

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi  
Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti (UNEC)

Fakültə: "Mühəndislik"

Təsdiq edirəm:  
"Mühəndislik və tətbiqi elmlər" kafedrasının müdiri:  
f.f.d., dos. T.Q.Nağıyev



10.09.2025-ci il

"Elektrik və elektronika mühəndisliyi"  
ixtisasının rəhbəri: f.e.d., prof. R.F.Babayeva



**SAHƏ TEXNOLOGİYASININ ƏSASLARI**

fənni üzrə  
**İŞÇİ TƏDRİS PROQRAMI**  
(Sillabus)

**I. Fənn haqqında məlumat**

Fənnin kodu: 00757  
Fənnin növü: əsas  
Tədris ili: 2025/2026  
Tədris semestri: P-2  
Tədris forması: əyani  
Fakültə: Mühəndislik  
Qrup:  
Tədris yükü: 45 saat(30/15)  
Kredit sayı: 5

**II. Müəllim haqqında məlumat**

Fənni tədris edən müəllim:  
Kafedra: *Mühəndislik və tətbiqi elmlər*  
E-mail ünvanı:  
İş telefonu:  
Tələbələr üçün qəbul vaxtları:

**III. Fənnin təsviri**

Fənnin tədrisi ilə "Elektrik və elektronika mühəndisliyi" ixtisasının tələbələri ixtisas sahəsinin əsas texnologiyaları, aparatları və qurğuları ilə yaxından tanış olur, həm elektrik, həm də müasir elektron cihazların və qurğuların istehsalı texnologiyası haqqında məlumat əldə edirlər və beləliklə, ixtisaslarının texniki və texnoloji istiqaməti və perspektivləri haqqında biliklər əldə edirlər.

**IV. Fənnin məqsədi və vəzifələri** –“Sahə texnologiyasının əsasları” fənninin elektrik və elektronikada tətbiq edilən materialların istehsal texnologiyaları ilə tanışlıq, materialların hazırlanmasındakı texnoloji proseslərin öyrənilməsidir.

Fənnin tədrisi qarşısında duran vəzifələr aşağıdakılardır:

- Müxtəlif sxemlərin hazırlanmasının texnoloji prosesləri haqqında bilik və bacarıqların əldə olunması;
- materialların təmizlənməsinin müxtəlif fiziki və kimyəvi metodları haqqında bilik və bacarıqların əldə olunması;
- mikro-elektro mexaniki sistemlərin (MEMS) hazırlanması texnoloji prosesləri haqqında bilik və bacarıqların əldə olunması;
- müxtəlif litoqrafiya və epitaksiya proseslərinin texnoloji mərhələləri haqqında bilik və bacarıqların əldə olunması.

**V. Fənnin təlim nəticələri:**

**Bilməlidir:**

- elektronika sahəsində tətbiq edilən əsas materiallar və onların xüsusiyyətləri;
- müxtəlif texnoloji proseslərin tətbiqi ilə sxemlərin hazırlanma prosesləri;
- yüksək təmizliyə malik materialların alınmasında tətbiq edilən fiziki və kimyəvi metodlar;
- MEMS və NEMS qurğularının hazırlanmasındakı texnoloji proseslər;
- Litoqrafiya və epitaksiyanın növləri və texnoloji proseslər.

**Bacarmalıdır:**

- Elektronikada tətbiq edilən materialların (xüsusilə də silisium) monokristallarının yetişdirilməsi texnologiyaları haqqında biliklərə malik olmağı;
- elektronika sahəsində tətbiq edilən materiallar əsasında inteqral mikrosxemlərin hazırlanma texnologiyasında tətbiq edilən metodlar haqqında biliklərə malik olmağı;
- Nazik təbəqələrin alınması texnologiyaları və onların elektronikada tətbiqi haqqında biliklərə malik olmağı.

**VI. Fənnin mühazirə mövzuları**

**Mövzu 1. “Sahə texnologiyasının əsasları” fənninə giriş. İnteqral mikrosxemlərin təsnifatı.** *Elektron sistemlərin miniatürləşdirilməsi və onların xarakteristikalarına təsiri, mikroelektronikada yeni təhlillər və istiqamətlər, yarımkeçirici materialların üstünlükləri və qüsurları. Monolitik mikrosxemlərin (çiplərin) inkişaf tendensiyaları, üstünlükləri, məhdudiyyətləri, inteqral mikrosxemlərin təsnifatı.*

