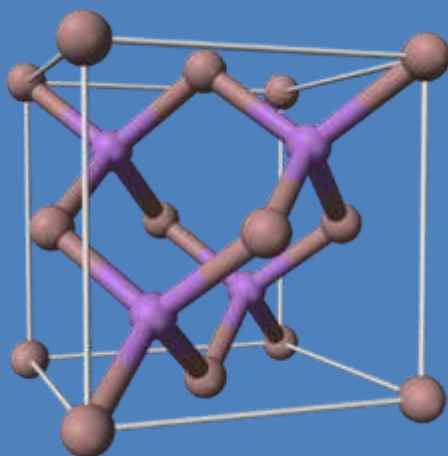


ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«НОВОРОССИЙСКИЙ КОЛЛЕДЖ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО  
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**  
по дисциплине «Иностранный язык»  
(английский язык)  
для студентов IV курса специальности 210308



*по теме*  
*«Микроэлектроника.*  
*Интегральные*  
*схемы. Элементы,*  
*используемые в*  
*микроэлектронике»*

**Автор: Марарь**  
**Марина**  
**Александровна**



	<b>14</b>
<b>Si</b>	
	4
	8
$3s^2 3p^2$	2

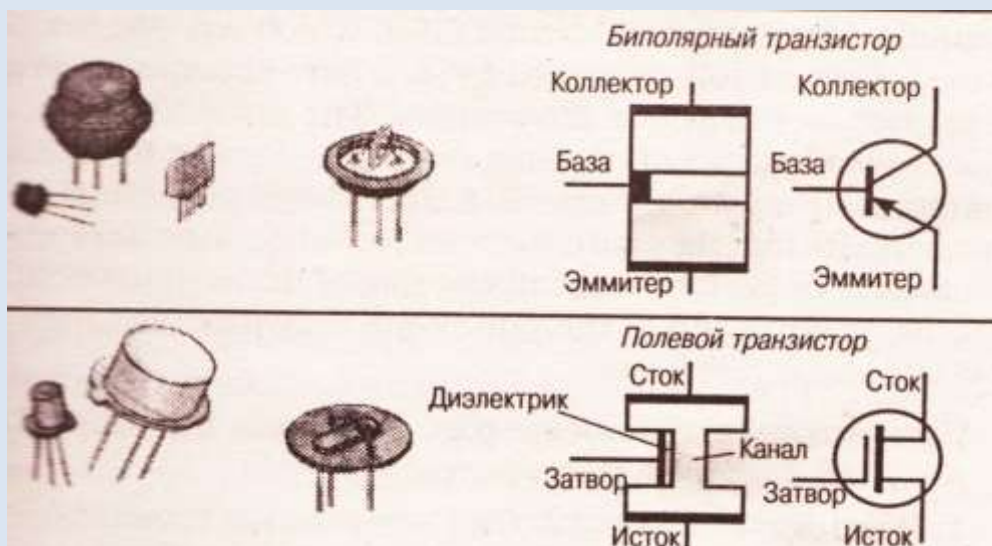
**Новороссийск**  
**2012**

## МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА

по дисциплине «Иностранный язык»  
(английский язык)

по теме «Микроэлектроника. Интегральные  
схемы. Элементы, используемые в микроэлектронике»

для студентов IV курса специальности 210308



Новороссийск  
2012

Одобрена  
Предметной (цикловой)  
Комиссией  
Председатель ЦК  
\_\_\_\_\_ Тихонова С.П.  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.

«Утверждаю»  
Зам. директора по УР  
\_\_\_\_\_ Трусова Т.В.  
Зам. директора по НМР  
\_\_\_\_\_ Заслонова Е.В.  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.

Автор: Марарь М.А.- преподаватель ГБОУ СПО «Новороссийский колледж  
радиоэлектронного приборостроения»

Рецензент:

Председатель ЦК - Тихонова С.П.

## Аннотация

Настоящая учебно-методическая разработка «Микроэлектроника. Интегральные схемы. Элементы, используемые в микроэлектронике» предназначена для работы студентов 4 курса специальности 210308. Взятые для разработки тексты из учебных пособий «Рассказы об электронике» Л.П. Зайцевой, О. Г. Чупрыной, а также из уч. пособия «Основы компьютерной грамотности» В.А. Радовеля, является основной частью учебного материала, изучаемого студентами по данной теме, и рассчитан на I семестр (14 учебных занятий). Так как упомянутые пособия предназначены для изучения на 4 курсе, поэтому считаю, что нижеуказанные тексты с последующими упражнениями соответствуют уровню подготовки студентов.

Начиная работу, хочу отметить, что тексты профессионально направлены, и, естественно, без знаний физики общеобразовательного курса и специальных предметов могут возникнуть языковые трудности и трудности перевода. Во избежание этих трудностей предусмотрена поэтапная работа с текстами, ряд упражнений и заданий для их последовательного разбора по частям, а также выявления сути и краткого изложения на изучаемом языке.

