

# Células Fotoeléctricas en uniones PN con dopajes tipo $N_7$ y $P_1$ .

## Photoelectric cells in PN junctions with doping type $N_7$ and $P_1$ .

Heber Gabriel Pico Jiménez MD<sup>1</sup>

### Resumen

Este trabajo quiere referirse a la gran frustración que tiene la humanidad con la luz solar en cuanto a las expectativas creadas inicialmente en torno a la esperanza de su aprovechamiento eléctrico, desengaño ocasionado por la poca utilidad que han ofrecido las células fotoeléctricas disponibles. A pesar de que están hechas en silicio monocristalino a duras penas alcanzan una pobre eficacia de un 22% en la conversión de la abundante energía luminosa que reciben. Con la viva esperanza de revertir a esa desalentadora perspectiva, aprovechamos la observación de que han sido siempre construidas con la **unión  $N_5P_3$**  que quizás es la **unión PN** que tiene la diferencia de potencial electrostática más estrecha entre un átomo  $N_5$  aislado en un cristal de silicio y otro átomo  $P_3$  también aislado en el mismo cristal. Pues, en vista de esto tratamos de dar una solución pero necesariamente tenemos que romper con el *modelo de electrón libre* que ha adoptado la física del estado sólido para poder explicar únicamente a los dopajes **tipo  $N_5$** . Esa idea de Sommerfeld no es idónea para aclarar a todos los demás tipos de dopajes que incluso son los que están aptos para crear mayores diferencias de potenciales electrostáticas como serían los dopajes **tipos  $N_6$  y  $N_7$** , que ocasionarían respectivamente aislados en los cristales de silicio, las impurezas sitiadas de los elementos del grupo 16 y 17 de la tabla periódica. También nos ha tocado reconocer que la regla del octeto, además de ser la causa que origina la formación de pares de electrones libres en las moléculas que forman los elementos aislados del extremo derecho de la tabla periódica, también es la causante de los huecos electrónicos libres, apareados con carga positiva que surgen, en la banda de valencia de las moléculas por los elementos cercados del extremo izquierdo de dicha tabla, ya sean compartidos o no pero esto conduce a que cuando ellos alcanzan saltar hacia la banda de conducción, dichos electrones o huecos electrónicos saltarán siempre apareados. Por esto planteamos predictivamente el diseño de una **unión  $P_1N_7$**  que debería ostentar la más amplia diferencia de potencial electrostática desconocida aun, además lograría tras esto por lo menos triplicar el rendimiento eléctrico de las células fotovoltaicas actuales es decir, sería una unión PN que esté formada por una pastilla en cristal de silicio dopado con un halógeno aislado **tipo  $N_7$**  y otra pastilla también dopada, pero con un alcalino aislado **tipo  $P_1$**  o también, podría ser **tipo  $P_1$**  con un metal aislado de transición como serían los elementos del grupo del cobre.

**Palabras claves:** Huecos de electrones, Semiconductores, Par de Cooper.

### Abstract

This work wants to refer to the great frustration of humanity with the solar light in terms of the expectations created around the hope of electrical use, disappointment caused by the little utility that they have offered the photoelectric cells available. While they are made in monocrystalline silicon to eke, they reach a poor efficiency of 22% in the conversion of plentiful light energy they receive. Hoping living revert to that daunting prospect, we take the observation that are always built with the  **$N_5P_3$  union** which perhaps is the **PN union** that has the narrowest electric potential difference between an atom  $N_5$ , isolated in a Silicon Crystal and another  $P_3$  Atom also isolated in the same crystal. Thus in view of this we try to give a solution but we necessarily need to break with the *model of free electron* solid state physics taken to be able to explain only to the doping type  $N_5$ . This idea of Sommerfeld is not suitable to clarify to all other types of doping even are suitable to create greater electrical potential differences as the doping would be **type  $N_6$  and  $N_7$** , which shout respectively totally isolated from silicon crystals, impurities isolated from the elements of Group 16 and 17 of the periodic table. He has also played we recognize that the octet rule, also be the cause which originates the formation of pairs of free electrons in the molecules that are isolated from the right end of the periodic table, elements also is responsible for electronic holes paired with positive charge arising, in the molecules valence band by elements isolated from the left end of the Board, as they are shared or not but this leads to when they reach jump into the conduction band, the electrons or holes electronic chip always paired. For this propose predictivamente the design of a **union  $P_1N_7$**  which should present the broader electrical potential difference also known, would then at least triple the electrical current photovoltaic cell efficiency i.e., a union that is formed by a pill in a Silicon Crystal doped with an insulated halogen **type  $N_7$**  and other also doped pad, but with an isolated alkaline **type  $P_1$**  or could also be **type  $P_1$**  with a metal isolated transition as they would be the elements of the Group of the copper.

**Keywords:** Hollow electron, semiconductor, Cooper pair.

© [heberpico@hotmail.com](mailto:heberpico@hotmail.com) todos los derechos reservados<sup>1</sup>.

## 1. Introducción

Iniciamos la introducción de este artículo precisando que todo su desarrollo estará siempre sostenido en los principios del anterior trabajo de la energía atómica [Número cuántico](#)

[magnético del electrón](#) y el trabajo de la [superconductividad](#) y el acoplamiento [espín-órbita](#) del electrón, además el anterior [trabajo](#) de [Semiconductores](#).

