

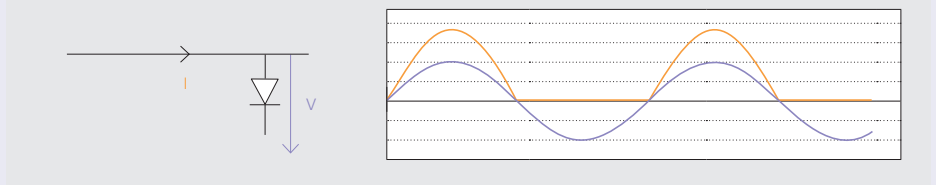


Semiconductores de potencia

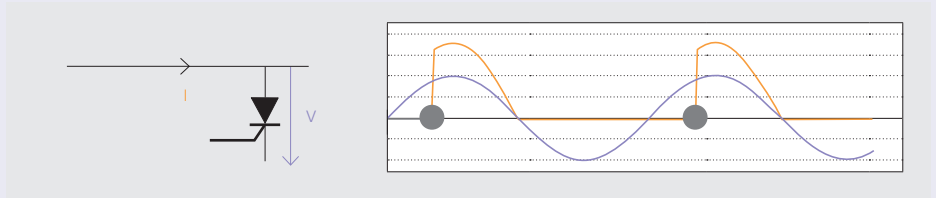
Pasado y presente de los semiconductores de potencia en ABB

ANDREAS MOGLESTUE, MUNAF RAHIMO, SVEN KLAKA, CHRISTOPH HOLTMANN – ¿Qué tienen en común una locomotora, una estación de HVDC y un cargador de teléfono? En todos se aplica la conversión de electricidad de una forma a otra y, si son de construcción reciente, todos

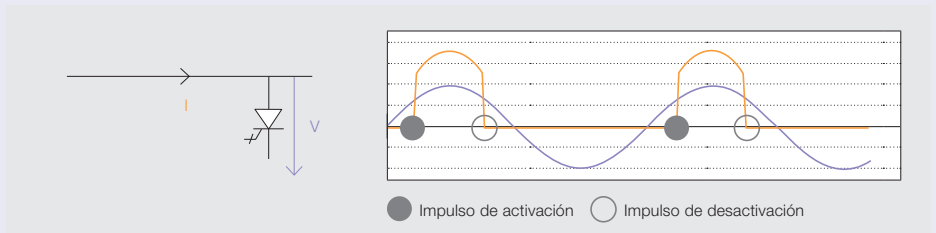
utilizan casi con seguridad electrónica de potencia. Durante más de 60 años, ABB y sus empresas predecesoras han desarrollado y fabricado semiconductores de potencia, los pequeños y robustos elementos de conmutación que se encuentran en el núcleo de los convertidores de potencia.



1a Diodo



1b Tiristor



1c GTO

El término “revolución de los semiconductores” se suele asociar con la reciente y rápida aparición de nuevas tecnologías de comunicaciones, proceso de datos y ocio. Un número sin precedente de personas utilizan medios sociales o participan en el comercio por internet gracias a la capacidad de fabricación de semiconductores con altos niveles de integración y bajos precios unitarios. Menos visible, pero igualmente fundamental para los cambios profundos de las recientes décadas, está en marcha otra revolución de los semiconductores: la electrónica de potencia.

La electrónica de potencia permite transformar la electricidad entre distintas frecuencias y tensiones de forma segura, eficiente y rentable. Por ejemplo, se estima que el 65 por ciento de toda la electricidad generada la consumen los motores eléctricos. La posibilidad de controlar los motores de forma más eficiente con electrónica de potencia representa un gran potencial de ahorro en términos de recursos y emisiones. Asimismo, el empleo de la electrónica de potencia en

la red eléctrica (por ejemplo, con FACTS y HVDC) aumenta la controlabilidad del flujo de la electricidad y permite transportar más potencia con menos pérdidas. En el campo de las energías renovables, el gran crecimiento de la generación solar y eólica de los últimos años no habría sido viable sin convertidores de electrónica de potencia para conectar a la red.

Pero, ¿qué son exactamente los semiconductores?

La actual revolución de las renovables no habría sido posible sin semiconductores de potencia.

Semiconductores

Un semiconductor es un material que presenta un nivel intermedio de conductividad entre un conductor y un no conductor. El nivel de conductividad se modifica con factores tales como las impurezas del material, su geometría, los campos eléctricos, la temperatura, la

Imagen del título

La fábrica de Lenzburg, con la planta original de bipolares a la izquierda y la nueva de BIMOS a la derecha.

