

Problem 1

Investigar en línea acerca de las distintas aplicaciones novedosas y útiles de las películas delgadas.

Solution: La inmensa mayoría de los dispositivos tecnológicos avanzados fabricados en la actualidad por cualquier rama de la industria (*electrónica, mecánica, óptica, energía, transporte, deporte, etc.*), requieren en algún momento de su construcción de la síntesis y el apilamiento sucesivo de rodajas de materiales sólidos de espesores inferiores a una micra (10^{-3} mm), que denominamos películas delgadas.

A continuación hago un listado con algunas aplicaciones tecnológicas actuales de las películas delgadas, tanto para la mejora de aquellos otros materiales a los que recubren, como en la fabricación de dispositivos laminares de estado sólido.

- **Fabricación de maquinas**, motores y herramientas de corte, para aumentar su dureza y resistencia a la abrasión, evitar la corrosión y el deterioro térmico de piezas sujetas a desgaste (brocas, fresas, rodamientos, engranajes, sierras, pistones, etc.)
- En la **fabricación de componentes ópticos** lentes, espejos, filtros, vidrios planos, etc., para mejorar las propiedades de reflexión y transmisión de luz de los mismos y evitar su corrosión atmosférica.
- En la **fabricación de dispositivos electrónicos** de estado sólido transistores, memorias, condensadores, resistores, superconductores, diodos, fotodiodos, que constituyen la base de la electrónica.
- En la **construcción de superficies bidimensionales**, para el almacenamiento magnético de datos y sensores de campo magnético.
- En la **fabricación de celdas fotovoltaicas y colectores térmicos solares**, para el aprovechamiento de la energía solar.
- En la **fabricación de pantallas (*monitores*)**, para la comunicación visual entre humanos y entre estos y sus máquinas.
- En la **fabricación de sensores** (químicos, luminosos, acústicos, ..), para modificar su sensibilidad, selectividad y velocidad de respuesta.
- Para la **modificación de la apariencia estética (*color, brillo*)** de elementos ornamentales y de consumo, para hacerlos más atractivos.
- Para **regular la capacidad de mojado** por líquidos (*hidrolicidad o hidrofobicidad*), en la obtención de superficies autolimpiables fachadas, vidrios de ventana, parabrisas, espejos... y tejidos.
- Para **regular la adhesión celular (*biocompatibilidad*)**, en la superficie de prótesis quirúrgicas (dentales, de cadera, de rodilla, cardíacas, abdominales, ..).

Problem 2

Elegir un artículo en línea con dicha aplicación y hacer un ensayo.

Solution:

Artículo: Origen del daño por grabado seco en los transistores de película delgada de óxido de canal corto para aplicaciones de visualización de alta resolución.

Autores: Ji Hun Choi, Jong-Heon Yang, Jae-Eun Pi, Chi-Young Hwang, Hee-Ok Kim, Chi-Sun Hwang

Sitio de descarga: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040609019300781>

Daño por grabado seco (SD) y Tratamiento Humedo

Una opción para mejorar el rendimiento de las pantallas del alta resolución

En 1956, Shockley recibió el premio Nobel de Física por la invención del transistor^[1]. Qué en resumen es un dispositivo electrónico semiconductor utilizado como componente indispensable en dispositivos tecnológicos por ejemplo televisores, radios, celulares, computadoras, etc. La evolución de la industria tecnológica en estos inicios del siglo XXI ha sido considerablemente rápida con tendencia a la miniaturización, a la eficiencia energética, entre otras menos interesantes. Un ejemplo de lo anterior ha sido la evolución de las pantallas de los televisores que a inicios de los años 2000 aun conservaban su geometría robusta y solo tuvo que pasar una década para que la mayoría de los fabricantes alrededor del globo empezaran a fabricar televisores cada vez más planos. En realidad el espesor del televisor solo es un cambio superficial y aunque increíble, esta muy lejos de lo verdaderamente importante que son las imágenes que se pueden proyectar ya que sin lugar a dudas son superiores a sus antecesores esto viene de la mano con el número de píxeles (*LED'S*) que conforman la matriz o lo que conocemos como pantalla, lo anterior sumado a que su gasto energético es menor y que es relativamente fácil de producir en serie hace que esta tendencia de televisores planos sea bastante atractiva tanto para inversionistas como para la gente común, a pesar de lo anterior en el proceso de fabricación existen algunos inconvenientes que lejos impedir que funcionen las pantallas hacen que su rendimiento y por tanto su vida útil sea más corta de lo que se espera. El objetivo principal de este texto es dar a conocer el problema técnico (conocido como: **Daño por grabado seco**) en la fabricación de los módulos de conmutación de los televisores y el tratamiento para remediar hasta cierto punto este daño según lo reportado por Ji Hun Choi y colaboradores del *Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)* de la república de Korea.