## 2. Desarrollo del Tema.

### LA REGLA del OCTETO

Nos vamos a referir aquí, solo a los conceptos nuevos e innovadores, que hemos deducido últimamente en la regla del octeto. Comenzamos diciendo que esta regla no debe ser aplicada solo de una manera unilateral a los electrones moleculares como representantes solitarios de la carga eléctrica, sino también debe extenderse a los huecos electrónicos libres que representan a las cargas eléctricas contrarias en las mismas moléculas. La regla del octeto es una propiedad de los elementos que se centra en el grupo 14 de la tabla periódica y extiende su cumplimiento en las moléculas formadas por elementos ubicados a la derecha del carbono, con los elementos ubicados a la izquierda del mismo grupo 14, se cumple tanto con los pares de huecos hacia la izquierda como con los pares de electrones hacia la derecha de la tabla. Una de las estrategias que tienen las moléculas, para cumplir la regla del octeto, son la configuración de los pares de electrones libre como elementos con carga negativa y también, los pares de huecos electrónicos libres como elementos con carga contraria. Cuando las moléculas para cumplir la ley del octeto, no cuentan con la suficiente cantidad de pares de electrones libres, adoptan a los pares de huecos que cuentan con cargas contrarias de las cuales sus funciones son las de llamar, reclamar o atraer electrones es decir: requiriéndolos de urgencia a través de la atracción por la carga eléctrica contraria. ¿Cuáles son las excepciones? Pues son aquellas moléculas formadas únicamente entre elementos pertenecientes tanto al extremo derecho como del extremo izquierdo de la tabla periódica, que tengan a partir de un par de electrones o huecos libres. Por ejemplo por el lado derecho con los pares de electrones libres tenemos al [pentacloruro de fósforo](#), ambos elementos son del extremo derecho de la tabla periódica. Por el lado izquierdo con los pares de huecos libres tenemos al [Diborano](#). Ambos pertenecen al extremo izquierdo de la respectiva tabla. Ambas moléculas son hipervalentes pero el primero es hipervalente

por el lado de los electrones y el otro es hipervalente por el lado de los huecos. Otro ejemplo es por el lado derecho es el [hexafluoruro de azufre](#), por el lado izquierdo el [hidruro de calcio](#) o el [hidruro de estroncio](#) y el trifluoruro de cloro equivale al hidruro de litio o de sodio.

Hablemos del tema actual que nos interesa que es la forma, como los diferentes átomos aislados en un cristal silicio, cumplen con la regla del octeto. Los átomos dopantes son encerrados en un cristal en donde le imponen de forma aislada una serie de condiciones que según sus características eléctricas las cumplirá de manera distinta. Un átomo que sea aisladamente incrustado a la fuerza como una impureza dopante en un cristal, por un lado tiene la opción si puede de compartir 4 enlaces covalentes con el elemento que origina el cristal, por el otro también tiene la opción si puede de poder configurar  $\frac{1}{2}$  enlaces con el mismo átomo. También sabe que debe cumplir con regla del octeto pero para ella, cuenta con la estrategia de que puede guardar en las moléculas cargas negativas o positivas pero, no las puede guardar sino en pares porque la dinámica eléctrica no le permite guardar electrones ni huecos electrónicos solitarios libres. Si el elemento dopante, pertenece a la parte derecha de la tabla periódica, el dopante compensa la regla del octeto con pares de negativos de electrones libres, pero si corresponde a un elemento ubicado en la parte izquierda de la misma tabla, utiliza de compensación a unos pares de carga eléctrica contraria o pares de huecos electrónicos libres.

### PAR SOLITARIO de ELECTRONES o par de ELECTRONES no COMPARTIDOS

El par solitario o par de electrones no compartidos es un par de [electrones de valencia](#) que no se encuentran formando un enlace ni compartidos con otros átomos. Los electrones más externos o electrones de la capa de valencia, cuando un átomo se agrupa con otros formando moléculas, esos electrones dejan de pertenecerle únicamente al átomo del cual provienen, pasando a corresponderle es a toda la molécula formada. La causa más clara de la formación de pares solitarios es la obligación atómica de tener que cumplir con la regla del octeto. Los átomos que al formar moléculas cumplen con la regla del octeto y presentan con mayor facilidad pares solitarios de electrones, se encuentran en el extremo derecho de la tabla periódica a partir del grupo del carbono, precisamente son los elementos con los cuales se puede

configurar **dopajes tipo N**, por eso es posible encontrar un único par solitario en moléculas formadas por átomos del grupo del nitrógeno, por otra parte es posible también encontrar dos pares solitarios en moléculas formadas por átomos del grupo del oxígeno y finalmente, es posible además encontrar tres pares de electrones solitarios en moléculas formadas por átomos del grupo del flúor.

