

Sic

Silisyum Karbür & Kullanım Alanları



İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
Malzemenin Elektronik Özellikleri Ödevi

Caner Taş
1311210023
mail@ctas.com.tr
caner.tas@ogr.iuc.edu.tr

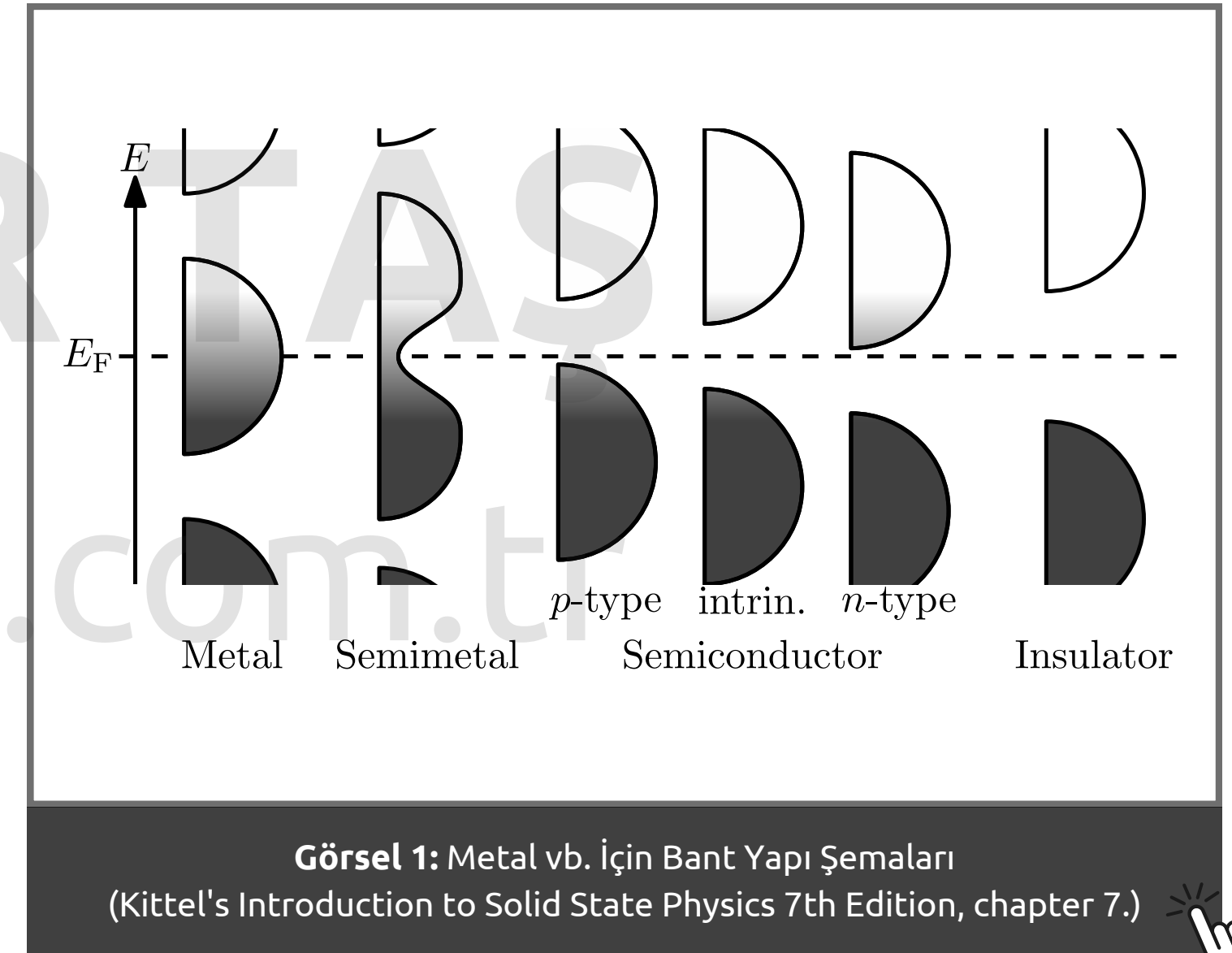
UYARI

Görüntülediğiniz içerik; hiçbir şekilde bilimsel doğruluk iddiası olmadan, çeşitli kaynaklardan, öğrenci bakış açısıyla “ödev” olarak hazırlanmıştır. Lütfen doğruluğunu sorgulayarak inceleyiniz ve yanlış bilginin yayılmasını önlemek amacıyla başka kullanımlar için kaynak olarak kullanmayınız. Aksi halde, doğabilecek problemlerden kesinlikle tarafınızın sorumlu tutulacağını unutmayınız...