**Mövzu 2. Elektronikda yeni materialların və quruluşların hazırlanma texnologiyaları və qoyulan tələblər.** *Monolitik sistemlərin hazırlanma üsulları, Kristal yetişdirmə, silisium mənbələri, mono- və polikristallar, elektronika sənayesi üçün hazırlanan materialların təmizlik dərəcəsinə qoyulan tələblər, silisium istehsalı.*

**Mövzu 3. Monokristalların yetişdirilmə üsulları. Kristallarda defektlər.**

*Bricmen metodu ilə kristal yetişdirmə. Çoxralski və üzmə zonası metodları ilə kristal yetişdirmə, kristallarda defektlərin növləri.*

**Mövzu 4. Epitaksial quruluşların alınma texnologiyaları.** *Epitaksial proses, epi-taksial təbəqələrin hazırlanma zərurətləri, buxar fazadan və molekulyar şüa epitaksiyası, epitaksiya prosesinin kimyası, selektiv epitaksiya prosesi, epitaksial proseslərin üstünlükləri və çatışmazlıqları, epitaksiya prosesinə dair elmin son nailiyyətləri.*

**Mövzu 5. Oksidləşmə prosesi, kristal yetişdirmədə oksidləşmənin rolu. Quru və yaş oksidləşmə.** *Oksidləşmə prosesi, onun əhəmiyyəti və növləri, kristal yetişmə mexanizmi və kinetikasi, kristal yetişmə mexanizmlərinə təsir edən amillər, silisium oksidləşmə modeli, quru və yaş oksidləşmə, oksidləşmə nəticəsində yaranan defektlər, oksidləşmə prosesinə dair elmin son nailiyyətləri.*

**Mövzu 6. Litoqrafiya: prosesin texnologiyası, optik və elektron-şüa litoqrafiyası.** *Litoqrafiya: Litoqrafiyanın əsas mərhələləri, litoqrafiya üsulları - optik litoqrafiya, elektron-şüa litoqrafiyası*

**Mövzu 7. Litoqrafiya: rentgen və ion-şüa litoqrafiyası. Litoqrafiyanın üstünlükləri və çatışmazlıqları.** *Rentgen litoqrafiyası, ion-şüa litoqrafiyası, müqavimət və litoqrafiyaya uyğun maskaların hazırlanması, təmaslı və təmassız çap üsulları, proyeksiya çapı, litoqrafiyaların üstünlükləri və çatışmazlıqları, nano rejimdə aparılan litoqrafiyaya dair elmin son nailiyyətləri*

**Mövzu 8. Materialların üyüdülməsi və təmizlənməsi texnologiyaları. Kimyəvi təmizlənmə.** *Kimyəvi təmizləmə, kimyəvi təmizləmənin növləri, quru və nəm təmizləmə, ion-şüa, ion-plazma tozlandırıcı və reaktiv-ion təmizləmə, kimyəvi təmizləmənin üstünlükləri və onların törətdiyi qüsurlar (defektlər).*

**Mövzu 9. Düffuziya və diffuziyanın mexanizmləri.** *Diffuziya və diffuziyanın mexanizmləri, diffuziya reaktoru, diffuziyanın kinetikasi, diffuziyaya təsir edən parametrlər, aşqarların seçilməsi və rolu*

**Mövzu 10. Plazma və ion texnologiyasının əsasları.** *İon implantasiyası - reaktorun qurulması, aşqarların paylanma mənzərəsi, implantasiya ionunun xüsusiyyətləri, aşağı və yüksək enerjili ion implantasiyası*

**Mövzu 11. Metalizasiya, metalizasiyanın növləri və texnologiyası.** *Metalizasiya, müasir inteqral mikrosxemləri üçün metalizasiyanın tələb olunan xassələri, metalizasiyanın növləri, vakuumda buxarlandırma*

**Mövzu 12. Monolitik komponentlərin izolyasiyası. MOSFET, MOS və CMOS-larda izolyasiya üsulları.** *Monolitik komponentlərin izolyasiyası, diodlar və tranzistorlar, metal-oksit-yarımkeçirici-sahə-təsirli tranzistorlar (MOSFET-lər), rezistorlar, kondensatorlar, metal-oksit-yarımkeçirici (MOS) və tamamlayıcı metal-oksit-yarımkeçirici (CMOS) tranzistorlar və onlarda müxtəlif izolyasiya üsulları.*

**Mövzu 13. İnteqral mikrosxemlərin yığılma və qablaşdırma üsulları, qablaşdırma prosesi və dizaynı.** *İnteqral mikrosxemlərin yığılma və qablaşdırma üsulları, qablaşdırma prosesi və dizaynı*