### **PAR SOLITARIO de HUECOS o par de HUECOS no COMPARTIDOS en el GRUPO 13.**

Los átomos que al formar moléculas cumpliendo con la ley del octeto presentan con mayor facilidad pares de electrones enlazantes y pares de **huecos** solitarios positivos, se encuentran en el extremo izquierdo de la tabla periódica a partir del grupo del **boro**, pero precisamente son los elementos con los cuales se puede configurar dopajes **tipo P**, por eso además de los pares de electrones enlazantes es posible encontrar un único par solitario de huecos positivos en las moléculas formadas por los átomos del grupo del **boro**. El grupo del boro en la tabla periódica son todos elementos de tres electrones de valencia por lo que sus moléculas no tienen la capacidad, para cumplir con la regla del octeto de Gilbert Newton Lewis con solo pares de electrones libres por lo tanto, les queda un par solitario no de electrones, sino un par solitario de huecos electrónicos positivos guardados en las moléculas que ellos forman. Presentamos como ejemplo al **trifluoruro de boro**, donde el átomo de boro central con solo 6 electrones a su alrededor, aparenta violar la regla del octeto pero no es así, el boro cumple su compromiso del octeto guardando a un par de huecos electrónicos con carga positiva, tanto es que los pares de electrones libres de los átomos de flúor, son atraídos por el par de huecos positivos del boro central acortando ese enlace y además, hay veces que a través de un enlace coordinado, una molécula de **amoníaco** aprovecha a ese bendito par positivo de huecos del boro, formando un aducto con trifluoruro de boro, con un par de electrones libres que le quedaron al amoníaco. Otro ejemplo donde el par solitario de huecos se hace sentir es en el nitruro de boro hexagonal, cuando pasa a convertirse en cúbico. Cuando los átomos del grupo 13 o grupo del **boro**, están incrustados a través de los dopajes **tipo P<sub>3</sub>** en un cristal de silicio, ellos cumplen con la regla del octeto y efectúan sus 3 enlaces covalentes con el silicio además, a pesar de que efectúan un ½ enlace que le da estabilidad a la molécula con un electrón del silicio, mantienen así un par solitarios de huecos en la molécula con carga positiva que atraen a un par de electrones.

### **PAR SOLITARIO de HUECOS O par de HUECOS no COMPARTIDOS en el GRUPO 12.**

El grupo del zinc y todos los elementos con dos electrones **s** de valencia entre ellos algunos elementos de transición y los alcalinotérreos incluso, en sus moléculas no tienen la capacidad para cumplir con pares de electrones solitarios la regla del octeto de Gilbert Newton Lewis por lo tanto, ofrecen dos pares de huecos en los átomos del elemento de dichas moléculas, que al llenarse cumplen con dicha regla. Cuando el cristal de silicio se dope por ejemplo con elementos de transición del grupo 12 o, se haga con elementos alcalinotérreos del grupo del **berilio**, tendremos un átomo que conformará una molécula con el silicio pero quedará con dos pares libres de huecos no compartidos, esto se traducirá que en un dopaje tipo P<sub>2</sub> la molécula tendrá carga positiva de dos pares de huecos que atraerán a dos pares de electrones. Esta es la razón por la cual las moléculas de los elementos del grupo del berilio tienen propiedades higroscópicas.

### **PAR SOLITARIO de HUECOS o par de HUECOS no COMPARTIDOS en el GRUPO 1.**

El grupo de los alcalinos o grupo del litio en sus moléculas, no tienen la capacidad para cumplir la regla del octeto de Gilbert Newton Lewis con pares de electrones libres por lo tanto, completa dicha regla ofreciendo tres pares libres de huecos electrónicos con carga positiva en dichas moléculas. Esta es la razón por la cual en el **cloruro de litio** el ión Li<sup>+</sup>, se comporta como un ácido de Lewis, un mol de cloruro de litio, es capaz de absorber por lo menos 4 moles de amoníaco. Además es la misma razón de las propiedades higroscópicas.

### **ELEMENTOS del GRUPO 14 de la TABLA periódica DOPADOS con ATOMOS del GRUPO 15. N<sub>5</sub>.**

A este tipo de dopaje lo vamos a identificar como **dopaje tipo N<sub>5</sub>**. El propósito del **dopaje tipo N**, es el de producir en el material considerado, una abundancia de electrones portadores de carga eléctrica. Escojamos a un cristal del grupo 14 como el del **silicio**. Los átomos de la red en un cristal del