Учебно-методическое пособие включает в себя:

- тексты «Развитие электроники», «Микроэлектроника и микроминиатюризация», «Микроэлектроника», «Интегральные схемы», «Кремний и перспективы полупроводниковой технологии», «GaAs (арсенид галлия) и его применение»;
- список лексики, которую необходимо знать студентам и использовать в речи;
- грамматические упражнения;
- устно-речевые задания;
- приложения, которые включают в себя аналогичные тексты по заданной теме.

Все послетекстовые задания составлены автором разработки, список лексики также подобран автором.

Применение данной разработки на практике помогает решить поставленные задачи, а именно:

- ✓ развивать навыки чтения текста и его понимание;
- ✓ использовать навык чтения изучающего и поискового характера;
- ✓ развивать диалогическую и монологическую речь;
- ✓ развивать логическое мышление студентов;
- ✓ закреплять грамматические навыки, полученные в процессе обучения.

Материал пособия рассчитан на среднего студента, а при надлежащем изучении доступен пониманию и мышлению каждого из студентов, находящегося на 4 курсе обучения в среднем профессиональном учебном заведении. Разработка соответствует установкам программы по английскому языку, а последовательность подобранных заданий имеет логическую направленность, соответствующую логике развития данной отрасли.

Преподаватель \_\_\_\_\_ Марарь М.А.

## Development of Electronics

### I. Look through the words and word combinations; then look for them in the Text 1:

1. applied physics – прикладная физика
2. generation [dʒənə'reiʃən] – создание, формирование, выработка
3. scientific research [saɪən'tɪfɪk rɪ'sɜ:tʃ] – научные исследования
4. due to efforts ['dju: tə ðə'efəts] – благодаря усилиям
5. manipulation [mænɪpju'leɪʃn] – управление, обработка, преобразование
6. to replace vacuum tubes – заменять электронные лампы
7. a piece of semiconductor ['semɪkən'dʌktə] – полупроводниковый кристалл
8. reduced weight [rɪ'dju:st'weɪt] – уменьшенный вес
9. power consumption ['paʊə kən'sʌmpʃn] – потребление (расход) электроэнергии
10. to carry out ['kæri aʊt] – выполнять, осуществлять
11. solid body – твёрдое тело, кристалл, полупроводник
12. to respond [rɪ'spɒnd] – реагировать, отвечать
13. at a rate – со скоростью
14. integrated circuit (IC) [ɪntə'greɪtɪd'sə:kɪt] – интегральная схема
15. batch processing ['bætʃ prou'sesiŋ] – пакетная обработка
16. to assemble [ə'sembl] - собирать, монтировать
17. to lower manufacturing ['ləʊə mænju'fæktʃəriŋ] – снизить производительность
18. to increase reliability ['ɪnkri:s rɪlaɪə'bɪlɪti] – увеличить надёжность

### II. Read the text and say what electronics studies and what inventions were assisted in its development:

#### *Text 1. Development of Electronics*

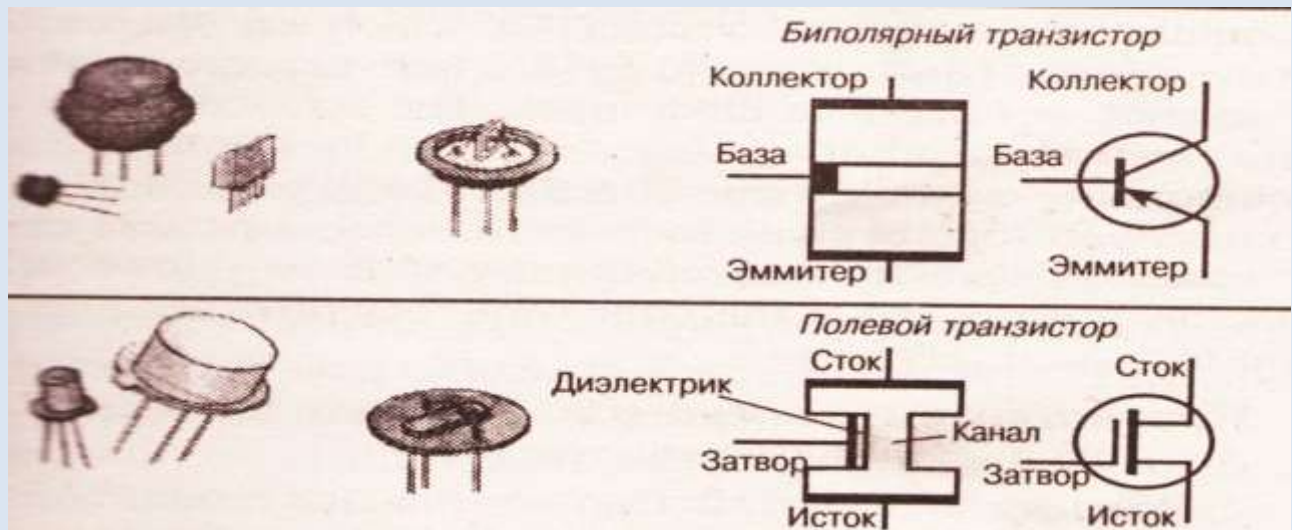
Electronics is a field of engineering and applied physics dealing with the design and application of electronic circuits. The operation of circuits depends on the flow of electrons for generation, transmission, reception and storage of information.

