Carburo de silicio para reducir el tamaño de los motores eléctricos híbridos

Las ventas de los vehículos eléctricos híbridos están subiendo pero, a menos que bajen los precios de tales coches, podría darse el estancamiento. La solución, es utilizar "chips" de carburo de silicio para reducir el tamaño de la electrónica de potencia y para aumentar temperatura de funcionamiento.

Los vehículos eléctricos híbridos (HEVs) representan un desafío importante para los diseñadores de automóviles, especialmente en términos de tamaño, de peso, de la elección de sistemas electrónicos y de controles, así como la gestión térmica de estos sistemas adicionales. Para que la industria de HEV continúe creciendo, estos desafíos se deben superar con soluciones eficientes y rentables. Una opción es el despliegue de carburo del silicio (componentes basados en SiC). Esta tecnología ya puede proporcionar medios para mejorar la eficacia del sistema HEV, mientras que reduce la necesidad de elaborar sistemas de gestión térmica que añaden tamaño, peso y coste a los vehículos.

Motor eléctrico híbrido

Desde la introducción del Toyota Prius en Japón en 1997, las ventas mundiales de HEV han crecido rápidamente. En 2003 representaron 0.15% del mercado total del automóvil, y en 2005 se predice que alcance un 0.5%. Ahora se está ofreciendo a los compradores de coches una gama creciente de modelos. Además de Toyota, Ford y Honda han anunciado la revolución híbrida y se espera que DaimlerChrysler, General Motors, Hyundai, Nissan y otros sigan con la introducción de sus propios híbridos proximamente.

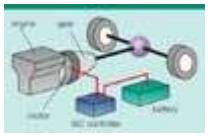
Las ventajas de HEV

Con una eficacia del combustible de hasta 4.5 l a los 100 km, HEVs consume hasta 50% menos combustible por km que muchos otros coches, y reduciendo emisiones de combustible fósil. Consecuentemente, los subsidios de gobierno están disponibles en muchos países para los conductores de HEV que viven en áreas de alta congestión. Las ventas sugieren que un número en aumento de consumidores están siendo atraídos por la eficacia, por la operación ambientalmente beneficiosa, y por los subsidios asociados a HEVs. Pero a pesar de los atractivos el crecimiento de HEV puede estancarse aproximadamente en el 3% del mercado total del automóvil a menos que los precios de HEV caigan para competir con los coches tradicionales con motores de combustión interna (ICEs).

Las plataformas actuales de HEV, que utilizan electrónica de potencia basada en silicio, se enfrentan a dos desafíos importantes: tamaño y peso. Además de un ICE los HEVs deben también acomodar electrónica de potencia, almacenamiento de energía, y un motor eléctrico en el volumen predefinido de la plataforma del automóvil. Las soluciones de ingeniería para combatir estos desafíos, tales como usar materiales alternativos de la carrocería o del cuerpo y reducción de pasajeros o del espacio de carga, dan lugar a HEVs con menos capacidad, más costosos que sus analogos tradicionales del ICE.

El motor que impulsa HEV -un componente de potencia- electrónica que convierte energía almacenada en una fuente de corriente alterna (CA) necesitada para funcionar el motor eléctrico, es uno de los contribuidores principales al tamaño y al peso de sistema. Típicamente, los impulsores

del motor HEV utilizan los transistores bipolares de puerta-aislada (IGBTs) para el elemento primario de la conmutación, con diodos de silicio como el diodo de retorno, configurado en un módulo diseñado para controlar los motores trifásicos. El módulo se coloca dentro del compartimiento del ingenio tan cerca del motor eléctrico como sea posible para reducir al mínimo la inductancia parásita y reducir el peso del cableado.



Configuración paralela

La combinación de IGBTs de silicio y de diodos pin es ideal para las aplicaciones de alta potencia, porque los dispositivos se pueden escalar para manejar cientos de amperios por dado(die). Pero, como todos los dispositivos de silicio, se limitan a las temperaturas de unión de 150-175°C. Controlar la temperatura de unión de la electrónica de silicio en el ambiente agresivo del compartimento del motor requiere grandes disipadores de calor y líquido refrigerante, pero ambas soluciones son costosas y difíciles de integrar en el volumen disponible dentro del compartiminto del mottor.

Las limitaciones de temperatura inherentes a la tecnología de silicio, significa que los componentes electrónicos de silicio avanzado no pueden resolver las demandas de las plataformas de HEV y representan un área para la mejora significativa en el mercado HEV si continua creciendo.

Aquí es donde reside la oportunidad para SiC. La capacidad de la electrónica de potencia basada en SiC de tratar estas limitaciones más eficientemente que su contrapartida de silicio, es una fuerza fundamental para la tecnología.

SiC es un semiconductor ancho-bandgap que se ha considerado conveniente para la electrónica de potencia de nueva generación por muchos años. Ventajas materiales fundamentales, tales como voltaje de interrupción más alto y generación térmica reducida de portadores libres intrínsecos, separa SiC de los materiales tradicionales semiconductor tales como silicio y GaAs (véase la tabla). Consecuentemente, la electrónica de SiC puede funcionar a temperaturas superiores, densidades de potencia y frecuencias substancialmente más altas que con el silicio convencional. La combinación de estas tres fortalezas se traduce en sistemas eléctricos más pequeños, más ligeros, y más simples para HEVs.