elemento silicio, establecen cuatro enlaces covalentes compartidos entre ellos. Si un átomo como el **fósforo** que tiene 5 electrones de valencia, lo incorporamos totalmente aislado a la red cristalina en el lugar de un átomo de silicio, entonces ese átomo de fósforo también está obligado a establecer los 4 enlaces covalentes compartidos pero se le presenta un problema, que si lo hace le restaría con respecto al **silicio**, un electrón sobrante que no lo puede guardar de forma desapareada, además tampoco lo puede liberar para que deambule solitario en la banda interatómica de valencia. El fósforo Soluciona este problema guardando no a uno sino a un par de electrones apareados, como un par de electrones solitarios libres y cumpliendo la ley del octeto establece 3 enlaces covalentes compartidos con los silicios adyacentes y deja que uno solo de los 4 enlaces de la red, quede como aquel enlace covalente del  $H_2^+$  con un solo electrón ajeno, que tiene un orden de enlace formal de  $\frac{1}{2}$  con uno de los átomos de **silicios**. Este par de electrones libres del fósforo, serían los **portadores mayoritarios** de la red y con las mismas funciones del par de Cooper pues estarían disponibles para la conducción eléctrica. Nótese que a pesar de que el par de electrones libres no compartidos los pone el ión dopante, los pierde el átomo porque ya no le pertenecen, ellos permanecen en orbitales moleculares y pertenecen a la molécula. A éste fósforo debido a un enlace fraccionario de  $\frac{1}{2}$ , lo hace ser parcialmente negativo e inmóvil y como el silicio adyacente adopta una carga compensatoria también parcialmente positiva, por esto el material dopado **tipo N** generalmente tiene una carga eléctrica neta final de cero. Nótese también la importancia que tiene en los semiconductores dopados, el enlace de  $\frac{1}{2}$  del  $H_2^+$ . La presencia de un par solitario en el fósforo, provoca una fuerte repulsión electrostática sobre los electrones que se encuentran formando enlaces, forzando a que estos enlaces traten de aproximarse entre si, como consecuencia los ángulos de enlaces se alteran produciendo, una asimetría estructural de la molécula y en la distribución de carga que causa una polaridad adquirida.

Nótese también que a pesar de que en este **dopaje tipo  $N_5$**  el fósforo guarda un par de electrones libres, a él solo le sobra es un solo electrón, sí, le sobra un solo electrón, pero solamente le sobra es con respecto al cristal de silicio que él dopa más no con respecto a otro tipo de dopaje **tipo P**.

#### **ELEMENTOS del GRUPO 14 de la TABLA periódica DOPADOS con ATOMOS del GRUPO 13. $P_3$ .**

A este tipo de dopaje lo vamos a identificar como **dopaje tipo  $P_3$** . El propósito en el **dopaje tipo P**, es el de crear abundancia de huecos positivos. En el caso del cristal de **silicio** que tiene un átomo tetravalente, que se le incorpore totalmente aislado un átomo como el **aluminio** que tiene solo 3 electrones de valencia y se agregue a la red cristalina, tal como si fuera un átomo de silicio. Ese átomo de aluminio que tiene allí la obligación de cumplir con los 4 enlaces covalentes compartidos del silicio pero cuenta con solo tres electrones disponibles. Entonces igual que el **fósforo** en el dopaje **tipo  $N_5$** , configura a 3 enlaces covalentes compartidos y uno de los 4 enlaces lo deja como un enlace covalente de un solo electrón ajeno de un silicio, con un orden de enlace formal de  $\frac{1}{2}$  y además, no necesita guardar electrones de carga negativa porque no le restan sino guarda a un par de huecos con carga positiva. El enlace de  $\frac{1}{2}$  también tiene efectos importantes sobre la simetría de la carga estructural y polaridad de la molécula. Nótese que en esta red cristalina el par de huecos con carga positiva del material dopado son para cumplir la ley del octeto y serían los **portadores mayoritarios** que coinciden contrariamente con los portadores del fósforo.

Nótese también que a pesar de que en este **dopaje tipo  $P_3$**  el aluminio guarda a un par de huecos libres, a él solo le faltaría es un electrón, sí, le falta un solo electrón, pero solamente le falta es con respecto al cristal de silicio que el dopa más no con respecto a otro tipo de dopaje **tipo N**.

#### **UNIÓN PN tipo $N_5P_3$ .**

La **unión  $N_5P_3$** , es la estructura formada por la unión metalúrgica de dos cristales de silicio, que también puede ser de germanio, uno dopado con cualquiera de los elementos del grupo 15 del nitrógeno que tiene portadores mayoritarios de tipo negativos y la otra, dopada a su vez con alguno de los elementos del grupo del Boro, abastecido esta vez con portadores mayoritarios de carga contraria de tipo positivo. Al unir ambos cristales, entre un átomo aislado del grupo del nitrógeno, con un par negativo de electrones libres enfrente de un átomo aislado del grupo del boro, con un par positivo de huecos libres, se instala al instante entre los dos polos opuestos, un campo eléctrico separado solo por el material puro del cristal de silicio o germanio intacto.

### ELEMENTOS del GRUPO 14 de la TABLA periódica DOPADOS con ÁTOMOS del GRUPO 16. N<sub>6</sub>.

A este tipo de dopaje lo vamos a identificar como **dopaje tipo N<sub>6</sub>**. El propósito del **dopaje tipo N**, es el de producir en el material considerado, una abundancia de electrones portadores de carga eléctrica. Consideremos para esto el caso del **silicio**. Los átomos de la red en un cristal del elemento silicio que establecen cuatro enlaces covalentes entre ellos. Si un átomo como el **azufre** de 6 electrones de valencia, lo incorporamos aisladamente a la red cristalina en el lugar de un átomo de silicio, entonces ese átomo de azufre también está obligado a establecer los 4 enlaces covalentes pero se le presenta un problema con la ley del octeto porque le restan dos electrones sobrantes. Como está aislado en la red soluciona este problema guardando a los dos pares de electrones como pares solitarios libres apareados y establece que los 2 electrones restantes sean utilizados en dos enlaces covalentes compartidos en la red con los **silicios**, además configuraría dos enlaces covalentes especiales de un electrón ajeno de orden formal de ½. Estos dos pares negativos de electrones libres del átomo aislado donador de **azufre**, serían los **portadores mayoritarios** de la red y con las mismas funciones del par molecular de Cooper. Nótese que a pesar de tener un par de electrones libres el ión dopante del semiconductor sigue siendo totalmente neutro e inmóvil y el material dopado tipo N igualmente tiene una carga eléctrica neta final de cero.