İletkenlik özelliği bakımından iletkenler ve yalıtkanlar arasında elektriksel iletkenliğe sahip olan malzemelere “yarı-iletken” denir.

İletkenlikleri; sıcaklık, ışık ve elektrik alandan etkilendiği gibi kristal yapısına safsızlıklar yani “doping” eklenerek de değiştirilebilir.

İletkenlik özelliklerinin değişken olması, “kontrol edilebilir” bir özellik kattığından elektronik sektörde ideal bir malzemedir.



Görsel 1: Metal vb. İçin Bant Yapı Şemaları
(Kittel's Introduction to Solid State Physics 7th Edition, chapter 7.)

[Kaynağa erişmek için tıklayınız.](#)

Bilgisayar ve telefon çipleri, güneş panelleri, sensörler, LED'ler ve güç elektroniği sistemlerinde yaygın olarak "yarı-iletken malzemeler" kullanılmaktadır.

Yaygın Kullanılan Bazı Yarı-iletkenler:

- *Silisyum (Si)*
- *Germanyum (Ge)*
- *Galyum Arsenit (GaAs)*
- *Galyum Nitrit (GaN)*
- ***Silisyum Karbür (SiC)***



Görsel 2: Silikon Diyotun Yakından Görünümü.
(Fotoğraf: John Maushammer)

[Kaynağa erişmek için tıklayınız.](#)

Yarı-iletken bir malzeme olmasının yanı sıra doğada kum, kuvars ve kil minerallerinde bolca bulunmasıyla da öne çıkmaktadır.

Saflaştırılması ve kristal halde büyütülmesinin kolay olması gibi özellikleriyle de fonksiyonel bir malzeme olarak düşünülebilir.

Ancak, 20. yüzyılın dijital devrimini başlatsa da yüksek sıcaklık, voltaj ve frekans gerektiren uygulamalarda yetersiz kalmıştır.



Görsel 3: Silikon.
(Fotoğraf: Vano)

[Kaynağa erişmek için tıklayınız.](#)

SİLİSYUM VS. SİLİSYUM KARBÜR

SiC

Silisyum Karbür
& Kullanım Alanları

	Silisyum (Si)	Silisyum Karbür (SiC)
Bant Aralığı (Eg)	1.1 eV (dar)	3.26 eV (geniş)
Elektriksel Dayanım	~0.3 MV/cm	~3 MV/cm
Isı İletkenliği	~150 W/m·K	~370–490 W/m·K
Max Çalışma Sıcaklığı	~150 °C	~600 °C+
Elektron Mobilitesi	Yüksek	Orta
Üretim Kolaylığı	Kolay ve ucuz	Zor ve pahalı
Kristal Yapı	Elmas Kübik	Çoklu polimorf

Tablo 1: Silisyum ve Silisyum Karbür'ün Genel Özelliklerinin Karşılaştırılması.
(Caner Taş Ders Notları / Malzemenin Elektronik Özellikleri)

SİLİSYUM VS. SİLİSYUM KARBÜR

SiC

**Silisyum Karbür
& Kullanım Alanları**

Silisyum, genel amaçlı uygulama konusunda hala çok güçlüdür.

Ancak yüksek sıcaklık, voltaj ve verimlilik gereken durumlarda SiC üstünlüğünü gösterir.

SiC'nin dezavantajı ise daha pahalı ve zor işlenir olmasıdır.