**Mövzu 14. Mikro- və nano- elektromexaniki sistemlər (MEMS və NEMS). MEMS və NEMS quğularının iş prinsipi və təyinatı.** *Mikro-elektro-mexaniki sistemlərin (MEMS) dizayn və istehsalının əsasları, MEMS-lərin xüsusiyyətləri, iş prinsipləri və onların dizayn olunma məhdudluqları, təhlükəsizlik amillərinə tələbat.*

**Mövzu 15. MEMS və NEMS qurğularının emal üsulları, elmi və texnoloji inkişaf tendensiyası.** *MEMS və NEMS-lərin emal olunma üsulları, litoqrafiya, kimyəvi və mexaniki cilalama, səthi və həcmi emal, dərin reaktiv ion aşındırma üsulları, MEMS-lərin inkişafına dair elmin son nailiyyətləri*

## **VII. Prerekvizitlər**

Fənnin tədrisi üçün öncədən tədrisi zəruri olan fənn yoxdur.

**VIII. Fənnin tədris metodologiyası**- Bu fənnin tədrisi prosesində mühazirələrin oxunması, interaktiv müzakirələrin aparılması, komanda şəklində layihələrin icrası, kiçik qruplarda iş, işgüzar oyunlar, xüsusi nümunələrin (keys-stadilər) öyrənilməsi və təhlili, esse, yaxud sərbəst işlərin yazılması və test tapşırıqların yerinə yetirilməsi kimi geniş çeşiddə tədris və təlim üsullarından istifadə edilir.

## **IX. Əsas dərslik və ədəbiyyat**

### **Əsas ədəbiyyat**

1. B.G. Streetman, and S. K. Banerjee, “Solid State Electronic Devices”, 7th edition, Pearson, 2014. – 624 p.
2. N.P. Mahalik, “MEMS”, Tata McGraw-Hills Publishing Company Limited. 2007, 497 p
3. S.K. Gandhi, “VLSI Fabrication Principles: Silicon and Gallium Arsenide”, John Willey & Sons, 2nd Edition, 1994, -864 p.
4. S.D Senturia, “Microsystems design”. Kluwer Academic Publishers,2005, 689 p
5. S.M. Sze, “VLSI Technology”, McGraw Hill Education; 2nd edition (1 July 2017), 688 p.

### **Əlavə ədəbiyyat**

1. G.T.A. Kovacs, “Micromachined Transducers Sourcebook”1st Edition, McGraw-Hill Science/Engineering/Math; 1st edition (February 1, 1998). -944 p.
2. K.R. Botkar, “Integrated Circuits”, Khanna Publishers. 1987. – 1120 p.
3. D. Nagchoudhuri, “Principles of Microelectronics Technology” PHI. Wheeler Pub., New Delhi,1998

## **X. Fənnin mühazirə mətnləri**

Fənn üzrə bütün mühazirə mətnləri və təqdimatlar, habelə zəruri məşğələ materialları elektron formatda Universitetin saytında “Virtual universitet” bölməsində ([www.vu.aseu.az](http://www.vu.aseu.az)) yerləşdirilir.

## **XI. Mövzuların məzmunu və tədris-tematik bölgüsü**

<b>Həftə</b>	<b>Mövzuların adı</b>	<b>Mövzunun əsas məzmunu</b>	<b>Ədəbiyyat</b>
1	“Sahə texnologiyasının əsasları” fənninə giriş. İnteqral mikro-sxemlərin təsnifatı.	Elektron sistemlərin miniatürləşdirilməsi və onların xarakteristikalarına təsiri, mikroelek-	