Téngase cuidado que a pesar de que el átomo aislado de **azufre** como ión dopante, en el **dopaje tipo N<sub>6</sub>** le sobran solo dos electrones libres con respecto al silicio, sin embargo, con respecto a un **dopaje tipo P<sub>2</sub>** tiene 4 electrones o lo que es lo mismo dos pares de electrones libres.

### ELEMENTOS del GRUPO 14 de la TABLA periódica DOPADOS con ATOMOS del GRUPO 12. P<sub>2</sub>.

A este tipo de dopaje lo vamos a identificar como **dopaje tipo P<sub>2</sub>**. El propósito en el **dopaje tipo P**, es el de crear abundancia de huecos. En el caso del cristal de **silicio** con un átomo tetravalente, que se le une un átomo como el **magnesio** o el **cadmio** que tienen solo 2 electrones tipo *s* de valencia y se incorpora de manera aislada a la red cristalina, tal como si fuera un átomo de silicio. Ese átomo de magnesio aislado que tiene allí la obligación de cumplir con 4

enlaces covalentes pero cuenta con solo dos electrones disponibles. Entonces configura, igual que el **azufre** en el dopaje **tipo N**, a dos de los 4 enlaces los deja como enlaces covalentes compartidos y a los otros dos enlaces restantes, los deja como enlaces covalentes de un solo electrón ajeno, con orden de enlace formal de ½ y además, como está aislado tampoco necesita guardar electrones porque no le restan. Además, aislado se le presenta un problema con la regla del octeto, pero esto lo obliga a guardar a dos pares libres de huecos electrónicos. Nótese que en esta red cristalina los huecos serían los **portadores mayoritarios** que presenta el ión parcial dopante elementalmente negativo de magnesio.

Nótese que a pesar de que a un **dopaje tipo P<sub>2</sub>** le quedan al magnesio aislado dos huecos electrónico con respecto al **silicio**, le quedan 4 huecos electrónicos con respecto a un dopaje **tipo N<sub>6</sub>** o lo que es lo mismo, le quedan dos pares libres de huecos electrónicos con respecto a un dopaje **tipo N<sub>6</sub>**.

### UNIÓN PN tipo N<sub>6</sub>P<sub>2</sub>.

La **unión N<sub>6</sub>P<sub>2</sub>**, es la estructura formada por la unión metalúrgica de dos cristales de silicio, que también puede ser de germanio, uno dopado con cualquiera de los elementos del grupo 16 del oxígeno que tiene portadores mayoritarios de tipo negativos y la otra, dopada a su vez con alguno de los elementos del grupo 2 del Cadmio o del magnesio, abastecido esta vez con portadores mayoritarios de carga contraria de tipo positivo. Al unir ambos cristales, entre un átomo aislado del grupo del oxígeno, con dos pares negativos de electrones libres enfrente de un átomo aislado del grupo del zinc o el magnesio, con dos pares positivos de huecos libres, se instala al instante entre los dos polos opuestos, un campo eléctrico separado solo por el material puro del cristal de silicio o germanio intacto.

### ELEMENTOS del GRUPO 14 de la TABLA periódica DOPADOS con ATOMOS del GRUPO 17. N<sub>7</sub>.

A este tipo de dopaje lo vamos a identificar como **dopaje tipo N<sub>7</sub>**. El propósito del **dopaje tipo N**, es el de producir en el material considerado, una abundancia de electrones portadores de carga eléctrica. Consideremos para esto el caso del **silicio**. Los átomos de la red en un cristal del elemento

silicio, establecen cuatro enlaces covalentes entre ellos. Si un átomo como el **bromo** o el **yodo** de 7 electrones de valencia, lo incorporamos de forma aislada a la red cristalina en el lugar de un átomo de silicio, entonces ese átomo de **bromo** también está obligado a establecer los 4 enlaces covalentes pero se le presenta un problema, que si quiere cumplir la ley del octeto le restarían 3 pares de electrones sobrantes que no los puede guardar de forma desapareada, además tampoco los puede liberar a que deambulen en la banda interatómica de valencia. Soluciona este problema guardando 3 pares de electrones libres, solitarios, que para poderlos guardar necesariamente deben estar apareados en la molécula del **bromo**. Le restaría un solo electrón al bromo, con él establece un enlace covalente compartido con un **silicio** y 3 enlaces de ½ con un solo electrón ajeno. Quedando así 3 pares de electrones libres y serían los **portadores mayoritarios** de la red y con las mismas funciones del par de Cooper pues estarían disponibles para la conducción eléctrica semiconductor. Debido a los 3 enlaces fraccionarios de ½ que lo hace ser parcial y fraccionariamente negativo e inmóvil y el silicio adyacente adopta una carga compensatoria parcialmente positiva, por esto el material dopado **tipo N** generalmente tiene una carga eléctrica neta final de cero.

