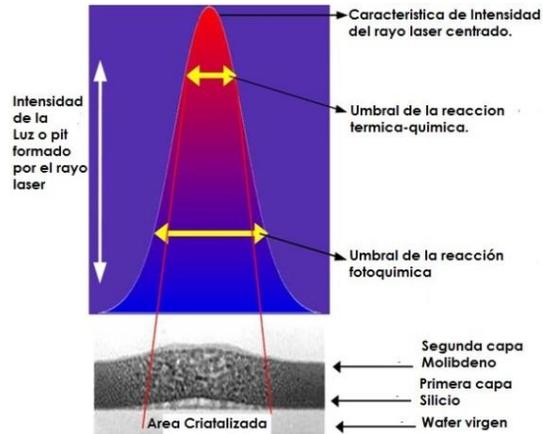


Figura 2.- Representación de Exposición laser

Una vez que el wafer es sensibilizado por el láser, pasa a una etapa de revelado en donde es removido el material que no fue sensibilizado, ya que el material cristalizado permanece ahí. En la figura 3, se muestra una imagen de un Microscopio de Fuerza Atómica (AFM) en un área de un nanómetro donde se pueden ver los “pit” ya formados.

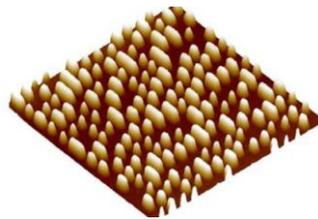


Figura 3.-Pits en 3a dimensión

El mínimo tamaño que se puede obtener de un “pit” en Blue-Ray es de 0.15micras, la figura 4, muestra un comparativo de la separación de las pistas y la longitud que puede alcanzar un “pit” en diferentes formatos, A “CD”, B “DVD” y C “BD”.

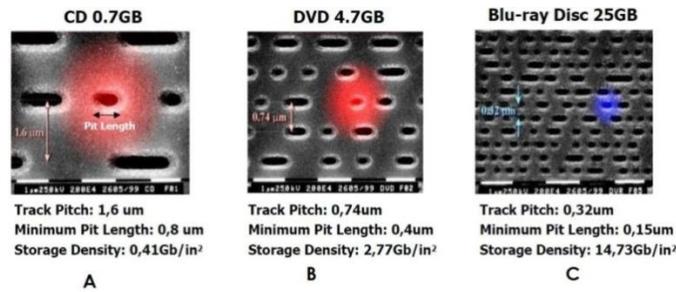


Figura 4.- Comparación de Formatos

Y por es necesario la eliminación de información que se grabo en el disco entre las capas del Silicio y el Molibdeno para volverlos a utilizar dentro del proceso de Masterizado.

3 PROCEDIMIENTO

Realizaremos un análisis sobre el grueso de las capas aplicadas por medio de Masterizado (sputtering) en los wafer, para determinar el grueso de las capas que tenemos que rebajar en el proceso de pulido, procedimiento que se consistirá en:

1 Línea Base.

Tenemos que asegurarnos que realmente estamos depositando capas de 7nm de espesor en el wafer y para esto se hizo lo siguiente:

Por lo que se preparó un wafer con 3 capas de material de Silicio y 3 capas de material de Molibdeno. En el wafer se colocaron 3 etiquetas las cuales estarían generando los escalones deseados para poder medir en un microscopio de fuerza atómica (AFM) la altura que realmente existe en el proceso de metalizado (sputter) Figura 5.



Figura 5.- Representación de recubrimiento de wafer para conocer las alturas.

En la figuras 6, se representa como se pusieron los pedazos de cinta para poder bloquear a cada target.

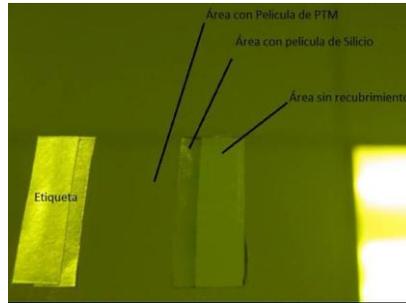


Figura 6.- Escalones de capas aplicadas al wafer

Utilizando un microscopio de fuerza atómica (AFM) Figura 7, se procedió a medir cada uno de los escalones mostrados en la figura 5.



Figura 7.- Microscopio de Fuerza Atómica (AFM).

Molibdeno – Silicio. En la figura 8a, se muestra el primer escalón entre al recubrimiento de Molibdeno-Silicio. El barrido fue de 108 micras. La altura del escalón entre el material fue un promedio de las 3 mediciones fue de 84.37nm los cuales representan las 3 capas de molibdeno para esta prueba, por lo tanto en el proceso normal de recubrimiento del Molibdeno con una sola capa el espesor es de 28.12nm. La figura 8b, se muestra una imagen 3D en la que se observa el escalón de esta prueba.