Today it is difficult to imagine our life without electronics. It surrounds us everywhere. Electronic devices are widely used in scientific research and industrial designing, they control the work of plants and power stations, calculate the trajectories of spaceships and help the people discover new phenomena of nature. Automatization of production processes and studies on living organisms became possible due to electronics.

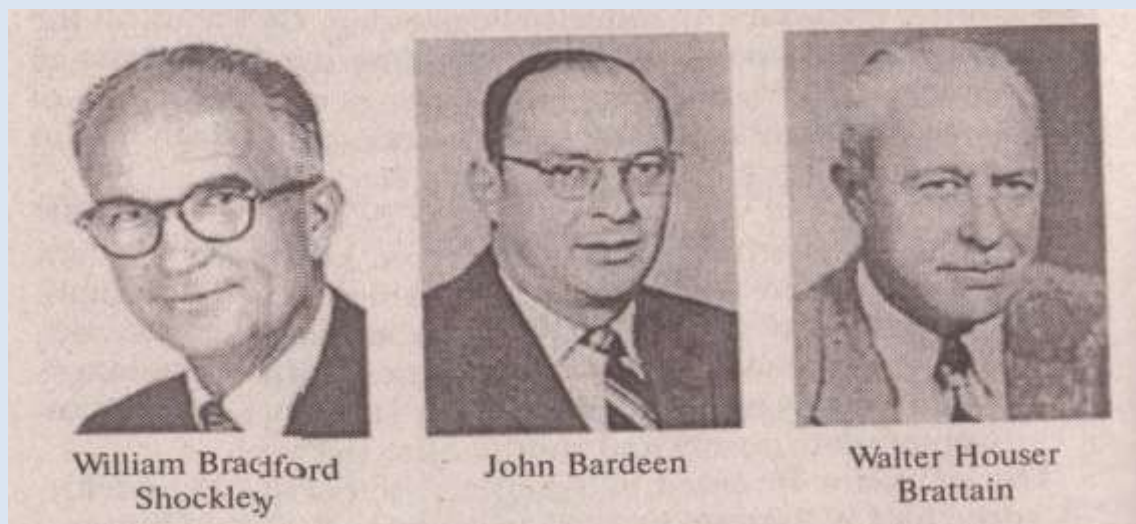
The invention of vacuum tubes at the beginning of the 20<sup>th</sup> century was the starting point of the rapid growth of modern electronics. Vacuum tubes assisted in manipulation of signals. The development of a large variety of tubes designed for specialized functions made possible the progress in radio communication technology before the World War II and in the creation of early computers during and shortly after the war.

The transistor invented by American scientists **W. Shockly, J. Bardeen and W. Brattain** in 1948 completely replaced the vacuum tube. The transistor, a small piece of

a semiconductor with three electrodes, had great advantages over the best vacuum tubes.



It provided the same functions as the vacuum tube but at reduced weight, cost, power consumption, and with high reliability. With the invention of the transistor all essential circuit functions could be carried out inside solid bodies. The aim of creating electronic circuits with entirely solid-state components had finally been realized. Early transistors could respond at a rate of a few million times a second. This was fast enough to serve in radio circuits, but far below the speed needed for high-speed computers or for microwave communication systems.



The progress in semiconductor technology led to the development of the integrated circuit (IC), which was discovered due to the efforts of John Kilby in 1958. There appeared a new field of science – integrated electronics. The essence of it is bath processing. Instead of making, testing, and assembling discrete components on at a time, large groupings of these components together with their interconnections were made all at a time. ICs greatly reduced the size of devices, lowered manufacturing costs and at the same time they provided high speed and increased reliability.

**III. Look through the text once more. Answer the questions, using the information from the text:**

1. What is electronics? 2. Can you imagine modern life without electronics? 3. Where are electronic devices used? 4. What was the beginning of electronics development? 5. what made the progress in radio communication technology possible? 6. What is the transistor? 7. When was the transistor invented? 8. What aim was realized with the invention of the transistor? 9. When were integrated circuits discovered? 10. What advantages did the transistors have over the vacuum tubes?

**IV. Guess the meaning of the international words and word combinations:**

Electronics; electrons; physics; information; microelectronics; industrial design; to calculate the trajectories; phenomena of nature; automatization of production processes; organisms; vacuum tubes; specialized functions; progress in radio communication technology; transistor; electrode; components; to realize; communication system; technology; discrete components; chip.

