

# Proceso de Fabricación para Integrar un Sensor de Silicio Usando SRO y la Electrónica CMOS de Control

M. Aceves-Mijares, S. Román, J. M. Rocha, J. Pedraza, A. Díaz-Méndez.

INAOE, APDO. 51, Puebla, Pue. México 72000. email: maceves@ieee.org

C. Domínguez, A. Merlos, X. Formage, J. Montserrat.

IMB-CNM (CSIC), Campus UAB, 08193 Bellaterra, España.

## Resumen

Actualmente y debido a las ventajas económicas, es imperativo que los desarrollos de dispositivos sean compatibles con las tecnologías de circuitos integrados de Silicio. Por esta razón se estudian materiales compatibles con Silicio que extiendan los límites naturales del Silicio. En este trabajo se reporta la tecnología para fabricar, en un chip, un sensor de Silicio y óxido de Silicio rico en Silicio, con respuesta hasta los 200 nm, y la electrónica de control en tecnología CMOS. Se especifican los problemas encontrados y la forma de solucionarlos. Para verificar las soluciones de los problemas se hicieron simulaciones computacionales y experimentos previos a la fabricación. El circuito integrado esta actualmente en fabricación

**Palabras clave:** sensores de Silicio, sensores de UV, CMOS, circuitos integrados CMOS.

## 1. Introducción

La tecnología de Silicio es sin duda la de mayor impacto comercial en la actualidad. Entonces, se ha estado buscando realizar funciones que no son propias del Silicio, por ejemplo emisión de luz y detección de radiación cuya longitud de onda rebasa sus límites. Con esta intención se estudian diferentes compuestos de Silicio, buscando la mayor compatibilidad posible entre la tecnología del Silicio y la preparación de los materiales usados. Así tenemos el uso de Silicio amorfo, para la detección de imágenes [1], el uso del óxido de Silicio rico en Silicio (SRO) para extender la sensibilidad de Silicio hasta el UV [2], y en la referencia [3] se mide radiación infrarroja de forma novedosa y se enfatiza la necesidad de integrar con tecnología CMOS.

En la referencia [2] se presenta un sensor, [4], que es capaz de detectar radiación desde 200 hasta 1100 nm, el cual se realiza usando SRO. El SRO es un material compatible con la tecnología MOS, sin embargo, para alcanzar las características necesarias se requieren de

recocidos a altas temperaturas. Dichas temperaturas podrían afectar la tecnología que integrará el sensor y la electrónica de control. Por otro lado, los tratamientos térmicos del proceso de fabricación también podrían alterar las características del sensor.

En este artículo se muestra como se ha modificado la tecnología CMOS, para integrar el sensor mencionado en [2] y la electrónica de control reduciendo al mínimo los efectos térmicos que la obtención de uno puede producir sobre el otro.

## 2. Tecnologías usadas

La tecnología usada es la CMOS – C25 del Centro Nacional de Microelectrónica (CNM) de Barcelona, España. Ésta es una tecnología MOS complementaria de 2.5 micras de geometría mínima, doble pozo, dos niveles de Polisilicio y un solo metal. La figura 1 (a) muestra un corte transversal del CMOS - C25 obtenido por simulación.

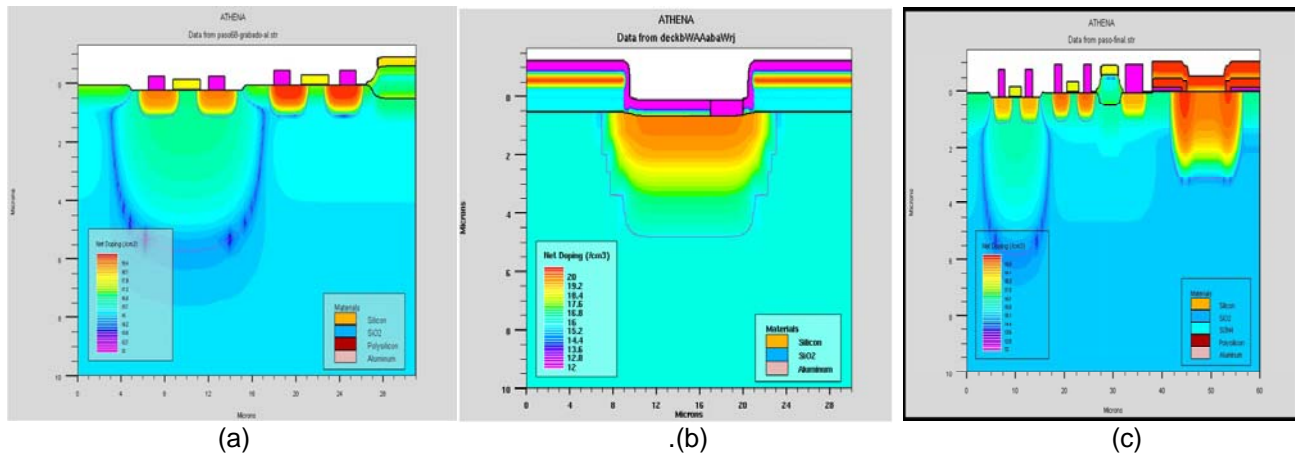


Figura 1. Corte transversal obtenido por simulación computacional de (a) CMOS. (b) sensor de UV y (c) sensor y CMOS integrado.