	Silisyum (Si)	Silisyum Karbür (SiC)
Bant Aralığı (Eg)	1.1 eV (dar)	3.26 eV (geniş)
Elektriksel Dayanım	~0.3 MV/cm	~3 MV/cm
Isı İletkenliği	~150 W/m·K	~370–490 W/m·K
Max Çalışma Sıcaklığı	~150 °C	~600 °C+
Elektron Mobilitesi	Yüksek	Orta
Üretim Kolaylığı	Kolay ve ucuz	Zor ve pahalı
Kristal Yapı	Elmas Kübik	Çoklu polimorf

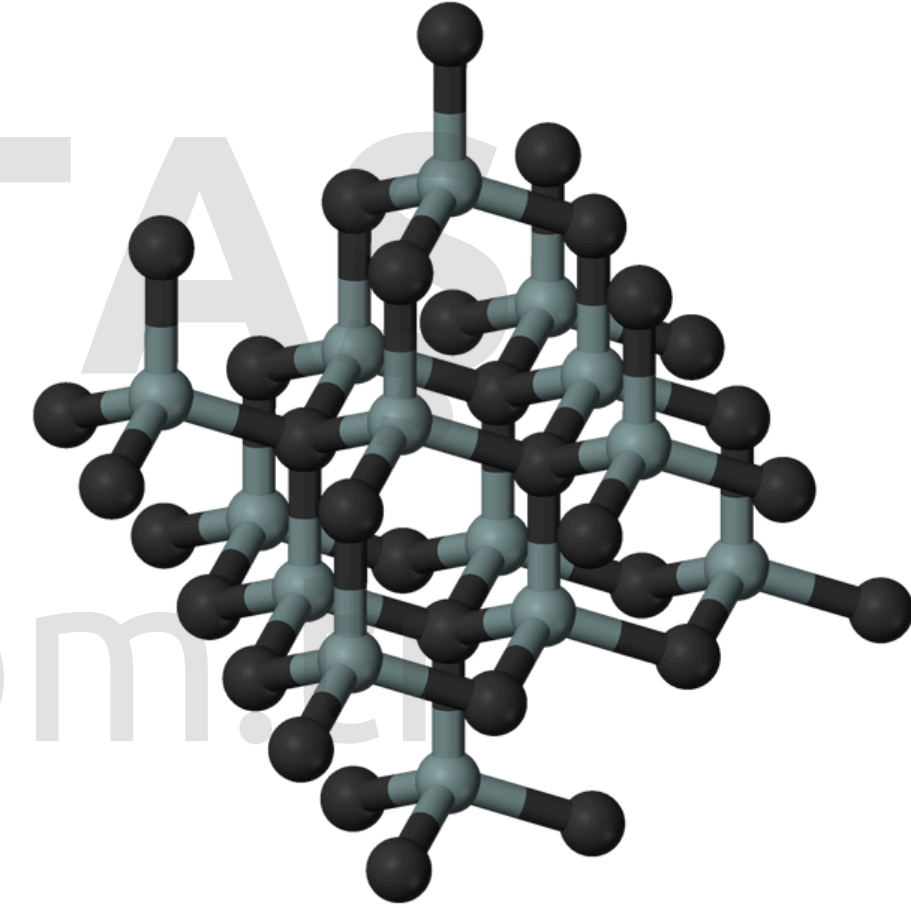
Tablo 1: Silisyum ve Silisyum Karbür'ün Genel Özelliklerinin Karşılaştırılması.
(Caner Taş Ders Notları / Malzemenin Elektronik Özellikleri)

[Kaynağa erişmek için tıklayınız.](#)

Silisyum (Si) ve Karbon (C) elementlerinden oluşan, **çok sert**, kimyasal olarak inert, **aşınmaya ve ısıya oldukça dayanıklı** bir yarı-iletken bileşiktir.

Endüstride genellikle “**Karborundum**” adıyla da bilinmektedir.

Doğada çok nadir bulunmasından ötürü endüstriyel kullanım için sentetik olarak üretilmesi tercih edilmektedir.



Görsel 4: Üç Boyutlu Silisyum Karbür Gösterimi
(Çizim: Benjah-bmm27)

[Kaynağa erişmek için tıklayınız.](#)

Geniş bant aralığına sahip olması sayesinde çalışmalarda; yüksek sıcaklık, yüksel gerilim ve frekansta dahi performans düşüşü olmadan kararlı bir şekilde kullanılabilir.