		tronikada yeni təhlillər və istiqamətlər, yarımkeçirici materialların üstünlükləri və qüsurları. Monolitik mikrosxemlərin (çiplərin) inkişaf tendensiyaları, üstünlükləri, məhdudiyyətləri, integral mikrosxemlərin təsnifatı.	
2	Elektronikda yeni materialların və quruluşların hazırlanma texnologiyaları və qoyulan tələblər.	Monolitik sistemlərin hazırlanma üsulları, Kristal yetişdirmə, silisium mənbələri, mono- və polikristallar, elektronika sənayesi üçün hazırlanan materialların təmizlik dərəcəsinə qoyulan tələblər, silisium istehsalı,	
3	Monokristalların yetişdirilmə üsulları. Kristallarda defektlər.	Bricmen metodu ilə kristal yetişdirmə. Çoxralski və üzmə zonası metodları ilə kristal yetişdirmə, kristallarda defektlərin növləri.	
4	Epitaksial quruluşların alınma texnologiyaları.	Epitaksial proses, epitaksial təbəqələrin hazırlanma zərurətləri, buxar fazadan və molekulyar şüa epitaksiyası, epitaksiya prosesinin kimyası, selektiv epitaksiya prosesi, epitaksial proseslərin üstünlükləri və çatışmazlıqları, epitaksiya prosesinə dair elmin son nailiyyətləri.	
5	Oksidləşmə prosesi, kristal yetişdirmədə oksidləşmənin rolu. Quru və yaş oksidləşmə.	Oksidləşmə prosesi, onun əhəmiyyəti və növləri, kristal yetişmə mexanizmi və kinetika, kristal yetişmə	

		mexanizmlərinə təsir edən amillər, silisium oksidləşmə modeli, quru və yaş oksidləşmə, oksidləşmə nəticəsində yaranan defektlər, oksidləşmə prosesinə dair elmin son nailiyyətləri.	
6	Litoqrafiya: prosesin texnologiyası, optik və elektron-şüa litoqrafiyası.	Litoqrafiya: Litoqrafiyanın əsas mərhələləri, litoqrafiya üsulları – optik litoqrafiya, elektron-şüa litoqrafiyası	
7	Litoqrafiya: rentgen və ion-şüa litoqrafiyası. Litoqrafiyanın üstünlükləri və çatışmazlıqları.	Rentgen litoqrafiyası, ion-şüa litoqrafiyası, müqavimət və litoqrafiyaya uyğun maskaların hazırlanması, təmaslı və təmassız çap üsulları, proyeksiya çapı, litoqrafiyaların üstünlükləri və çatışmazlıqları, nano rejimdə aparılan litoqrafiyaya dair elmin son nailiyyətləri	
8	Materialların üyüdülməsi və təmizlənməsi texnologiyaları. Kimyəvi təmizlənmə.	Kimyəvi təmizləmə, kimyəvi təmizləmənin növləri, quru və nəm təmizləmə, ion-şüa, ion-plazma tozlandırıcı və reaktiv-ion təmizləmə, kimyəvi təmizləmənin üstünlükləri və onların törətdiyi qüsurlar (defektlər)	
9	Düffuziya və diffuziyanın mexanizmləri.	Diffuziya və diffuziyanın mexanizmləri, diffuziya reaktoru, diffuziyanın kinetikasi, diffuziyaya təsir edən parametrlər, aşqarların seçilməsi və rolu	
10	Plazma və ion texnologiyasının əsasları.	İon implantasiyası – reaktorun qurulması, aş-	

		qarların paylanma mənzərəsi, implantasiya ionunun xüsusiyyətləri, aşağı və yüksək enerjili ion implantasiyası	
11	Metalizasiya, metalizasiyanın növləri və texnologiyası.	Metalizasiya, müasir inteqral mikrosxemləri üçün metalizasiyanın tələb olunan xassələri, metalizasiyanın növləri, vakuumda buxarlandırma	
12	Monolitik komponentlərin izolyasiyası. MOSFET, MOS və CMOS-larda izolyasiya üsulları.	Monolitik komponentlərin izolyasiyası, diodlar və tranzistorlar, metal-oksüd-yarımkeçirici-sahə-təsirli tranzistorlar (MOSFETlər), rezistorlar, kondensatorlar, metal-oksüd-yarımkeçirici (MOS) və tamamlayıcı metal-oksüd-yarımkeçirici (CMOS) tranzistorlar və onlarda müxtəlif izolyasiya üsulları.	
13	İnteqral mikrosxemlərin yığılma və qablaşdırma üsulları, qablaşdırma prosesi və dizaynı.	İnteqral mikrosxemlərin yığılma və qablaşdırma üsulları, qablaşdırma prosesi və dizaynı	
14	Mikro- və nano- elektro mexaniki sistemlər (MEMS və NEMS). MEMS və NEMS qurğularının iş prinsipi və təyinatı.	Mikro-elektro mexaniki sistemlərin (MEMS) dizayn və istehsalının əsasları, MEMS-lərin xüsusiyyətləri, iş prinsipləri və onların dizayn olunma məhdudiyyətləri, təhlükəsizlik amillərinə tələbat.	
15	MEMS və NEMS qurğularının emal üsulları, elmi və texnoloji inkişaf tendensiyası.	MEMS və NEMS –lərin emal olunma üsulları, litoqrafiya, kimyə-	

		vi və mexaniki cilalama, səthi və həcmi emal, dərin reaktiv ion aşındırma üsulları, MEMS-lərin inkişafına dair elmin son nailiyyətləri.	
<b>Yekun imtahan</b>			

### **XI. Fənnin laboratoriya mövzuları və tədris-tematik bölgüsü**

Bu fənnin tədrisində laboratoriya işləri nəzərdə tutulmayıb.