La tecnología de fabricación del sensor requiere básicamente la implantación de impurezas para formar una unión bipolar, una capa de Óxido de Silicio Rico en Silicio y tratamientos térmicos, la figura 1(b) muestra un corte transversal del sensor. La figura 1 (c) muestra el sensor integrado.

Los problemas encontrados al unir las dos tecnologías son:

1. La fabricación del sensor podría alterar los perfiles de impurezas del proceso CMOS y por tanto podría alterar el voltaje de encendidos de los transistores.
2. Debido a los tratamientos térmicos del proceso CMOS – C25, el perfil de impurezas del sensor podría ser más profundo alterando la respuesta del sensor, o inclusive destruirlo.
3. Las oxidaciones propias de la fabricación de los transistores podrían alterar la capa de SRO hasta destruirla totalmente.
4. Durante la operación del circuito integrado, la luz incidente puede alterar el funcionamiento de los transistores, hasta hacer el circuito inservible.

Para resolver estos problemas se hicieron simulaciones computacionales tanto del proceso CMOS como del sensor, localizando las etapas de proceso donde la fabricación de ambos tuviera la menor influencia. Además, se hicieron experimentos en el laboratorio para comprobar los resultados computacionales. Entonces, para resolver el problema 1, decidimos realizar la fabricación del sensor antes de la fabricación de los transistores, y para resolver el problema 2 es necesario realizar el sensor después de la fabricación de los pozos y del óxido de campo.

Para el problema 3, se comprobó experimentalmente que una cubierta de

Polisilicio o de nitruro de Silicio protegería al SRO y mantendría sus propiedades. Entonces, por fotolitografía se hará una “cámara de protección” con nitruro y Polisilicio, como se muestra en la figura 2.

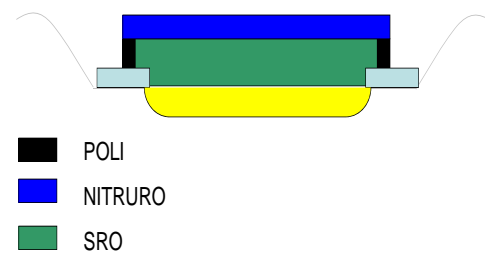


Figura 2. “Cámara de protección utilizando Polisilicio y Nitruro. Para depositar y cubrir el SRO se utilizan 5 mascarillas extras, incluyendo una capa de Aluminio de sombra. El Aluminio de sombra protege al circuito CMOS de la radiación.

Para resolver el problema de la radiación sobre toda la superficie del circuito se pondrá una segunda capa de Aluminio que deje pasar luz únicamente sobre el área activa del sensor. En total se agregarán 5 niveles extras de enmascaramiento.

### 3. Conclusiones

Se reseña como se adaptó el proceso CMOS – C25 del CNM para integrar un sensor de Silicio con respuesta extendida hasta los 200 nm. Los resultados de simulación computacional demuestran que el proceso CMOS y la fabricación del sensor son compatibles, es decir que los transistores y el sensor no se afectan. Experimentos realizados

para comprobar la integridad tanto del SRO como de las características del proceso certifican los resultados computacionales. Actualmente el proceso de fabricación del circuito esta en progreso.

**Reconocimientos:** Los autores agradecen el apoyo del IMB-CNM donde se realiza la integración bajo el proyecto GICSERV NGG-158. Agradecemos también el apoyo computacional de Claudia Juárez.

## Referencias

---

1 P. Louro, Y. Vygranenko, J. Martins, M. Fernandes, M. Vieira, "Voltage controlled color detector with optical readout" IBERSENSOR 2006, ISBN: 9974-0-0337-7, Montevideo Uruguay (2006)

2 Dainet Berman-Mendoza, Mariano Aceves-Mijares, Luis R. Berriel-Valdos, Jorge Pedraza, Alicia Vera-Marquina, "Fabrication, characterization, and optimization of an ultraviolet silicon sensor" Optical Engineering Vol. 47, No 10, 104001, (2008)

3 L. Gitelman, S. Stolyarova, S. Bar-Lev, Z. Gutman, Y. Ochana, and Yael Nemirovsky "CMOS-SOI-MEMS Transistor for Uncooled IR Imaging", IEEE Trans.on Elec. Dev. Vol. 56, No. 9, 1935, (2009).

4 M. Aceves, C. Horna, L. R. Berriel. D. Berman "Detector de alta eficiencia en silicio para radiación ultravioleta a base de óxido de Silicio enriquecido con silicio" patente mexicana, IMPI, No. 256071. Abril 2008