Nótese que a pesar de que el material con **dopaje tipo N<sub>7</sub>**, le sobran 3 electrones libres con respecto al cristal intacto de silicio, sin embargo le subsisten 6 electrones libres o lo que es lo mismo, tres pares negativos de electrones libres con respecto al dopaje **tipo P<sub>1</sub>**.

#### **ELEMENTOS del GRUPO 14 de la TABLA periódica DOPADOS con ÁTOMOS del GRUPO I. P<sub>1</sub>.**

A este tipo de dopaje lo vamos a identificar como **dopaje tipo P<sub>1</sub>**. El propósito en el **dopaje tipo P** es de crear abundancia de huecos. En el caso del cristal de **silicio** con un átomo tetravalente, que se le une un átomo monovalente como el **sodio** o el **potasio** que tiene solo 1 electrón de valencia y se incorpora de forma aislada a la red cristalina, tal como si fuera un átomo de silicio. Ese átomo de sodio que tiene allí la obligación de cumplir aislado tanto con la regla del octeto como con los 4 enlaces covalentes compartidos pero cuenta con solo un electrón disponible. Entonces igual que el **bromo** en el dopaje **tipo N**, configura solo a un enlace covalente compartido y 3 enlaces covalentes de un solo electrón ajeno de silicio, con un orden formal de enlace de

½ y además, no necesita guardar electrones porque ni siquiera le restan, a la sazón para cumplir la regla del octeto, entonces guarda a tres pares libres de huecos electrónicos con carga positiva. Los enlaces de ½ también tienen efectos importantes sobre la simetría de la carga estructural y polaridad de la molécula.

Nótese que a pesar de que a un dopaje **tipo P<sub>1</sub>** le quedan 3 huecos electrónicos positivos con respecto al **silicio**, sin embargo, con respecto a un dopaje **tipo N<sub>7</sub>**, le restan 6 huecos electrónicos positivos o lo que es lo mismo, 3 pares libres de huecos electrónicos positivos.

#### **UNIÓN PN tipo N<sub>7</sub>P<sub>1</sub>.**

La **unión N<sub>7</sub>P<sub>1</sub>**, es la estructura formada por la unión metalúrgica de dos cristales de silicio, que también puede ser de germanio, uno dopado con cualquiera de los elementos del grupo 17 del flúor que tiene portadores mayoritarios de tipo negativos y la otra, dopada a su vez con alguno de los elementos del grupo 1 del hidrógeno, el litio o un elemento de transición del grupo del cobre, abastecido esta vez con portadores mayoritarios de carga contraria de tipo positiva. Al unir ambos cristales, entre un átomo aislado en el silicio del grupo del flúor, con tres pares negativos de electrones libres, enfrente de un átomo aislado del grupo del litio o el cobre, con tres pares positivos de huecos libres, se instala al instante entre los dos polos opuestos, un campo eléctrico separado solo por el material puro del cristal de silicio o germanio intacto.

#### **3- Conclusiones:**

1- LA PRIMERA GRAN CONCLUSIÓN de este trabajo es que partiendo de su postulado de que los portadores de carga eléctrica en unos tipos de semiconductores son **tres pares de electrones libres con carga eléctrica negativa**, presenta la estructura predictiva que tendría un cristal de

silicio sucio pero de forma aislada, con un dopaje **tipo N<sub>7</sub>**, a través del dopaje hecho con un halógeno aislado en silicio tal como el *cloro*, *yodo* o el *bromo*.

2- LA SEGUNDA GRAN CONCLUSIÓN de este trabajo es que partiendo de su postulado de que los portadores de carga eléctrica en unos tipos de semiconductores *son dos pares de electrones libres con carga eléctrica negativa*, presenta la estructura predictiva que tendría un cristal de silicio sucio pero de forma aislada con un dopaje **tipo N<sub>6</sub>**, a través del dopaje con un elemento aislado en silicio tal como el *azufre* que pertenece al grupo del *oxígeno*.

3- LA TERCERA GRAN CONCLUSIÓN de este trabajo es que partiendo de su postulado de que los portadores de carga eléctrica en unos tipos de semiconductores *son solamente un par de electrones libres con carga eléctrica negativa*, presenta la estructura predictiva que tendría un cristal de silicio sucio pero de forma aislada con un dopaje **tipo N<sub>5</sub>**, a través del dopaje con un elemento aislado en silicio tal como el *fósforo* del grupo del *nitrógeno*.

4- LA CUARTA GRAN CONCLUSIÓN de este trabajo es que partiendo de su postulado de que los portadores de carga eléctrica en unos tipos de semiconductores *son solamente un par de huecos electrónicos libres y carga eléctrica positiva*, presenta así la estructura predictiva que tendría un cristal de silicio sucio de forma aislada con un dopaje **tipo P<sub>3</sub>**, a través del dopaje con un elemento aislado tal como el *aluminio* del grupo del *boro*.

