

# Z = 32, germanio, Ge

El primer transistor se hizo con germanio

CE: [Ar] 3d<sup>10</sup>4s<sup>2</sup>4p<sup>2</sup>; PAE: 72,630; PF: 938 °C; PE: 2833 °C; densidad: 5,3 g/cm<sup>3</sup>;  $\chi$  (Pauling): 2,01; EO: -4, -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4; isótopos más estables: <sup>70</sup>Ge, <sup>72</sup>Ge, <sup>73</sup>Ge, <sup>74</sup>Ge; año de aislamiento: 1886 (Clemens Winkler, Freiberg, Alemania).

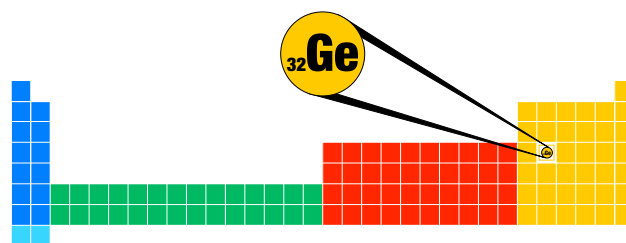
El 6 de febrero de 1886, estudiando la composición de un nuevo mineral, la argirodita (Ag<sub>8</sub>GeS<sub>6</sub>), el alemán Clemens Winkler consiguió aislar, en forma de sulfuro, un nuevo elemento químico, el germanio (del latín “Germania”, Alemania). Poco después, el propio Winkler preparó germanio elemental tras un proceso de tostación y reducción con hidrógeno (Figura 1). Las propiedades físicas del germanio resultaron ser casi idénticas a las predichas en 1871 por Mendeléiev para el elemento “eka-silicio”, situado entre el silicio y el estaño en su tabla de elementos, lo que supuso un espaldarazo para la teoría periódica.<sup>[1]</sup>

El germanio, con una abundancia en la corteza terrestre de tan solo 1,6 ppm, es escaso. Se obtiene principalmente como subproducto de la obtención del zinc (a partir de yacimientos de esfalerita) y de la combustión de carbones ricos en germanio en centrales térmicas (tratamiento de las cenizas volantes). Muy pocos minerales (argirodita, briarita, reinerita y germanita) contienen germanio en cantidades apreciables, por lo que la minería propia de germanio no suele ser rentable. Independientemente de la fuente de material, todos los concentrados de germanio son purificados mediante un proceso de tostación (conversión a GeO<sub>2</sub>), de cloración y destilación (formación de GeCl<sub>4</sub>), de hidrolizado y secado (GeO<sub>2</sub> de alta pureza), y de reducción, que si se lleva a cabo con hidrógeno, permite obtener germanio metal muy puro.<sup>[3,4]</sup> Los principales países productores de germanio, considerando el período 2012-2016, son China (más del 70 %) y Rusia (entorno al 3 %), con un precio aproximado de 1.500 dólares americanos por kg [goo.gl/Jn27zt, visitada el 02/03/2019]. El germanio es un elemento estratégico y puesto que su disponibilidad solo está asegurada en los siguientes 100 años [goo.gl/n4Udxq, visitada el 02/03/2019], es imperante su reciclado, lo que actualmente supone un 30 % de la producción global.

El germanio  $\alpha$ , alótropo habitual en condiciones normales, es un semimetal de color blanco grisáceo lustroso y quebradizo que tiene la misma estructura que el diamante (Figura 1). Ocupa la posición seis en la escala de Mohs de dureza,



Figura 1. Primera precipitación de sulfuro de germanio (debajo), pedazo de germanio elemental (izquierda) y primer transistor fabricado por los Laboratorios Bell con un bloque de germanio policristalino ultra puro (derecha)<sup>[2]</sup>



es estable al aire a bajas temperaturas, no reacciona con ácidos y bases diluidos y, aunque es un mal conductor, se describe mejor como un semiconductor. Sus estados de oxidación más habituales son +2 y +4 y forma gran cantidad de compuestos, incluyendo halogenuros, calcogenuros, hidruros y compuestos organometálicos. La primera aplicación importante del germanio surgió por sus propiedades como semiconductor durante la segunda guerra mundial, en la que se empleó para fabricar los rectificadores de alta frecuencia de los primeros equipos de radar. Se eligió germanio en vez de silicio porque, sumado a su mayor estabilidad, su menor punto de fusión (el silicio funde a 1414 °C) permitió obtenerlo más fácilmente con la pureza necesaria (fusión por zonas). Esta primera aplicación del germanio, llevó a la fabricación del primer transistor (Laboratorios Bell en 1947, Figura 1) y el primer circuito integrado (Texas Instruments en 1958) de la historia.<sup>[5]</sup> Sin embargo, el papel dominante del germanio en el desarrollo de los primeros transistores desapareció rápidamente a principios de los 60, cuando se resolvieron los problemas técnicos asociados a la obtención de silicio de alta pureza, que se convirtió en el material de referencia en este campo por su menor precio y mejores propiedades electrónicas.

Hoy en día, el germanio y sus compuestos se usan, por orden de importancia, en: (i) la fabricación de fibra óptica y lentes para los objetivos de microscopios y cámaras (el GeO<sub>2</sub> tiene un gran índice de refracción y baja dispersión óptica), (ii) dispositivos de visión nocturna y de espectroscopia infrarroja (Ge y GeO<sub>2</sub> son transparentes a esa radiación), (iii) catalizador (GeO<sub>2</sub>) en la síntesis de plásticos, como el polietilentereftalato (PET), (iv) circuitos integrados de alta velocidad y en paneles solares, generalmente aleado con silicio, compitiendo con los fabricados con GaAs, (v) aleaciones para la fabricación de lámparas fluorescentes y en muchas otras aplicaciones.<sup>[4,5]</sup> Desde un punto de vista fundamental, los compuestos de germanio en bajos estados de oxidación<sup>[6]</sup> son muy reactivos y están teniendo un papel muy activo como ligandos en química de coordinación, catálisis y en activación de moléculas pequeñas.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Haustein, Germanium: the gap in the periodic table, *Chem. Unserer Zeit*, **2011**, *45*, 398–405.
- [2] Fotografías extraídas de las referencias 1 y 4 de Chemical Elements, goo.gl/wfW57D, visitada el 21/02/2019.
- [3] R. Höll, M. Kling, E. Schroll, Metallogenesi of germanium-A review, *Ore Geol. Rev.*, **2007**, *30*, 145–180.
- [4] R. R. Moskalyk, Review of germanium processing worldwide, *Miner. Eng.*, **2004**, *17*, 393–402.
- [5] E. E. Haller, Germanium: From its discovery to SiGe devices, *Mater. Sci. Semicond. Process.*, **2006**, *9*, 408–422.
- [6] Y. Mizuhata, T. Sasamori, N. Tokitoh, Stable heavier carbene analogues, *Chem. Rev.*, **2009**, *109*, 3479–3511.

PABLO GARCÍA-ÁLVAREZ  
Departamento de Química Orgánica e Inorgánica  
Universidad de Oviedo, 33071 Oviedo  
pga@uniovi.es