Como se menciona en la introducción de este texto la tecnología avanzando a paso continuo, siendo la creación del transistor el ¡Boom! de este avance exponencial, esto es así por la diversidad de propiedades de los materiales con los que son fabricados en este caso los semiconductores (*Tipo-P y Tipo-N*) en forma de *sandwich*. Tanto a sido su éxito que en la última década estos apilamientos de semiconductores de óxido amorfo (**AOS** por sus siglas en inglés.), han sido el centro de atención como buenos candidatos para las unidades de conmutación (*vías capaces de transportar voltaje de datos entre componentes electrónicos.*), para las placas posteriores de transistores de películas delgadas (**TFT**), en la pantalla de matriz activa debido a sus características superiores, como por ejemplo la construcción de patrones estrechos en su superficie que son el eje central del artículo. Las condiciones de los procesos del uso de los **AOS** son muy variados y cada uno está optimizado para que se obtenga un producto de alta calidad, en el caso particular de las pantallas el objetivo es alcanzar siempre una alta resolución, es por esto que las estructuras de grabado (**BEC**) son necesarias, sin embargo en este proceso de grabado es imprescindible exponer los materiales (*apilamiento de películas delgadas*) a un ataque químico lo que hace posible el grabado, no obstante se ha observado que tiempo después del grabado hay contaminantes en la superficie del material que ocasionan irregularidades en la superficie lo que puede provocar daños en el dispositivo. Por esta razón es que los autores del artículo estudiaron este fenómeno con base a dos dispositivos (*iguales*), que fueron expuestos a un baño químico con las mismas condiciones, pero solo a uno de ellos se le aplicó un tratamiento que ellos denominan, “Tratamiento de grabado húmedo”, para eliminar los contaminantes. Después a ambos dispositivos se les caracterizó con distintos métodos para obtener un perfil estructural físico y químico que evidenciara el estado de cada dispositivo. Algunos resultados plausibles del análisis del perfil de profundidad del grabado seco (**S/D**) fueron los siguientes: Se encontraron rastros de cantidades considerables de molibdeno (**Mo**) y cloro (**Cl**). Se cree que el Mo contaminó ligeramente la superficie activa cuando se depositó la capa de metal mediante la pulverización catódica (*Sputtering*). Por parte del Cl es uno de los gases que se utilizan en el grabado, se presume que este componente se absorbió en la superficie del canal. Teniendo claro los resultados, los autores afirman lo siguiente: “*La presencia de tales subproductos indeseables de grabado de metales podría deteriorar el rendimiento del dispositivo, ya que, la ruta conductora irregular en la superficie del canal posterior debilita el control de la puerta del dispositivo, aumentando así la pendiente por debajo del umbral (SS) y el desplazamiento.*”^[2] Los resultados los obtuvieron como se menciona anteriormente mediante distintos métodos de caracterización como por ejemplo se utilizó espectrometría electrónica de Auger (**AES**) para el análisis del perfil de profundidad en la superficie del canal posterior, para obtener la

imagen microscopía se utilizo microscopía electrónica de barrido (**SEM**), para ele análisis de los elementos involucrados se hizo uso de la espectroscopia de rayos X de dispersión de energía (**EDS**) y por ultimo se analizo en enlace químico de los dispositivos mediante las espectroscopia de foto-electrones, de rayos X (**XPS**). Para el proceso de eliminación de daños en el canal posterior, el dispositivo en cuestión se sumergió en una solución activa de grabado húmedo, durante un breve periodo de tiempo. Los autores del articulo reportan que dada la velocidad de grabado húmedo activo para el metal del canal era tan rápido como alrededor de un $1\frac{nm}{s}$, la superficie dañada del canal superior se restauro sustancialmente, después de solo 10 segundos del proceso de tratamiento húmedo al rebajar fácilmente la superficie dañada.

Para finalizar, en el articulo se reporta que el contenido de Mo se redujo un 80 % después del tratamiento húmedo, aunque persisten las vacancias de oxigeno que son agravantes de las características eléctricas de los (**TFT**). No obstante los autores proponen que pueden reducir esto con un precocido térmico y añaden que el rendimiento del dispositivo que se le aplico el tratamiento húmedo es mucho mayor con respecto con el dispositivo que solo se le aplico el grabado seco (S/D). Lo que indica que el tratamiento de grabado húmedo del canal posterior del **TFT** puede llegar a ser un procedimiento estándar en la industria y de control de calidad.

Problem 3

Proponer alguna aplicación de Películas delgas y/o Recubrimientos.

Solution: La aplicación que propongo es usar recubrimientos como dosímetros, tengo entendido por la práctica que realice en el laboratorio de física contemporánea II que se utilizan cristales TLD para la calibración de aparatos radiológicos.

Si se depositara materiales TLD como por ejemplos el TLD-100(LiF:Mg,Ti), se podría utilizar el recubrimiento para medir la cantidad de radiación a la que estuvo expuesto, para su posterior análisis, además gracias a su geometría plana es posible crear aparatos que sean pequeños de manera que puedan ser portátiles, solo se tendría que pensar en adecuar una fuente de estimulación térmica para que se llevara acabo la respuesta termoluminiscente. Además de que se podría abaratar costos, el único inconveniente que le veo es que solo servirían para medir cantidades pequeñas de radiación ya que la cantidad de radiación que puede almacenar un solido TLD es proporcional a su espesor.

Referencias

- [1] Marc A Shampo, Robert A Kyle, and David P Steensma. William shockley and the transistor. In *Mayo Clinic Proceedings*, volume 87, page e43. Elsevier, 2012.
- [2] Ji Hun Choi, Jong-Heon Yang, Jae-Eun Pi, Chi-Young Hwang, Hee-Ok Kim, and Chi-Sun Hwang. Origin of the dry etch damage in the short-channel oxide thin-film transistors for high resolution display application. *Thin Solid Films*, 674:71–75, 2019.