Elektriksel dayanımı Silisyum'un yaklaşık 10 katıdır. Termal iletkenliği yüksektir.

Yapısı itibariyle **sızıntı akımı çok düşüktür** yani düşük enerji kaybı gerektiren çalışmalarda tercih edilebilir.

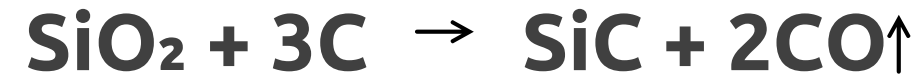


Görsel 5: Monokristal SiC Fotoğrafı.
(Fotoğraf: David Monniaux / Grenoble LMGP Minatec Lab)

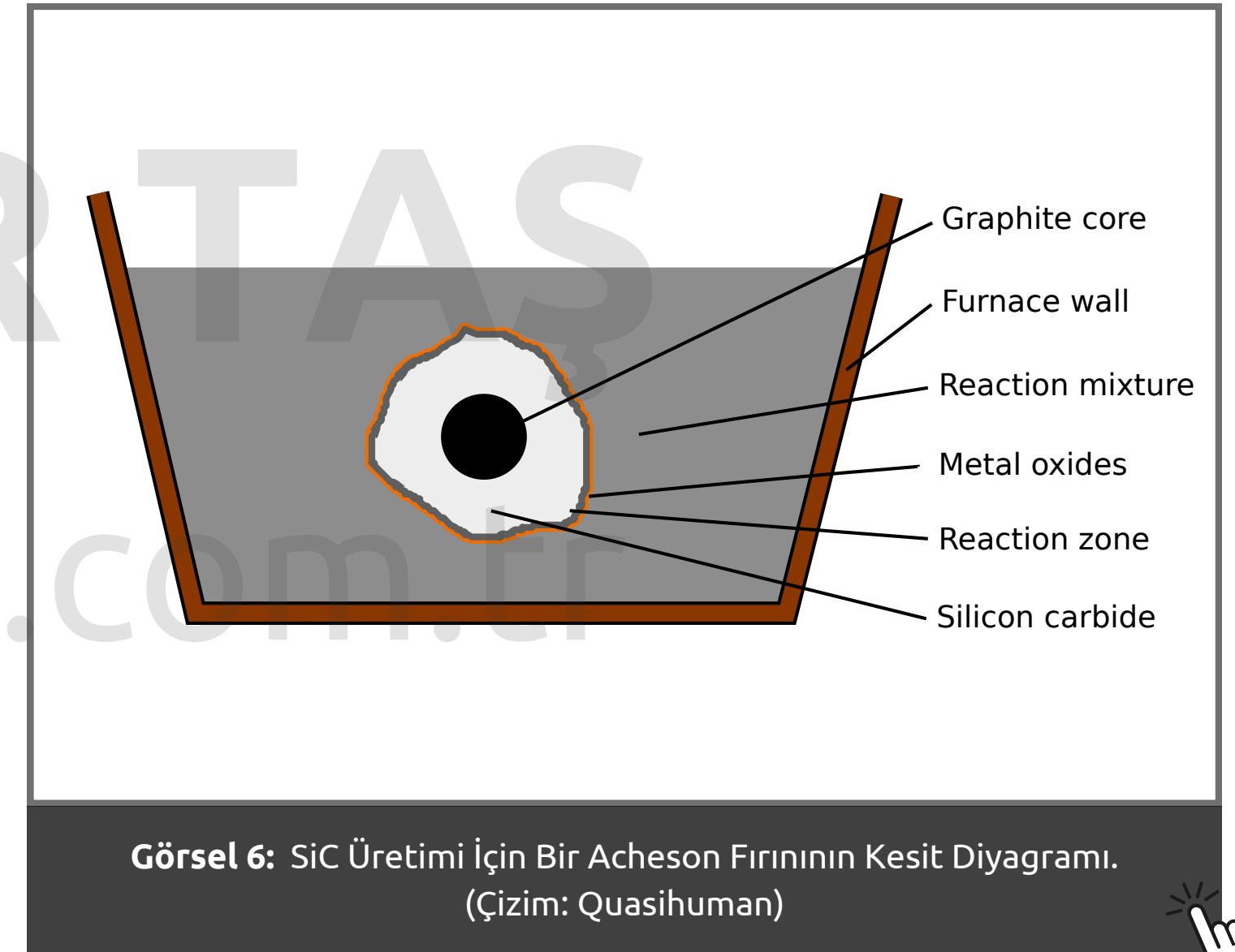
[Kaynağa erişmek için tıklayınız.](#)