Por supuesto, los dispositivos de semiconductor de SiC hacen frente a algunos desafíos que deban ser superados antes de que puedan alcanzar los niveles de la energía exigidos por HEVs y llegar a ser económicamente factibles. Los costes del substrato de SiC han sido altos por muchos años y la disponibilidad ha sido baja, aunque esta situación está comenzando a cambiar con suministradores adicionales del substrato que crean competencia para los clientes.

Características del material de SiC

La calidad y el diámetro del substrato también ha limitado el avance de los dispositivos de SiC. Los defectos cristalinos llamados "micropipes" han sido habituales a lo largo del desarrollo del material. Causan fallos catastróficos del dispositivo e inhiben el escalamiento de los "chips" a niveles más superiores de corriente.
Sin embargo, en los últimos años, densidades de "micropipes" se han reducido a un centésimo de niveles anteriores, y esta tendencia continuará si la tecnología madura. Mejoras posteriores de la calidad y la disponibilidad de materiales de SiC también se esperan mientras que la industria emigra a los substratos de 4 pulgadas y más.

Otra área de dificultad es que las topologías del dispositivo explotadas en tecnología del silicio - tal

como dispositivos CMOS y IGBT - no son directamente tranferibles a sus contrapartes de SiC por razones prácticas y físicas. El silicio convencional CMOS responde facilmente a la difusión del dopante. Este proceso es inadecuado para el sistema de material de SiC, porque la difusión del dopante es insignificante a las temperaturas de proceso por deabajo de 1500 ºC. La investigación actual está considerando la difusión del dopante en SiC a temperaturas por encima de 1800 ºC, pero el equipo de proceso del semiconductor que funciona en este régimen es prácticamente inexistente, y el calentamiento de los substratos a estas temperaturas es probable que cause un arco, la deformación y la grieta.

Hay también ausencia de SiC comercialmente disponible de substratos tipo p, que se requieren para las estructuras IGBT. Aunque investigadores en Alemania han producido substratos p-dopados de SiC usando una cámara de crecimiento con flujo de gas adicional, este trabajo todavía están en su infancia (véase "pipework adicional abrir los usos del transistor para *el semiconductor compuesto* marcha 2005 p23 de SiC").

Las dificultades asociadas a la difusión del dopante, y la falta de disponibilidad de substratos tipo p, son apenas dos ejemplos que revelan el porqué de que la circuitería de control alternativa y topologías de dispositivos de conmutación del control se deben desarrollar para el sistema único de material de SiC. Un alternativa es el chip SmartPower SiC, un impulsor del motor trifásico, todo de SiC desarrollado por una empresa escindida de la universidad de estado de Mississipi, SemiSouth. Este componente podrá funcionar en ambientes de alta temperatura, tales como un compartimiento del motor, sin un sistema de enfriamiento grande y complejo. Consecuentemente, debe reducir enormemente el tamaño, el peso y la complejidad del diseño del sistema HEV.

Este futuro producto es el resultado de los esfuerzos combinados de SemiSouth y del National Institute of Standards and Technology de los E.E.U.U. (NIST). Bajo el programa de tecnología avanzada del NIST, SemiSouth está trabajando para desarrollar e integrar circuitería de control avanzado de SiC y transistores de potencia avanzados en un módulo compacto de potencia para el uso en HEVs. Usando SiC, el volumen del motor-inversor de HEV se puede recortar por más del 50% y el sistema de enfriamiento líquido puede ser eliminado.

Escepticismo del interruptor de potencia

Aunque la tecnología smart-power de SiC es un asunto bien discutido, ha recibido investigación científica limitada. Las soluciones propuestas se han resuelto con escepticismo, relacionado principalmente con la operación del interruptor de potencia. Los transistores SiC bipolares de unión (BJTs) sufren de baja ganancia y degradación del voltaje inverso. Análogantemente, los MOSFETs de SiC están plagados de problemas de fiabilidad a elevadas temperaturas e intervalos de cambios de voltaje.

SemiSouth también ha desarrollado una tecnología de potencia FET en SiC que supera los problemas del MOSFET y de BJT. La tecnología es ideal para la conversión eficiente de energía a elevadas temperaturas porque la ausencia de la región metal-óxido-semiconductor mejora la fiabilidad del dispositivo, y su naturaleza unipolar elimina cualquier efecto de recuperación directa e inversa. SemiSouth cree que esta tecnología será capaz de trabajar a temperaturas mucho más altas (300-500ºC) y frecuencias (≥1 Megaciclo) que el silicio convencional, así como la reducción

del tamaño y del peso totales de HEVs. Un cierto progreso se ha hecho ya en este área, con los ingenieros de SemiSouth desarrollando una variedad de dispositivos de alta potencia que han funcionado a 500ºC.

A través de la investigación continuada y de avances en la tecnología, tales como los de SemiSouth, el futuro de la electrónica de potencia se dirigirá a la integración monolítica de los dispositivos FET de SiC para formar puertas lógicas y amplificadores operacionales. Estos bloques básicos se combinarán para crear ICs para controlar drivers del motor HEV. Además, los SiC FETs discretos de alta potencia serán integrados con los elementos monolíticos de control para formar un módulo completo multichip de energía .

Se espera que todos estos avances tecnológicos sean integrados en HEVs durante los tres a cinco años próximos, y juntos deben conducir a coches más ligeros, más pequeños, y más económicos en combustible que alternativamente promuevan crecimiento adicional en esta industria.

Fuente: Compound Semiconductor , Jun 2005, Vol 11, n. 5, pag. 18