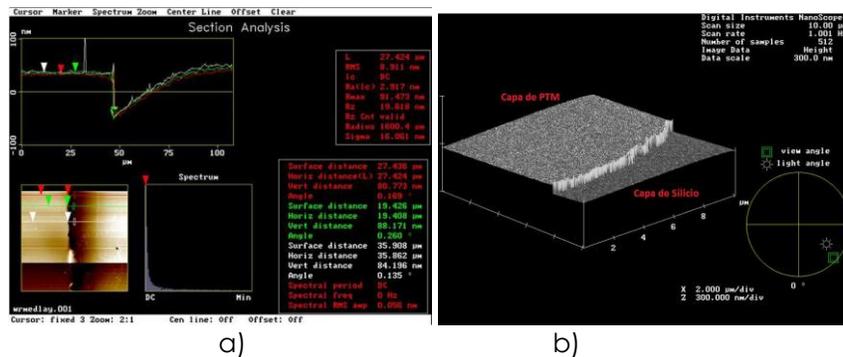


Figura 8.- Escalón Molibdeno a Silicio figura 8a, y Figura 8b, Escalón de PTM a Silicio en 3D.

Obteniendo también los resultados de las dos escalones restantes:

Silicio – Wafer.

Se mide el segundo escalón entre el recubrimiento de Silicio-Wafer. El barrido de igual forma fue de 108 micras. El promedio de las 3 mediciones fue 98 nm los que representan las 3 capas de Silicio para esta prueba, por lo tanto en el proceso normal de recubrimiento del silicio con una sola capa el espesor es de 32.2nm.

Molibdeno – Wafer.

Para el tercer escalón entre el recubrimiento de Molibdeno-Wafer. El barrido fue de 108 micras. El promedio de la 3 mediciones fue 174 nm los cuales representan las 3 capas de Molibdeno para esta prueba, por lo tanto en el proceso normal de recubrimiento del PTM con una sola capa el espesor es de 58.2nm.

Como se puede observar en la tabla 2 el

Tabla 2.- Resumen Línea Base

Datos de Microscopio

	Altura 1 nm	Altura 2 nm	Altura 3 nm	Altura Avg nm	Altura avg de Proceso
M al Silicio	80.733	88.171	84.196	84.36666667	28.1
Silicio al Wafer	118.06	80.442	96.844	98.44866667	32.8
M al Wafer	171.27	178.99	171.74	174	58

	Rugosidad Ra nm	Ra avg nm
Molbdeno	38.747	2.277
Silicio	No se tomo	No se tomo
Wafer	57.024	3.23

Estas pruebas nos ayudaron a conocer realmente las alturas de las capas que se están poniendo en wafer antes de ser sensibilizado por la luz láser.

Así mismo para conocer la diferencia entre su resistividad, rugosidad y TTV de un Wafer nuevo y uno reciclado. Esto se muestra en la tabla 3

Tabla 3.- Resumen Línea Base ADE_Perfilometro W1

Datos del ADE y Perfilometro

<i>Sin recubrir</i>	<i>Wafer Nuevo</i>				<i>Wafer reciclado</i>			
<i>Resistividad</i>	<i>R0</i>	<i>R70</i>	<i>R80</i>	<i>R90</i>	<i>R0</i>	<i>R70</i>	<i>R80</i>	<i>R90</i>
	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rugosidad</i>	<i>Ra</i>				<i>Ra</i>			
	0.02677	0.02847	0.0347	0.05532	0.02604	0.03068	0.03686	0.004794
	<i>RzDin</i>				<i>RzDin</i>			
	0.07949	0.08275	0.1156	0.17674	0.08678	0.12135	0.12804	0.14868
<i>TTV</i>	5.5				2.3			

<i>Recubierto</i>	<i>Wafer Nuevo</i>				<i>Wafer reciclado</i>			
<i>Resistividad</i>	<i>R0</i>	<i>R70</i>	<i>R80</i>	<i>R90</i>	<i>R0</i>	<i>R70</i>	<i>R80</i>	<i>R90</i>
	294.98	317.65	336.78	365.91	292.67	314.16	329.74	355.57
<i>Rugosidad</i>	<i>Ra</i>				<i>Ra</i>			
	0.005222	0.06655	0.05639	0.05925	0.02063	0.04284	0.0644	0.04978
	<i>RzDin</i>				<i>RzDin</i>			
	0.25879	0.29334	0.22132	0.22195	0.06145	0.13634	0.2155	0.088816
<i>TTV</i>	2.5				2.4			

En otras palabras los datos mostrados en la Tabla 2 muestra datos procedentes del AFM, mientras que los datos mostrados en las Tablas 3, muestran datos del equipo de medición ADE para medir TTV y del Perfilómetro para medir rugosidad, finalmente del equipo de Resistividad, el cual mide ésta en ohm.