### **XII. Fənnin məşğələ mövzuları və tədris-tematik bölgüsü**

<b>№-</b>	<b>Məşğələ dərslərinin mövzuları</b>	<b>saat</b>
1.	Sahə texnologiyasının əsaslarına giriş. İnteqral mikrosxemlərin təsnifatı. Elektronikda yeni materialların və quruluşların hazırlanma texnologiyaları və qoyulan tələblər.	<b>2s</b>
2.	Monokristalların yetişdirilmə üsulları. Kristallarda defektlər. Epitaksial quruluşların alınma texnologiyaları.	<b>2s</b>
3.	Oksidləşmə prosesi, krsital yetişdirmədə oksidləşmənin rolu. Quru və yaş oksidləşmə. Litoqrafiya: prosesin texnologiyası, optik və elektron-şüa litoqrafiyası.	<b>2s</b>
4.	Litoqrafiya: rentgen və ion-şüa litoqrafiyası. Litoqrafiyanın üstünlükləri və çatışmazlıqları. Materialların üyüdülməsi və təmizlənməsi texnologiyaları. Kimyəvi təmizlənmə.	<b>2s</b>
5.	Düffuziya və diffuziyanın mexanizmləri. Plazma və ion texnologiyasının əsasları.	<b>2s</b>
6.	Metalizasiya, metalizasiyanın növləri və texnologiyası. Monolitik komponentlərin izollyasiyası. MOSFET, MOS və CMOS-larda izollyasiya üsulları.	<b>2s</b>
7.	İnteqral mikrosxemlərin yığılma və qablaşdırma üsulları, qablaşdırma prosesi və dizaynı. Mikro- və nano- elektro mexaniki sistemlər (MEMS və NEMS). MEMS və NEMS quğularının iş prinsipi və təyinatı.	<b>2 s</b>
8	MEMS və NEMS qurğularının emal üsulları, elmi və texnoloji inkişaf tendensiyası. Yekun dəyərləndirmə.	<b>1 s</b>

### **XIII. Fənn üzrə kurs işi**

Bu fənn üzrə kurs işi nəzərdə tutulmayıb.

### **XIV Fənn üzrə imtahan sualları**

### **XV. Fənn üzrə qiymətləndirmə**

Fənn üzrə krediti toplamaq üçün lazımı 100 balın toplanması aşağıdakı kimi olacaq.

**50 bal – İmtahana qədər**

o cümlədən:

**20 bal** – məşğələ

**30 bal** – aralıq imtahandan toplanılacaq ballardır.

**50 bal** – İmtahanda toplanılacaq.

İmtahan test üsulu ilə və ya yazılı şəkildə keçiriləcəkdir. Test 50 sualdan ibarət olacaqdır. Hər bir sual bir baldır. Səhv cavablanan suallar, düzgün cavablanan sualların ballarını silmir.

**Qeyd:**

İmtahanda minimum 17 bal toplanmasa, imtahana qədər yığılan ballar toplanılmayacaq.

İmtahan və imtahana qədər toplanan ballar cəmlənir və yekun miqdarı aşağıdakı kimi qiymətləndirilir:

<b>A</b> -	«Əla»	- 91-100
<b>B</b> -	«Çox yaxşı»	- 81-90
<b>C</b> -	«Yaxşı»	- 71-80
<b>D</b> -	«Kafi»	- 61-70
<b>E</b> -	«Qənaətbəxş»	- 51-60
<b>F</b> -	«Qeyri-kafi»	- 51 baldan aşağı

**Mənbələr:**

Sillabusun məzmunu və strukturu ilə bağlı təklif olunan bu sənədin hazırlanması zamanı aşağıdakı mənbələrdən istifadə olunmuşdur:

**1. National Institute Of Technology, Hamirpur**

<https://nith.ac.in/uploads/topics/15926185275028.pdf>

**2. Саратовский Национальный Исследовательский Государственный Университет**

<https://www.sgu.ru/sites/default/files/education/programs/2017/03/skanirovanie00010.pdf>