5- LA QUINTA GRAN CONCLUSIÓN de este trabajo es que partiendo de su postulado de que los portadores de carga eléctrica en unos tipos de semiconductores *son dos pares de huecos electrónicos libres y carga eléctrica positiva*, presenta la estructura predictiva que tendría un cristal de silicio sucio de forma aislada con un dopaje **tipo P<sub>2</sub>**, a través del dopaje con un elemento aislado tal como el *cadmio* de los elementos de transición o un alcalinotérreo tal como el *magnesio*.

6- LA SEXTA GRAN CONCLUSIÓN de este trabajo es que partiendo de su postulado de que los portadores de carga eléctrica en unos tipos de semiconductores *son tres pares de huecos electrónicos libres y carga eléctrica positiva*, presenta la estructura predictiva que tendría un cristal de silicio sucio de forma aislada con un dopaje **tipo P<sub>1</sub>**, a través del dopaje aislado con un elemento alcalino aislado tal como el *potasio* o también podría ser un elemento de transición aislado como el mismo *cobre*.

7- LA SEPTIMA GRAN CONCLUSIÓN de este trabajo es que partiendo de su postulado de que los portadores de carga eléctrica son pares de electrones libres o pares de huecos libres, presenta un diseño predictivo ejemplar que tendría una **unión PN** con dos pares de electrones y huecos de diferencia entre un cristal de silicio sucio con un **dopaje tipo N<sub>5</sub>**, enfrente de un cristal de silicio puro que tenga esta vez un dopaje **tipo P<sub>3</sub>**.

8- LA OCTAVA GRAN CONCLUSIÓN de este trabajo es que partiendo de su postulado de que los portadores de carga eléctrica son pares de electrones o huecos libres, presenta un diseño predictivo ejemplar que tendría un semiconductor que tendría un (1) solo electrón de diferencia y por lo tanto jamás habría un rendimiento electrónico adicional al intrínseco entre un cristal de silicio con un dopaje **tipo N<sub>5</sub>**, enfrente de un cristal de silicio intacto sin dopar es decir, con un dopaje **tipo P<sub>4</sub>** o si se quiere también podríamos señalar que tiene un dopaje **tipo N<sub>4</sub>**. Como los portadores de la carga eléctrica en los semiconductores, son por lo menos un par de electrones o huecos apareados pero de carga contraria, entonces un transistor formado entre la **unión N<sub>5</sub>N<sub>4</sub>** o si se quiere decir **N<sub>5</sub>P<sub>4</sub>**, entre ellos no hay flujo electrónico adicional al intrínseco ya que el dopaje no alcanza de llegar a tener un par de electrones de diferencia.

9- LA NOVENA GRAN CONCLUSIÓN de este trabajo es que partiendo de su postulado de que los portadores de carga eléctrica son pares de electrones o huecos libres, presenta un diseño anunciado de una **unión PN** que contaría predictivamente con *dos (2) pares de electrones libres* de diferencia, formado por un cristal de silicio que tenga un **dopaje tipo N<sub>7</sub>** a través de las impurezas de un halógeno tal como el *yodo* o el *bromo* enfrente, de un cristal de silicio con **dopaje tipo P<sub>3</sub>** contaminado con un elemento tal como el *aluminio*. Esto sería un semiconductor con **dopaje tipo N<sub>7</sub>P<sub>3</sub>**. No es lo mismo ni tiene el mismo rendimiento utilizar

esta **unión PN** anterior, que las aleaciones directas ya conocidas entre los elementos del grupo VII y el grupo III por ejemplo, el *bromuro de talio*.

10- LA DECIMA GRAN CONCLUSIÓN de este trabajo es que partiendo de su postulado de que los portadores de carga eléctrica son pares de electrones o huecos libres, presenta un diseño anunciado de las llamadas **uniones PN** que contarían predictivamente con *(2,5) dos pares y medio de electrones libres* de diferencia entre los dos cristales, el primero de ellos formado por un cristal de silicio que tenga un dopaje **tipo  $N_7$** , a través de las impurezas aisladas de un halógeno tal como el *yodo* o el *bromo* enfrente de otro, el cristal de silicio con dopaje **tipo  $P_2$** , contaminado con elementos tales como el *magnesio*, el *cadmio* o el *zinc*. Esto sería una **unión PN** con **dopaje tipo  $N_7-P_2$** . Tiene más rendimiento esta **unión PN** descrita anteriormente, que las aleaciones directas entre cualquier elemento del grupo VII y el grupo II como el *cloruro de cadmio* o el *cloruro magnesio*. Nótese que como esta **unión  $N_7P_2$** , no puede mover sino hasta solo dos pares de electrones libres y tiene 2,5 pares, entonces a ella se le pierde un electrón que no puede mover.