2 Hitos de la historia de ABB en semiconductores

1954	Comienza el desarrollo de semiconductores en Ludvika (ASEA) y Baden (BBC).
1956	BBC presenta su primer diodo (100 V / 100 A). BBC presenta su primer tiristor (1.200 V / 100 A).
1961	Los diodos alcanzan 650 V / 200 A.
1969	Se abre una nueva planta en Lampertheim (BBC).
1970	Los tiristores alcanzan 3.000 V / 800 A.
1976	Se comienza el dopado por transmutación de neutrones (BBC).
1977	Se abre una nueva planta en Lenzburg (BBC).
1980	Los tiristores alcanzan 5 kV / 2 kA.
1988	En 1988, ASEA y BBC se unen para formar ABB.
1990	Se vende la planta de Lampertheim a IXYS.
1991	Se concentran en Lenzburg las actividades de semiconductores.
1992	Se presenta un prototipo de IGBT de 4,5 kV / 600 A.
1995	Se presentan los primeros prototipos de IGCT de 4,5 kV / 3 kA.
1996	La oferta de GTO y diodos alcanza 4,5 kV / 4 kA.
	Se presenta el módulo de IGBT para tracción de 3,3 kV / 1,2 kA.
	Se presenta el tiristor bidireccional controlado.
1997	ABB lanza una línea completa de IGCT desde 500 kW a 9 MW.
	Se presenta el módulo IGBT de 4,5 kV / 1,2 kA para tracción con sumidero de calor integrado.
	Se presenta el IGBT de 2,5 kV / 700 A para HVDC light®.
1998	Abre en Lenzburg la fábrica de obleas de IGBT de 5 pulgadas.
2000	Se presentan los módulos StakPak de 2,5 kV para HVDC light.
2001	Se presenta la plataforma de perforación suave (SPT) de obleas delgadas de 1,2 kV – 1,7 kV para IGBT.
2003	Se presenta la plataforma de SPT de alta tensión IGBT/diodos (con área de trabajo seguro que bate records).
	Se presenta la plataforma de módulo HiPak SPT-IGBT de 2,5 kV – 3,3 kV.
2005	Lenzburg moderniza la fábrica de obleas IGBT a 6 pulgadas.
	Se presenta la plataforma de módulo HV-HiPak SPT-IGBT de 3,3 kV – 6,5 kV.
2006	Se presenta la plataforma SPT+ IGBT de 1,2 kV – 6,5 kV de bajas pérdidas.
2007	Se presenta la plataforma IGCT de tecnología de alta potencia (HPT).
2009	Se presenta el tiristor de 8,5 kV / 8 kA.
	Se presenta la tecnología BIGT de alta tensión.
2010	Se añade una ampliación de capacidad en Lenzburg y se adquiere Polovodice.
	Se presentan los módulos StakPak de 4,5 kV para HVDC light.
	Se hace una demostración de la tecnología IGCT de 10 kV.
2011	Se hace una demostración de BIGT para interruptor de HVDC.
2013	Comienzan las obras del laboratorio de WBG en Baden-Dättwil. Se presenta el HiPak 2013 mejorado.
	Se presenta la tecnología BGCT (IGCT con diodo de conducción inversa en la misma oblea).
2014	Se presenta la tecnología IGBT de canal mejorado.
	60 años de semiconductores en ABB.

3 Tiristores de BBC del decenio de 1970



BBC fabricó su primer tiristor en 1961.

presión o la luz. Esto los hace adecuados para muchas aplicaciones de sensores. Y aún más importante, la interdependencia de las variables de entrada y salida los hace implícitamente controlables. El transistor, quizá el mejor conocido de todos los semiconductores, puede utilizarse para construir un amplificador sencillo. Una señal débil, captada por una antena (y adecuadamente filtrada y rectificada) se inyecta a un transistor que la amplifica a una salida más fuerte reproducible en un altavoz; se obtiene así una radio básica.

La electrónica de potencia requiere dispositivos con funciones algo distintas. La conversión de energía debe tener el mayor rendimiento energético posible, por razones de economía y porque las pérdidas se transforman directamente en calor y, por tanto, en daños para el dispositivo. Los semiconductores de potencia se diseñan para que actúen como interruptores físicos (tanto en on como en off) más que como amplificadores.

El diodo

El diodo es el más básico de todos los dispositivos de electrónica de potencia. Simplemente, conduce la corriente en un sentido y la bloquea en el otro → 1a. Esto lo hace adecuado para rectificación (conversión de CA en CC). El concepto

de diodo se conoce desde 1874, cuando Karl Ferdinand Braun observó rectificación en sulfuros metálicos. Los diodos semiconductores adecuados para aplicaciones de potencia no surgieron hasta los 1950.