4 RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

Una vez teniendo los datos de que altura vamos a desbastar, la cual estamos hablando de nanómetros, procedemos a desbastar la segunda capa con reacción química Se realiza Se mete en una tina en baño normal o baño maría con el químico (Tetramethy lamimorium Hidroxide 75-59-2 NMD-W 2.38%), los lotes de wafer reciclados cubiertos en la parte posterior con un protector de plástico, porque es abrasivo el ácido y ataca toda esta parte posterior, la parte frontal queda al descubierto para tener contacto con el químico. En un ciclo cerrado dentro de la tina circula el ácido para tener mejor contacto e ir desbastando la segunda capa, realizando los siguientes:

Se somete a diferentes condiciones de temperatura (en grados °C), tiempo (horas) y flujo los lotes de wafer

Descripción del DDE (Diseño de Experimentos).

Como se puede apreciar en la declaración de las variables el DDE, constara de el DDE está basado en 3 factores con dos niveles cada uno, y con dos puntos centrales, el factor de Flujo ha sido bloqueado para que el experimento sea más exacto.

Con ayuda del Minitab, se ha obtenido las 18 corridas con 1 repetición incluida, que se debe de hacer, entiéndase por cada corrida un wafer a utilizar, dichos wafers serán sometidos a varias pruebas para poder determinar las condiciones más favorables para poder obtener los resultados que se esperan.

La representación del DDE creada por el software Minitab se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4.- DDE 3 Factores 2 Niveles

OrdenEst	OrdenCorrid	PtCentral	Bloques	Temperatura	Tiempo
1	1	1	1	20	2
5	5	1	1	20	2
9	9	1	1	20	2
13	13	1	1	20	2
3	3	1	1	20	12
7	7	1	1	20	12
11	11	1	1	20	12
15	15	1	1	20	12
17	17	0	1	33	7
18	18	0	1	33	7
2	2	1	1	46	2
6	6	1	1	46	2
10	10	1	1	46	2
14	14	1	1	46	2
4	4	1	1	46	12
8	8	1	1	46	12
12	12	1	1	46	12
16	16	1	1	46	12

La representación de la Tabal 4, se muestra en la Figura 9, como se acomodaron los wafer en la tina y se identifica con diferente código para su análisis.



Figura 9.- Representación esquemática del DDE

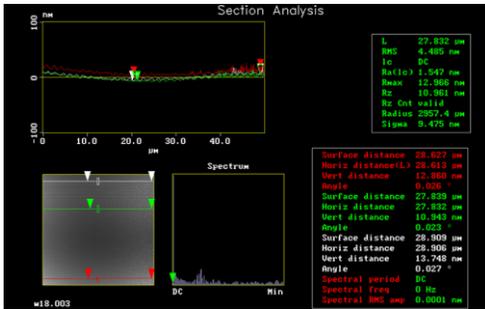
Todos los 18 wafers fueron medidos en el AFM y en ADE para obtener la altura y su TTV en función a las variables de salida declaradas en el punto. La Tabla No.5, muestra todos los valores que se obtuvieron en dichas mediciones.

Tabla 5.- Resultados del DDE

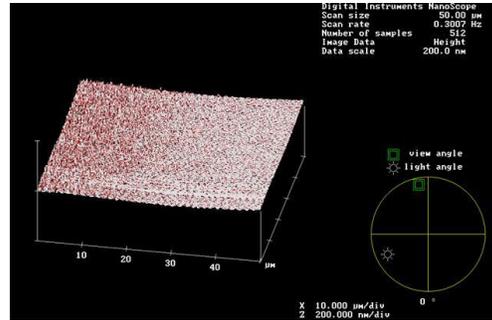
↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7-T	C8	C9
	OrdenEst	OrdenCorrida	PtCentral	Bloques	Temperatura	Tiempo	Flujo	Altura	TTV
1	1	1	1	1	20	2	NO	4.80	3.2
2	2	2	1	1	46	2	NO	70.50	2.9
3	3	3	1	1	20	12	NO	8.90	2.8
4	4	4	1	1	46	12	NO	152.60	3.9
5	5	5	1	1	20	2	SI	4.50	2.1
6	6	6	1	1	46	2	SI	68.59	3.6
7	7	7	1	1	20	12	SI	9.60	2.4
8	8	8	1	1	46	12	SI	148.20	2.6
9	9	9	1	1	20	2	NO	4.10	2.5
10	10	10	1	1	46	2	NO	69.00	4.0
11	11	11	1	1	20	12	NO	8.60	2.3
12	12	12	1	1	46	12	NO	151.00	2.8
13	13	13	1	1	20	2	SI	4.60	3.3
14	14	14	1	1	46	2	SI	71.00	2.8
15	15	15	1	1	20	12	SI	8.80	2.5
16	16	16	1	1	46	12	SI	149.00	4.0
17	17	17	0	1	33	7	NO	12.90	3.8
18	18	18	0	1	33	7	SI	12.50	3.1