**V. Find in the text English equivalents of the next word combinations:**

Прикладная физика; передача и приём информации; поток электронов; трудно представить; научные исследования; промышленное проектирование; вычислять траекторию космических кораблей; обнаруживать явления природы; благодаря электронике; отправная точка; способствовать управлению сигналами; быстрый рост; разнообразие ламп; создание первых компьютеров; полностью заменил; полупроводниковый кристалл; уменьшить вес; сократить стоимость; потребление электроэнергии; высокая надёжность; твердотельные компоненты; довольно быстро,... но гораздо ниже; высокоскоростной компьютер; микроволновые системы связи; полупроводниковая технология; область науки; интегральная схема; пакетная обработка; сборка дискретных компонентов на кристалле; снизить производственные затраты; обеспечить высокую скорость.

**VI. Translate the next chains of words. Remember that firstly you should translate the second word:**

Power consumption; power consumption change; signals manipulation; transistor invention; circuit functions; communication systems; data processing system; integrated circuit development; process control; automatization processes control; circuit components; size reduction; electronics development; communication means; problem solution; space exploration; pattern recognition; customers accounts; air traffic control.



## VII. Learn the terms of the Text 2:

1. performance [pə'fɔ: məns] – рабочая характеристика; параметры; производительность; быстродействие;
2. to predict [prə'dikt] – прогнозировать;
3. capability [keɪpə'biliti] – способность; возможность;
4. branch of science ['brɑ:ntʃ əv 'saɪəns] – область науки;
5. to embrace [ɪm'breɪs] – охватывать;
6. circuit assembly ['sə:kɪt ə'sembli] – сборка схемы;
7. film technique ['fɪlm tæk'nik] – пленочная технология (метод, способ);
8. invisible to unaided eye – невидимый невооружённому глазу;
9. to react [ri'ækt] – реагировать;
10. speed of response – скорость реакции (отклика);
11. advantage / disadvantage [əd'vɑ:ntɪdʒ] – преимущество/ недостаток;
12. benefit ['benɪfɪt] – польза; помогать;
13. to result from [ri'zʌlt frəm] – возникать, происходить в результате;
14. packing density ['pækɪŋ 'densɪti] – плотность упаковки;
15. small-scale integrated circuit – малая интегральная схема (МИС);
16. medium-scale IC – средняя интегральная схема (СИС);
17. large-scale IC – большая интегральная схема (БИС);
18. very-large-scale IC – сверхбольшая интегральная схема (СБИС);
19. fineline ['faɪnləɪn] – прецизионный; с элементами уменьшенных размеров.
20. transmission line – линия передачи;
21. waveguide ['weɪvgɑɪd] – волновод;
22. to emerge [ɪ'mɜ:dʒ] – появляться, возникать;
23. to displace – перемещать, смещать;
24. mode – вид, метод, способ; режим работы;
25. pattern – шаблон, образец; образ, изображение;
26. power ['paʊə] – мощность, энергия, питание; производительность, быстродействие; способность, возможность.

## VIII. Read the Text 2 and say what are the terms “microelectronics” and “microminiaturization” in your understanding. Translate the Text 2:

### ***Text 2. Microelectronics and microminiaturization***

The intensive effort of electronics to increase the reliability and performance of its products, while reducing their size and cost, led to the results that hardly anyone could predict. The evolution of electronic technology is sometimes called a revolution: a quantitative change in technology gave rise to qualitative change in human capabilities. There appeared a new branch of science - microelectronics.

Microelectronics embraces electronics connected with the realization of electronic circuits, systems and subsystems from very small electronic devices. Microelectronics is a name for extremely small electronic components and circuit

assemblies, made by film or semiconductor techniques. A microelectronic technology reduced transistors and other circuit elements to dimensions almost invisible to unaided eye. The point of this extraordinary miniaturization is to make circuits long-lasting, low in cost and capable of performing electronic functions at extremely high speed. It is known that the speed of response depends on the size of transistor: the smaller the transistor, the faster it is. The smaller the computer, the faster it can work. One more advantage of microelectronics is that smaller devices consume less power. In space satellites and spaceships this is a very important factor.

Another benefit resulting from microelectronics is the reduction of distances between circuit components. Packing density increased with the appearance of small-scale integrated circuit, medium-scale IC, large-scale IC and very-large-scale IC. The change in scale was measured by the number of transistors on a chip. There appeared a new type of integrated circuits, microwave integrated circuit. The evolution of microwave IC began with the development of planar transmission lines. Then new IC components in a fineline transmission line appeared. Other more exotic techniques, such as dielectric waveguide integrated circuit emerged.

Microelectronic technique is continuing to displace other modes. Circuit patterns are being formed with radiation having wavelength shorter than those of light.

Electronics has extended man's intellectual power. Microelectronics extends that power still further.

**IX. Look through the text once more. Answer the questions, using the information from the text:**

1. What would you say about electronics? 2. Why is the development of electronics called a revolution? 3. What is microelectronics? 4. What techniques does microelectronics use? 5. What is the benefit of reducing the size of circuit elements? 6. What do you understand by the term of microminiaturization? 7. What does the speed of the signal response depend on? 8. What advantages of microelectronics do you know? 9. What scales of integration are known to you? 10. How are microelectronics techniques developing?