Las dos empresas predecesoras de ABB, BBC y ASEA, empezaron el desarrollo de diodos semiconductores en 1954 y lanzaron la producción comercial en 1956 → 2.

El tiristor

Uno de los inconvenientes de los rectificadores de diodos es que su potencia de salida no es controlable. El tiristor es un dispositivo que añade la posibilidad de ser activado. Esto se hace aplicando una corriente en un tercer contacto llamado puerta. Se preguntará el lector qué interés tiene un interruptor que se puede encender pero no apagar. ¿Quién instalaría, por ejemplo, un interruptor de la luz que no se pudiera apagar? En realidad, muchos atenuadores de la luz utilizan tiristores. El secreto está en que no es necesario cortar la corriente, porque se extingue al cruzar el cero → 1b. Modificando el ángulo de fase del encendido, se puede controlar la potencia media que absorbe la luz. Además de la conversión de CA a CC, los tiristores pueden también usarse en la conversión de CC a CA (inversión), pero solamente si hay conmutación local (por ejemplo, generación local) en el lado de CA.

El tiristor fue descrito por primera vez por William Shockley en 1950. BBC comenzó la producción en 1961.



En 1998, se inauguró una nueva fábrica de obleas que permitió realizar todo el proceso de fabricación de IGBT en instalaciones propias.

El GTO

Aunque el tiristor ha encontrado muchas aplicaciones, los aparatos que se puedan apagar siguen teniendo interés. Por ejemplo para implementar la modulación del ancho de pulso (PWM) para convertir CC a CA sin el apoyo de conmutación local (y además ser más amable con los armónicos, reduciendo la necesidad de filtros).

El tiristor desactivable por puerta (GTO) lo hace posible. Funciona como el tiristor, pero se puede desconectar con una corriente inversa en la puerta → 1c.

Hay GTO desde el decenio de 1960, pero tanto ASEA como BBC eran nuevas en este campo. BBC lanzó su primer GTO en 1980.

El IGBT

Un nuevo dispositivo entró en la escena de la electrónica de potencia en el decenio de 1990. El transistor bipolar de puerta integrada (IGBT) se controla mediante tensión más que mediante intensidad, lo que simplifica mucho los circuitos de control. También es operativamente más estable que los primeros dispositivos descritos (conocidos colectivamente como tecnología bipolar) ya que la tensión del IGBT aumenta en cortocircuito, por lo que tiene una capacidad intrínseca de limitación de la corriente. Esto reduce la complejidad de los circuitos de protección necesarios. Además, dado que no precisan ser montados en pilas a presión, los IGBT son más fáciles de instalar y sustituir.

ABB hizo sus primeras incursiones en la fabricación de IGBT en 1992. En 1998, se inauguró en Lenzburg una nueva fábrica de obleas que permitió realizar todo el proceso de fabricación de IGBT en instalaciones propias.

En sus primeros días, los IGBT se utilizaron principalmente en accionamientos, pero con la introducción de HVDC Light en 1997, también empezaron a cumplir una función en las redes eléctricas.

El IGCT

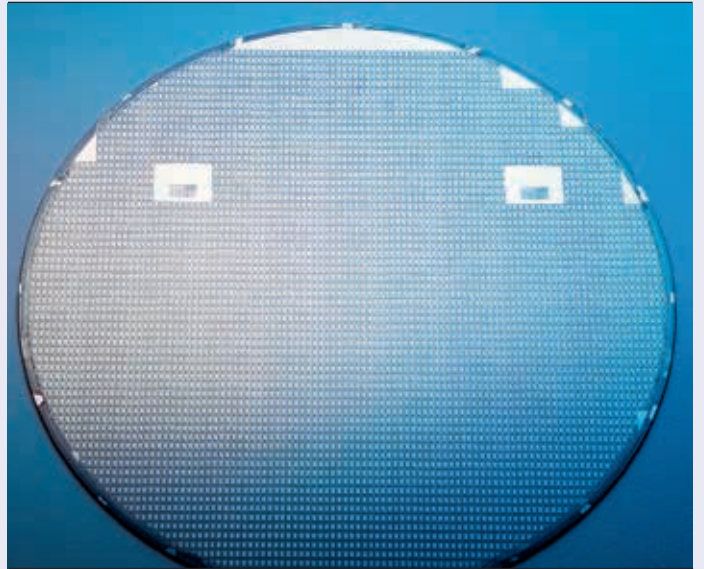
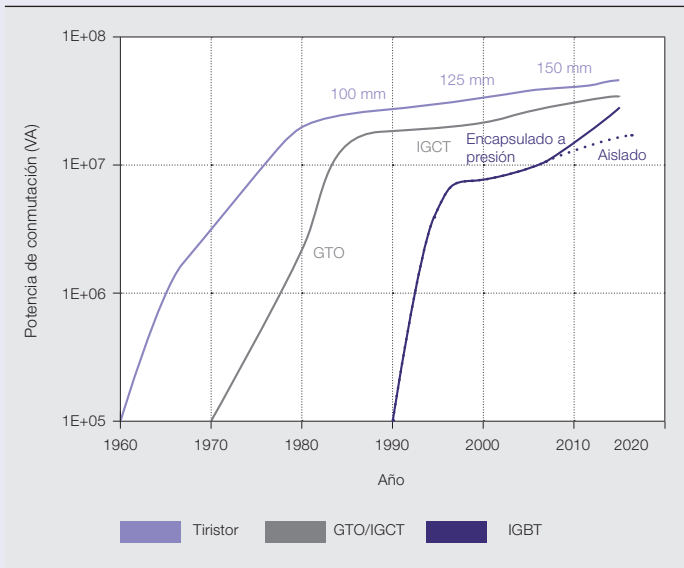
Podría pensarse que la rápida ascensión del IGBT llevaría a una desaparición igualmente rápida del GTO. Pero sigue habiendo demanda para la tecnología, especialmente en las categorías de más potencia, aún no bien servidas por los IGBT.