10- LA DECIMOPRIMERA GRAN CONCLUSIÓN de este trabajo es que partiendo de su postulado de que los portadores de carga eléctrica son pares de electrones libres o pares de huecos libres, presenta un diseño anunciado de las llamadas **uniones PN** que contarían predictivamente con *tres (3) pares de electrones libres* de diferencia entre dos cristales, el primero de ellos formado por un cristal de silicio que tenga un dopaje **tipo  $N_7$** , a través de las impurezas aisladas de un halógeno tal como el *yodo* o el *bromo* enfrente de otro, el cristal de silicio con dopaje **tipo  $P_1$** , contaminado con elementos aislados tales como el *sodio*, *potasio* o el *rubidio*. Esto sería una **unión PN** con **dopaje tipo  $N_7P_1$** . Tiene más rendimiento esta **unión PN** descrita anteriormente, que las aleaciones directas entre los elementos del grupo VII y el grupo I como el *cloruro de cobre* o el *cloruro potásico*.

11- LA DECIMOSEGUNDA GRAN CONCLUSIÓN de este trabajo es que partiendo de su postulado de que los portadores de carga eléctrica serían pares tanto de electrones libres como de huecos libres positivos, sugiere la posibilidad de poder diseñar dispositivos semiconductores, capaces

de soportar mayores niveles de tensión y corriente que los actuales.

13- LA DECIMOTERCERA GRAN, PERO GRAN CONCLUSIÓN de este trabajo, es que para poder construir o diseñar la estructura de un buen semiconductor *extrínseco*, es necesario construirlo alrededor de un eje central de un semiconductor *intrínseco* del grupo IV de la tabla periódica. Esto permite poder importar extrínsecamente, una diferencia de potencial que amplifica el flujo de electrones libres entre los cristales dopados. No más quedaría dependiendo de la suficiente cantidad de portadores mayoritarios que sería función directa de la cantidad de los átomos de impurezas introducidos.

14- LA DECIMOCUARTA GRAN CONCLUSIÓN de este trabajo es la observación de que la mayoría de los materiales semiconductores compuestos a quienes se les ha observado resultados alentadores, son aquellos compuestos formados por los elementos que están a la misma distancia electrónica del grupo IV por ejemplo, compuestos creados por átomos del grupo III con del grupo V como el *nitruro de aluminio*, los formados por partículas procedentes del grupo II con el grupo VI como el *telururo de cadmio* y finalmente los compuestos creados a partir de elementos propios del grupo I con el grupo VII como el *cloruro de cobre*.

15- LA DECIMOQUINTA GRAN CONCLUSIÓN de este trabajo sería la de proponer a la comunidad académica que se reemplace la película delgada de telururo de cadmio en las células solares, por una estratégica **unión NP** que conste por un lado de un semiconductor **tipo  $N_6$**  construido con silicio ampliamente dopado de *telurio* aislado y por el otro, la presencia también de silicio pero esta vez que sea lo suficientemente dopado aisladamente con impurezas de *cadmio*, quedando diseñado el semiconductor como un transistor **tipo  $N_6P_2$** .

16- LA DECIMOSEXTA GRAN CONCLUSIÓN de este trabajo sería la de proponer a la comunidad académica, que se reemplace finalmente a ese dispositivo **tipo  $N_6P_2$**  de telurio y cadmio, por un idéntico dispositivo de silicio **típi-**

co  $N_7P_1$  diseñado exclusivamente de un halógeno aislado tal como el *yodo* o el *bromo* y un metal como el *rubidio* o la *plata*.

de problemas biofísicos médicos propios de la memoria, el aprendizaje y otros entre ellos la enfermedad de Alzheimer.

Estos trabajos, que lo más probable es que estén desfasados por la poderosa magia secreta que tiene la ignorancia y la ingenuidad, sin embargo, como cualquier representante de la comunidad académica que soy, también han sido debidamente presentados sobretodo este se presentó el 26 de Mayo del 2013 en la “Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales” ACCEFYN.

#### 4- Referencias

##### REFERENCIAS DEL ARTÍCULO.

- [1] [Semiconductores Monografías.](#)
- [2] [Semiconductores textoscientíficos.](#)
- [3] [Superconductividad.](#)
- [4] [Superconductividad.](#)
- [5] [Alotropía.](#)
- [6] [Alotropía del Carbono.](#)
- [7] [Alotropía del Oxígeno.](#)
- [8] [Ozono.](#)
- [9] [Diborano](#)
- [10] [Semiconductores y temperatura.](#)

##### REFERENCIAS DE LA TEORÍA

- [1] [Número cuántico magnético.](#)
- [2] [Ángulo cuántico](#)
- [3] [Paul Dirac y Nosotros](#)
- [4] [Numero cuántico Azimutal monografías](#)
- [5] [Numero cuántico Azimutal textoscientíficos](#)
- [6] [Inflación Cuántica textos científicos.](#)
- [7] [Números cuánticos textoscientíficos.com.](#)
- [8] [Inflación Cuántica Monografías](#)
- [9] [Orbital Atómico](#)
- [10] [Números Cuánticos.](#)
- [11] [Átomo de Bohr.](#)
- [12] [Líneas de Balmer.](#)
- [13] [Constante Rydberg.](#)
- [14] [Dilatación gravitacional del tiempo.](#)
- [15] [Número Cuántico magnético.](#)
- [16] [Numero Cuántico Azimutal.](#)

Copyright © Derechos Reservados<sup>1</sup>.  
Heber Gabriel Pico Jiménez MD<sup>1</sup>. Médico Cirujano 1985 de la  
Universidad de Cartagena Colombia. Investigador independiente