**X. Find in the text English equivalents of the next word combinations:**

Интенсивные усилия; увеличить надежность; увеличить параметры; уменьшить размер и стоимость; вряд ли кто-нибудь мог прогнозировать; количественные и качественные изменения; область науки; плёночная технология; полупроводниковый метод; сокращать элементы схемы; суть миниатюризации в том, что; создать схемы с долгим сроком службы; чрезвычайно высокая скорость реакции; чем меньше, тем быстрее; преимущество; расходовать энергию; польза; уменьшение расстояния между элементами схемы; большая интегральная схема; микроволновая интегральная схема; волновод; линия передач; смещать; изображение схем; расширять возможности человека.

**XI. Translate next words. Pay attention to negative prefixes *dis-*, *in-*, *un-*, *non-*, *ir-*:**

***dis-*:** disadvantage; disconnect; disappear; disclose; discomfort; discontinue; discount; discredit; disintegrate;

***in-*:** invisible; inaccurate; inactive; incapable; incompact; insignificant; inhuman; informal; ineffective; indifferent; indecisive; inconsumable; incorrect.

***un-*:** uncontrollable; unbelievable; unable; unchanged; uncomfortable; uncommunicative; undisciplined; unexpected; unfavorable; unforgettable; unkind.

***non-*:** non-effective; non-aggressive; noncomparable; non-computable; nonconstant; noncontrollable; nondigital; nondimensional; nonprogrammable; nonusable.

**XII. Remember:**

**Passive Voice - to be + V<sub>3</sub>**

a) Find 5 sentences in Passive Voice in the *Text 1*, and 4 sentences – in the *Text 2*. Translate the sentences.

b) Transfer the next sentences from Active Voice into Passive Voice. Follow the model:

1	2	3
<i>Model:</i> People widely used electronic devices. (Active Voice)		
Electronic devices are widely used by people. (Passive Voice)		
3	2	2 1

1. Electronic devices control the work of power stations. 2. They calculate the trajectories of spaceships. 3. People discover new phenomena of nature due to electronic devices. 4. Scientists designed a variety of tubes for specialized functions. 5. American scientists invented the transistor in 1948. 6. Integrated circuits greatly reduced the size of devices. 7. New types of integrated circuits increased packing density. 8. Electronics has extended man's intellectual power. 9. Scientists are looking for new ways for the improvement of integrated circuits technology. 10. Jack Kilby developed the concept of integrating device and built the first IC in 1958.

**XIII. Read the next text, give the title to it and do its written translation by variants:**

1. It is well known that the quick development of electronics began with the invention of transistors. They replaced electronic tubes due to their numerous advantages. One of the main advantages of the transistors in comparison with the vacuum tube is absence of filament power loss\*. One of the principal causes of damages in electronic circuitry is high temperature. The heat causes breakdown of tubes and other circuit elements that are very sensitive to this influence. The transistor, on the other hand, does not the heat its surroundings.

Another advantage of the transistor is its long life. The life of the average transistor is more than ten thousand operating hours. Because of its long lifetime and ruggedness, the transistor is very reliable and has much better efficiency in professional equipment.

2. As we know, transistors replaced electronic tubes due to their numerous advantages. One of the advantages of the transistors is its small dimensions. Because of their small size, the absence of heating and other properties, transistors make it possible to produce compact, small-dimensioned electronic devices which consume very little power.

In conclusion, it is important to note that transistors revolutionized many fields of technology. They are successfully used for direct information of heat energy by means of thermal elements. They are also used to convert radiant energy into electricity with the help of photocells or solar batteries. Light sources and lasers are built on the basis of transistors. They find wide application in computers, automatic devices, aviation, communication, etc.

*Notes* \_\_\_\_\_

\* **Filament power loss** – отсутствие энергии на нити накала

## TESTS

### 1. Choose the right verb in the necessary Voice: Active or Passive.

1. Electronic devices (help; are helped) people discover new phenomena of nature. 2. The transistor (replaced; was replaced) by vacuum tubes thanks to its numerous advantages. 3. Due to transistors all circuit functions (carried out; were carried out) inside semiconductors. 4. Electronic devices (use; are used) in scientific research. 5. Before the invention of the transistor its function (performed; was performed) by vacuum tubes. 6. The reliability of electronic systems (connect; is connected) with the number of discrete components. 7. Semiconductor integrated circuits (helped; were helped) to increase reliability of devices. 8. New types of integrated circuits (have developed; have been developed) lately.

### 2. Insert the necessary words:

1. Transistors have many \_\_\_\_\_ over vacuum tubes.

a) patterns;                      b) advantages;                      c) scales.

2. They \_\_\_\_\_ very little power.

a) consume;                      b) generate;                      c) embrace.

3. An integrated circuit is a group of elements connected together by some circuit \_\_\_\_\_ technique.

a) processing;                      b) assembly;                      c) manipulation.

4. The transistor consists of a small piece of a \_\_\_\_\_ with three electrodes.

a) diode;                      b) conductor;                      c) semiconductor.