En 1997, ABB lanzó el tiristor controlado por puerta conmutada integrada (IGCT). El IGCT es esencialmente un GTO con una puerta integrada (en lugar de externa) que suministra impulsos a la puerta. La integración espacial más estrecha reduce la inductancia y permite ciclos de conmutación más rápidos con menos armónicos. El IGCT se presta a aplicaciones de accionamientos de alta potencia.

ABB sigue desarrollando todas estas familias de aparatos de conmutación → 6.

Fabricación de semiconductores

La fabricación de semiconductores de potencia es un proceso complejo que exige gran precisión y un entorno controlado muy limpio. El material de base



El IGCT es esencialmente un GTO con una puerta integrada (en vez de externa).

es un semiconductor de silicio monocristalino en forma de oblea, cuyas propiedades eléctricas se modifican insertando átomos de un material dopante en la estructura cristalina. Hacen falta muchos pasos para fabricar la compleja estructura de un semiconductor de potencia → 7. Una vez finalizada la oblea, se cortan, prueban y embalan los semiconductores.

Los semiconductores en ABB

Las dos empresas predecesoras de ABB (ASEA y BBC) entraron de forma independiente en el campo de la investigación y fabricación de semiconductores en 1954 → 2. En el momento de la fusión en 1988, había tres centros de fabricación. Los tres se consolidaron en la fábrica de Lenzburg (Suiza) en 1991. Previamente, la investigación y la fabricación de semiconductores se habían considerado principalmente como apoyo a otras actividades de ABB. Constituyendo una empresa filial, ABB Semiconductors Ltd, ABB pudo impulsar sus actividades de semiconductores para atender también directamente a clientes externos.

En 1998 (→ 1 imagen del título) se añadió un BIMOS (fábrica de IGBT y diodos) a la planta de Lenzburg. ABB añadió en 2010 un segundo centro de fabricación cuando adquirió la compañía Polovodice, con sede en Praga. La fabricación actual de bipolares se realiza tanto en Praga como en Lenzburg, y BIMOS se fabrica en Lenzburg.

Materiales de banda prohibida ancha

Además de algunos diodos de la primera época hechos de germanio, todos los semiconductores de ABB descritos hasta ahora en este artículo emplean silicio como material de base. En 2014, ABB abrió un nuevo laboratorio en su centro de investigación en Baden-Dättwil (Suiza) para el desarrollo de materiales de banda prohibida ancha. Los aparatos que emplean dichos materiales prometen menores pérdidas y mejor tolerancia al calor que el silicio, lo que permite alcanzar un rendimiento superior.

Tras más de 60 años de desarrollo, la revolución de los semiconductores no muestra signos de ralentizarse.

Este artículo se basa en parte en "Generaciones de semiconductores: ABB repasa 60 años de progreso en semiconductores", publicado en ABB Review 3/14.

125
YEARS SERVING
THE WORLD FROM
SWITZERLAND
www.abb.com

Andreas Moglestue

ABB Review

Baden-Dättwil, Suiza

andreas.moglestue@ch.abb.com

Munaf Rahimo

Sven Klaka

Christoph Holtmann

ABB Semiconductors Ltd.

Lenzburg, Suiza

munaf.rahimo@ch.abb.com

sven.klaka@ch.abb.com

christoph.holtmann@ch.abb.com