Haciendo uso de un Diagrama de Efecto Estandarizado para las dos variables a analizar (Altura y TTV) tenemos en la muestra que para la variable de TTV realmente ningún factor es estadísticamente significativo para poder mover esa variable,

La forma en la que se obtuvieron los valores arriba mostrados en tabla 5, respecto a la Altura, se ejemplifica con la figura 10a, tomada del wafer 18. La cual muestra el promedio del desbaste con respecto a la altura donde se encuentran los "pits".



a)



b)

Figura 10.- Prueba de desgaste figura a, en 3D figura b del DDE W18.

La Figura 10b, es una representación gráfica en 3D de como se observa en color rojo los "pits" aún presentes en el wafer y como en color más blanco el wafer ya casi sin información. El barrido fue hecho con una longitud de 50 micras para poder mostrar que parte de la información se había removido. El factor principal es la Temperatura, a mayor Temperatura mayor efecto en la altura removida y a menor Temperatura menor efecto en la altura removida podemos observar también que el factor de tiempo tiene una afectación en menor nivel es decir, mayor tiempo mayor afectación en la altura removida y viceversa, y finalmente podemos ver que el efecto en que haya flujo del químico dentro de la tina o no, es nulo el comportamiento de la altura.

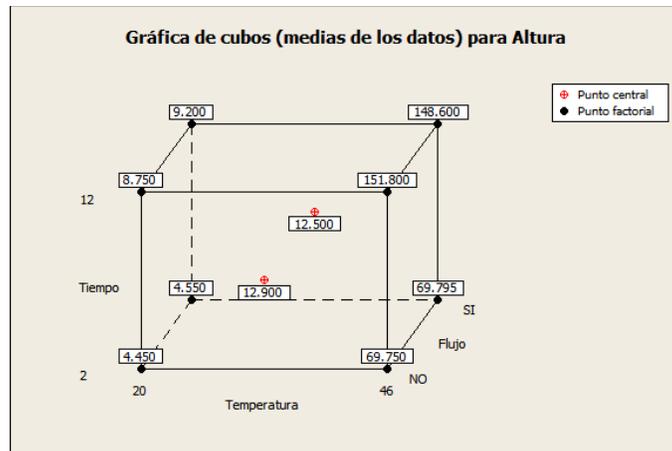


Figura 9.- Gráfica de Cubo DDE

Basándonos en los resultados de la Gráfica del Cubo, podemos observar que si utilizamos Temperatura de 46°C con un tiempo de 2 horas y en presencia de flujo del químico dentro de la tina, podemos desbastar 69.79 micras.

Esto representa un hallazgo muy bueno ya que en la preparación de los wafers antes de ser enviados al proveedor Japonés, la compañía debe remover la información grabada en el wafer y esto antes solo se validaba de manera visual, donde se decía, ya no se ve la información.

5 CONCLUSION

Al observar los resultados de DDE podemos con toda seguridad aceptar los resultados donde se establece que utilizando un químico (Tetramethylammonium Hydroxide), es posible desbastar la capa de material de Molibdeno del wafer una vez que ha sido procesado en el área de Masterizado. Con el DDE hemos encontrado los factores más significativos y que nos darán los resultados que estábamos buscando. También podemos con toda seguridad aceptarla, ya que los resultados de la réplica fueron hechos con wafer reciclados mientras que la corrida original fue hecha con wafers nuevos. Los resultados mostraron que realmente no existe una diferencia estadística significativa. También podemos concluir que no hay diferencia en la variable de TTV entre un wafer nuevo y reciclado por lo que en el DDE se puede utilizar cualquiera de ambos.

REFERENCIAS

Artículo de revista.

[1] TUFTSUNIVERSITY, Graduate School of Arts and Sciences, Investigating Fluid Behavior Beneath a Wafer during Chemical Mechanical Polishing Processes A thesis Submitted by Jonathan Robert Coppeta UMI Microform 9915384 Copyright 1999, by UMI Company. All rights reserved. This microform edition is protected against unauthorized copying under Title 17, United States Code, p.1-25.

[2] Mirror Surface Finishing of Silicon Wafer Edge Using Ultrasonic Assisted Fixed-Abrasive CMP (UF-CMP) Yongbo Wu, Weiping Yang, Masakazu Fujimoto, and Libo Zhou. Department of Machine Intelligence and Systems Engineering, Akita Prefectural University 84-4 Tsuchiya-ebinokuchi, Yurihonjo, Akita 015-0055, Japan Int. J. of Automation Technology Vol.7No.6, 2013, p.625-640.