5. Modern \_\_\_\_\_ began in the early 20<sup>th</sup> century with the invention of electronic tubes.

a) miniaturization;                      b) electronics;                      c) microelectronics.

6. John Fleming was the \_\_\_\_\_ the first two-electrode vacuum tube.

a) generator;                      b) receiver;                      c) inventor.

7. One of the transistor advantages was lower power \_\_\_\_\_ in comparison with vacuum tubes.

a) consumption;                      b) reception;                      c) transmission.

8. Microelectronics greatly extended man's intellectual \_\_\_\_\_.

a) subsystems;                      b) capabilities;                      c) dimensions.

# Microelectronics

**I. Translate the next sentences paying attention to the ways of verbs' translation in Passive Voice:**

1. This technology is referred to as microelectronics. 2. The electron tubes have been replaced by solid-state devices. 3. The elements of the circuit are integrated on a chip of silicon. 4. Circuit elements are interconnected by vapour metallization. 5. With new technologies 300 processing operations are reduced to 30. 6. The silicon must be sliced into paper-thin wafers. 7. The wafers must be lapped and polished on one side. 8. The wafers are polished several times. 9. The highly polished silicon is placed in an oven. 10. The wafer has been uniformly doped.

**II. Read the *Text 3* and answer the question: What electronic devices have been replacing each other for 30 years of electronics development?**

## *Text 3. Microelectronics*

Microelectronics is the technology of constructing electronic circuits and devices in extremely small packages by various techniques. \*This technology is also referred to as microminiaturization.

The increasing complexity of electronic systems over the past 30 years has made the evolution of microelectronics inevitable<sup>1</sup>. During this period the electron tubes in the early electronic systems have been replaced by solid-state discrete devices and integrated circuitry; and these, in turn, are giving way to medium- and large-scale integrated circuitry\*.

Microelectronics today encompasses<sup>2</sup> thin-film, thick-film, hybrid, and integrated circuit technology. These approaches (and combinations of them) are being applied in every branch of electronics. Integrated circuits that combine all the elements of a complete electronic circuit on a single chip of silicon can be produced. The implications of this in the microelectronic evolution are easily demonstrated. Let us compare a conventional J/K flip-flop circuit incorporating solid-state discrete devices and the same type of circuit employing integrated circuitry.

\*The conventional circuit would require approximately 40 separate discrete elements, 200 connections, 40 hermetic seals, and 300 separate processing operations, with each operation, seal, and connection representing a possible source of failure\*. However, if all the elements of this circuit are integrated upon one chip of silicon, the number of connections drops to about 14. All circuit elements are interconnected inside the package by a process known as vapour metallization; instead of 40 hermetic seals there is one, and the three hundred processing operations are reduced to approximately 30.

\*Before the actual fabrication of the integrated circuit begins, the silicon crystal must be sliced into paper-thin wafers. The wafers must be lapped and polished on one

side that is to be used for the active elements. Unless special processing is involved, the back side of the wafer is left in the lapped state.

Both sides of the wafer are lapped simultaneously with an abrasive (usually aluminium oxide) until all visible traces of the saw cuts are removed\*. One side of the wafer is then polished several times with slurries of abrasive grit<sup>3</sup>. A grit of smaller size is used for each succeeding polishing step. Finally, the wafer is chemically etched to remove any irregularities in the surface resulting from the last polishing step.

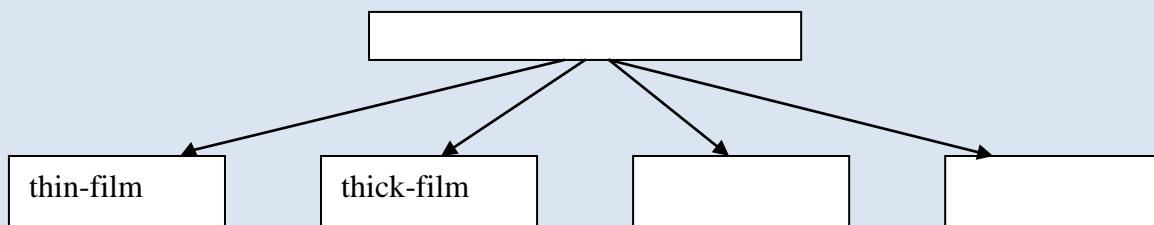
The diffusion process begins when the highly polished silicon is placed in an oven, containing impurity atoms which yield the desired electrical characteristics. When the wafer has been uniformly doped, the fabrication of semiconductor devices may begin. Several hundred circuits are produced on the wafer.

*Notes* \_\_\_\_\_

1. **inevitable** - неизбежный
2. **to encompass** - охватывать
3. **slurries of abrasive grit** – суспензии из абразивной крошки

**III.** Translate in a written way the sentences marked \*.

**IV.** Find in the *Text 3* the description process of making integrated circuits and say in Russian of what it consists.



## **Integrated circuits**

**I.** Read aloud next words and remember their pronunciation:

Diode, triode, resistor, lead, circuitry, thin-film, hybrid, monolithic, substrate, failure.