GELENEKSEL ACHESON YÖNTEMİ:

Silika (SiO_2) ve karbon (kok), 2200–2700°C'de elektrik ark fırınında tepkimeye sokulur.



Ucuz ve çok miktarda üretim yapılabilir fakat ürünün saflığı düşüktür, elektronik kullanımı için gereken kalitede değildir.



[Kaynağa erişmek için tıklayınız.](#)

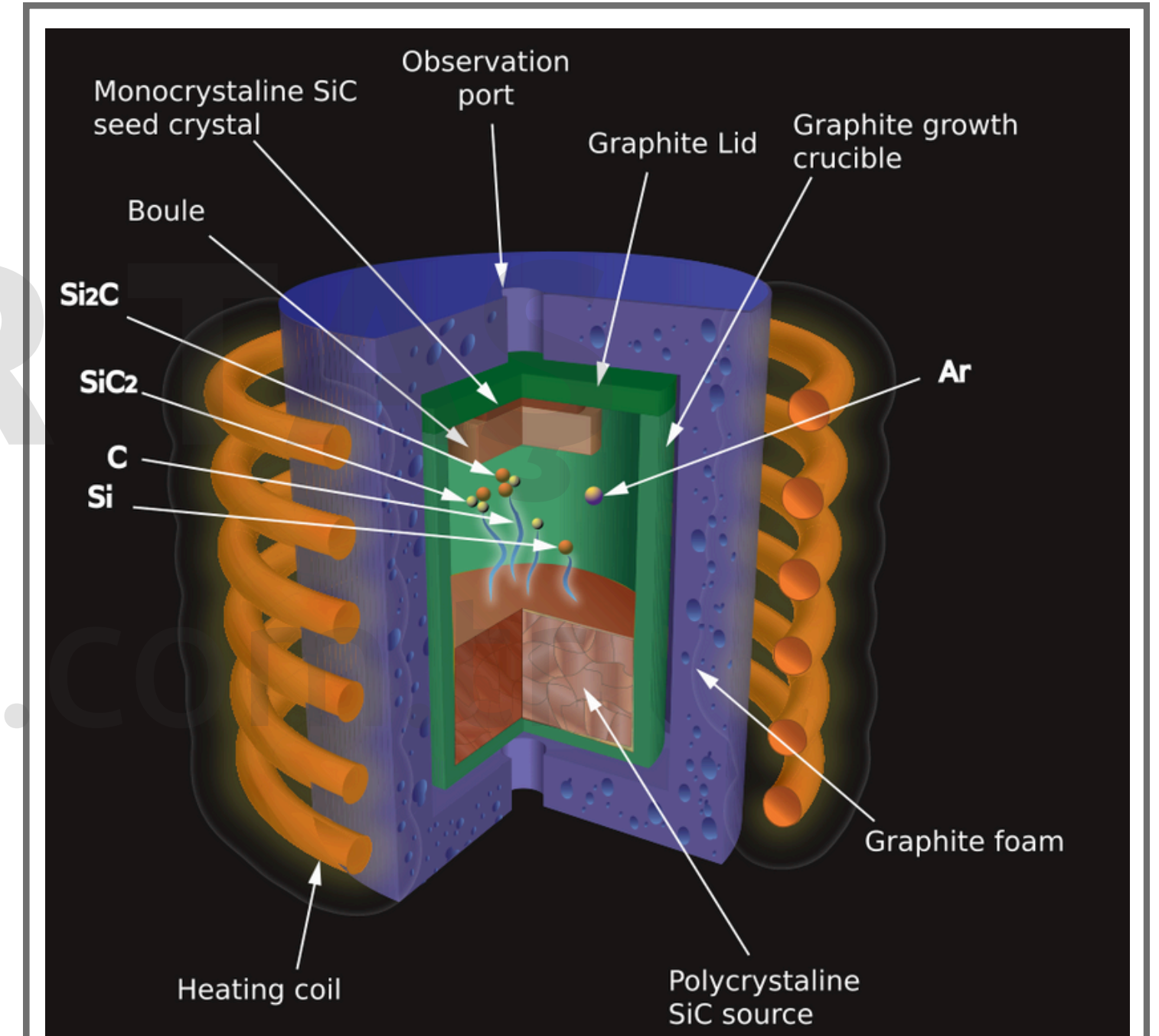
LELY YÖNTEMİ:

SiC kristalleri, argon atmosferinde yüksek sıcaklıkta süblimleştirilip yeniden çöktürülür.

Tek kristal gofretler yani wafer üretimi için idealdir.

LED, MOSFET, diyot üretiminde de kullanılır.

Üretim sonucunda yüksek saflık ve yüksek kristal kalitesinde ürün elde edilir fakat çok maliyetli olması ve üretim sürecinin yavaş olması gibi dezavantajları da vardır.



Görsel 7: SiC üretimi için kullanılan Lely yönteminin kesitli diyagramı.
(Çizim: KDS4444)

CVD - KİMYASAL BUHAR BİRİKTİRME YÖNTEMİ:

SiC, buhar hâlindeki kimyasal öncüllerden özel bir yüzeye çöktürülerek üretilir.

LED, lazer diyotlar, güç elektroniği için kullanılabilir. Ayrıca, ince film SiC katmanları bu şekilde büyütülür.

LPS - SIVI FAZ SİNERLEME YÖNTEMİ:

Toz halindeki SiC, özel bağlayıcılarla sıkıştırılıp sinterlenerek üretilir.

Seramik malzeme üretimi, zırh plakaları, fırın parçaları, sızdırmazlık elemanları için ideal üretim yöntemidir.

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR

Inverter, DC-DC dönüştürücü ve motor sürücü devrelerinde kullanılır.

SiC MOSFET'ler, Si'ye göre %50 **daha az enerji kaybı** ve **daha az ısınma** sağlar. Bu da daha küçük batarya, daha az soğutma ihtiyacı ve neticesinde de **daha uzun menzil** demektir.

Örneğin, Tesla Model 3'de SiC kullanılmıştır.



Görsel 8: Kırmızı Renk Bir Tesla Model 3 Fotoğrafı.
(Fotoğraf: Carlquinn)

[Kaynağa erişmek için tıklayınız.](#)

YENİLENEBİLİR ENERJİ SİSTEMLERİ

İnverterlerde kullanılarak motor kontrolünü optimize eder. Güneş panelleri ve rüzgar türbinlerinde DC/AC inverterlerde yer alır.

Daha küçük, daha hafif ve daha verimli güç dönüştürücü sistemleri tasarlanmasına olanak tanır.

Sonuç olarak daha düşük enerji kaybı sayesinde daha fazla enerji verimi elde edilir.



Görsel 9: Andasol Solar Güç İstasyonu'nun Uzak Fotoğrafı
(Fotoğraf: Kallerna)

[Kaynağa erişmek için tıklayınız.](#)

GÜÇ ELEKTRONİĞİ

Yüksek voltaj ve yüksek frekanslı devrelerde anahtarlama elemanı olarak kullanılır.

Geleneksel Si bileşenlere kıyasla çok daha az anahtarlama kaybı ve daha yüksek frekansta çalışma sağlar.

Endüstriyel motor sürücüleri, trenler, hava taşıtları ve veri merkezlerinde yüksek güçlü anahtarlama elemanı olarak görev yapar.