**II.** Give Russian equivalents to English words:

a) 1. reliable; 2. interconnection; 3. circuitry; 4. to result in; 5. stage; 6. thin-film; 7. capacitor; 8. conventional; 9. fidelity.

b) 1. обычный; 2. приводит к; 3. точность (изображения); 4. конденсатор; 5. надежный; 6. каскад; 7. межсоединение; 8. схемы; 9. тонкоплёночный.

**III. Translate next word combinations paying attention to the function of Participle II and the ways of its translation:**

The techniques used to manufacture transistors; circuits commonly known as integrated; interconnecting leads formed on a single piece of a semiconductor material; the combined functions of several stages; components required for switching circuits; passive components deposited on a substrate; the package covered with a protective material; ICs made by a diffusion process.

**IV. Read the *Text 4* and answer the next questions:**

1. What have ICs? 2. In what way do ICs classify? 3. What leads for appearing ICs? 4. What fields of using ICs are reminded in the text?

***Text 4. Integrated circuits***

The techniques used to manufacture transistors led to the possibility of producing very small and reliable electronics circuits commonly known as integrated circuits (ICs). ICs have diodes, transistors, resistors, and all interconnecting leads formed on a single piece of a semiconductor material.

The increasing trend toward miniaturization has resulted in the development of micro integrated circuitry performing the combined functions of several stages. The idea of IC envisions the eventual abandonment of the discrete component concept for electronic circuit<sup>1</sup>. Instead, a complete functional package is becoming the replacement item<sup>2</sup> for technicians.

An IC chip consists of the miniaturized components required for amplifier, oscillator and switching circuits and is contained in a package smaller than any of the original components in their conventional form. Integrated circuits are usually considered in three general classifications: thin-film, monolithic, and hybrid.

Thin-film class uses a nonconductive dielectric substrate such as mica or ceramics. Passive components such as resistors and capacitors in the form of thin-film with connecting leads are deposited on the substrate, and the package is covered with a protective material. This type is more bulky and has a relatively high component-failure rate.

Monolithic ICs are made by a diffusion process. This class of ICs consists of semiconductor substrate with circuit components diffused into it. Monolithic ICs used extensively in computer logic systems are less bulky and more reliable than the thin-film type.

The hybrid type is a combination of thin-film and monolithic types. In the hybrid ICs passive components such as resistors are fabricated by the thin-film technique, and active components such as transistors are included by the monolithic process.

Transistors, diodes, and resistors are relatively easy to integrate, but inductors are more difficult because of the size usually required for higher values. An IC-module or chip can contain three or more interconnected stages, and complete electronic systems



such as amplifiers no larger than a conventional transistor are not uncommon. Colour TV, radios, high-fidelity audio systems, transmitters, computers and space vehicle<sup>3</sup> equipment all utilize integrated circuitry.

### Notes

---

1. **The idea of IC...** – Идея ИС представляет собой окончательный отказ от принципа использования дискретных компонентов в электронных схемах.

2. **replacement item** – заменяемый элемент

3. **space vehicle** – космический корабль

V. Give a characteristic for each of reminded in the text methods of producing ICs.

## **Silicon and the prospects of semiconductor technology**

I. Read the *Text 5* and answer the next questions:

1. What explains the dominant role of silicon in making IC and semiconductor devices?

2. With what materials is silicon compared?

II. From the *Text 5* write out all the reminded names of stuffs and materials.

### **Text 5. Silicon and the prospects of semiconductor technology**

The discovery and development of semiconductors made possible great advances in electronics. The most important among semiconductors is silicon.

There is a very good reason<sup>1</sup> why silicon is used to fabricate electronic components. Next to oxygen, it is the most abundant<sup>2</sup> material on the earth's surface. More important, it is very easy to grow insulating layers on silicon. But the impulse<sup>3</sup> to higher performance faster and denser devices – demands that the industry go beyond<sup>4</sup> silicon in both logic and memory development. For silicon is to semiconductor technology what iron and steel have been to modern metallurgy.

\*Already silicon has been superseded<sup>5</sup> not simply in laboratory experiment but for commercial production of memory devices with capacities at least four times higher than anything so far realized with silicon: the magnetic-bubble memory\*. Other technologies which include the use of gallium arsenide and the superconducting materials of Josephson junctions<sup>6</sup> are on the horizon. These technologies, however, are constrained<sup>7</sup> at present by processing and operating costs. For example, gallium arsenide is highly toxic, and insulating layers are also impossible to grow on it. And Josephson junctions at present must be cooled to near absolute zero the work.

The dominant role of silicon as the material for microelectronics is attributed to the properties of its oxide. Silicon dioxide is a clear glass with a softening point higher than 1,400 degrees C. It plays a major role both in the fabrication of silicon devices and in their operation.