Görsel 10: PC Güç Kaynağı Fotoğrafı.
(Fotoğraf: Alan Liefing)

LED VE OPTOELEKTRONİK

Yüksek ısıya dayanıklı olması sebebiyle mavi ve morötesi LED üretiminde taban malzeme olarak kullanılır.

Ayrıca lazer diyot ve optik sensörlerde de kararlı yapı sunar.



[Kaynağa erişmek için tıklayınız.](#)

SERAMİK VE MEKANİK UYGULAMALAR

Aşındırıcı tozlar, zırh kaplamaları, fren diskleri
Termal şok ve aşınmaya karşı yüksek dayanır.

Yüksek sertliği ve termal dayanımı sayesinde;
zırh plakaları, fren diskleri, termal izolatörler
ve yüksek sıcaklık fırın elemanlarında
kullanılır.

SiC bu alanda elektriksel değil, yapısal
dayanımı için tercih edilir.

Silisyum Karbür, elektronik
dünyasında daha küçük, daha hızlı,
daha verimli sistemlerin önünü
açarken; mekanik dünyada da daha
sağlam, **daha dayanıklı**, daha uzun
ömürlü ürünlere hayat verir.

SiC'nin özel gücü sadece kimyasal yapısında değil, kristal çeşitliliğinde de gizlidir.

SiC, aynı kimyasal formüle sahip olmasına rağmen farklı kristal yapı biçimlerinde bulunabilir. Bu yapılara “**politip**” denir.

Şu ana kadar 200'den fazla politip tanımlanmıştır.

- *Her politipin elektriksel, termal ve mekanik özellikleri farklıdır.*
- *Yüksek performanslı elektronik uygulamalarda 4H-SiC en yaygın olanıdır.*
- *Bu fark, SiC'nin farklı ihtiyaçlara göre özelleştirilebilmesini sağlar.*

SiC, Silisyum'un sınırlarını aşan bir yarı-iletken malzemedir. Geniş bant aralığı, yüksek sıcaklık ve voltaj dayanımı gibi özellikleriyle yeni nesil teknolojilerde vazgeçilmezdir.

Elektrikli araçlar, yenilenebilir enerji, uzay ve savunma gibi stratejik alanlarda verimlilik ve dayanıklılık sağlamaktadır. SiC kullanımı arttıkça sistemler daha küçük, daha hafif ve daha enerji dostu olmaktadır.

Sadece bir malzeme değil, aynı zamanda bir dönüşümün sembolüdür ve yüksek teknolojiye geçişin anahtarı olarak geleceğe işaret etmektedir.

1. Ataman Kimya. (n.d.). Silisyum Karbür – Teknik Bilgi Dökümanı. https://www.atamanchemicals.com/silicon-carbide_u26029/?lang=TR
2. Baliga, B. J. (2023, Haziran). Silicon carbide power devices: Progress and future outlook. IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, 11(3), 2400–2411. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10072398>
3. Berkmen, H. (1980, Nisan). Yarı iletkenler. Bilim ve Teknik, (149), 19–20.
4. Kılış, E. (1993, Nisan). Yarı iletkenler. Bilim ve Teknik, (305), 311–313.
5. Kittel, C. (2005). Introduction to solid state physics (8th ed.). Wiley.
6. Terzi, M. E. (2009, Mart). Yarıiletken nanotüpler. Bilim ve Teknik, (496), 4.
7. Töken, İ., & Ukav, İ. (2024). Yarı iletken sektörünün dönüşümüne ekonomik bakış: Karşılaşılan zorluklar ve gelecek stratejileri. BŞEÜ Sosyal Bilimler Dergisi, 9(1), 51–61. <https://dergipark.org.tr/en/pub/bseusbed/article/1459568>

Görsel Kullanımlarına İlişkin Not: Çalışma boyunca kullanılan tüm görseller açık-erişim medya kütüphanesi Wikimedia Commons’a hak sahiplerinin bilgisi dahilinde yüklenmiştir. Her görsel için detaylı bilgiye görsel altında bulunan kaynak bağlantısından erişilebilir.



İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
Malzemenin Elektronik Özellikleri Ödevi

Caner Taş

1311210023

mail@ctas.com.tr

caner.tas@ogr.iuc.edu.tr