### Notes

---

1. **there is a very good reason** – существует убедительный довод (аргумент)
2. **abundant** – имеющийся в большом количестве
3. **impulse** – (зд.) тенденция
4. **demands that the industry go beyond** – требует, чтобы промышленность вышла за пределы применения одного только кремния
5. **to supersede** – вытеснять, замещать
6. **Josephson junctions** – переход Джозефсона
7. **to constrain** – ограничивать

**III. Translate in a written way the sentences marked \*.**

**IV. In the *Text 5* find the sentences with complex conjunction “both... and” and translate them.**

**V. Ask Tag-questions to the given sentences by model:**

<p><i>Model:</i> Silicon is the most abundant material on the earth's surface. - Silicon is the most abundant material on the earth's surface, <b>isn't it?</b></p>
---

1. It is very easy to grow insulating layers on silicon. 2. Other technologies which include the use of gallium arsenide. 3. Gallium arsenide is highly toxic. 4. Josephson junctions must be cooled to near absolute zero. 5. Silicon dioxide is a clear glass.

## **Application of GaAs (gallium arsenide)**

**I. Read the *Text 6* and give your title to it:**

### ***Text 6. Application of GaAs (gallium arsenide)***

Monolithic chips have been typically manufactured using a silicon based logic. Recently, however, much attention has been focused on architectures using GaAs-based logic.

The advantages of GaAs over silicon include its higher speed, lower power dissipation and higher resistance to environmental conditions<sup>1</sup>. These advantages account for <sup>2</sup> the growing interest in GaAs for high data rate communications.

Unfortunately GaAs is more expensive, harder to make and produce lower yields than silicon. The higher cost arises of the material itself and the high density of

dislocations which account for the lower yield. GaAs will never replace silicon in all applications, but as a new emerging technology it will open the door to new applications which silicon could not accomplish.

*Notes* \_\_\_\_\_

1. **environmental conditions** – условия окружающей среды
2. **to account for** – объяснять

**\*II.** Find the coded names applicable in microelectronics. Mind that the name may be read from up to down, from the bottom to the top, from left to right and across.  
Given below limits of the words will help you in your seeking:

k	l	o	s	x	m	o	k	a	w	k	e	x	g
m	c	p	r	u	e	g	l	f	s	m	a	p	e
s	e	r	i	o	s	i	o	i	i	p	d	n	r
i	f	d	f	m	t	m	m	h	l	r	n	e	m
l	n	e	p	l	p	n	n	l	v	q	f	d	a
i	m	f	q	k	t	f	p	w	e	w	g	i	n
c	e	r	a	m	i	c	s	x	r	x	h	n	i
o	w	o	u	d	o	p	t	z	n	y	i	e	u
n	g	p	f	a	n	a	y	y	m	b	n	s	m
o	s	n	x	e	k	b	w	o	s	d	s	r	t
a	g	a	l	l	i	u	m	m	o	n	u	a	x

s.....n, i.....m, g.....m, a.....e, g.....m, c.....s, s....r, l....d.

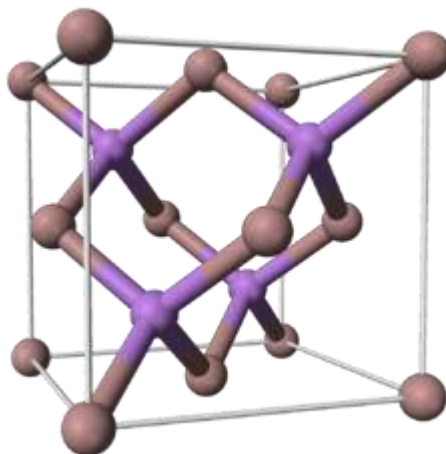
**III. Using the text's information fill in the table:**

Silicon	GaAs
cheap ..... easy to grow insulating layers on it .....	..... toxic ..... high speed

**IV. Tell about properties of silicon and GaAs, using your filled table.**

# Gallium arsenide

## Gallium arsenide






## Gallium arsenide

### Identifiers

<a href="#">CAS number</a>	<a href="#">1303-00-0</a> ✓
<a href="#">PubChem</a>	<a href="#">14770</a>
<a href="#">ChemSpider</a>	<a href="#">14087</a> ✓
<a href="#">EC number</a>	<a href="#">215-114-8</a>
<a href="#">UN number</a>	1557
<a href="#">MeSH</a>	<a href="#">gallium+arsenide</a>
<a href="#">RTECS number</a>	LW8800000
<a href="#">Jmol-3D images</a>	<a href="#">Image 1</a>

### Properties

<a href="#">Molecular formula</a>	GaAs
<a href="#">Molar mass</a>	144.645 g/mol

<a href="#">Exact mass</a>	143.847177329 g/mol
Appearance	Very dark red, vitreous crystals
<a href="#">Odor</a>	garlic-like when moistened
<a href="#">Density</a>	5.3176 g/cm <sup>3</sup>
<a href="#">Melting point</a>	1238 °C, 1511 K, 2260 °F
<a href="#">Solubility in water</a>	insoluble
<a href="#">Solubility</a>	soluble in <a href="#">HCL</a> insoluble in <a href="#">ethanol</a> , <a href="#">methanol</a> , <a href="#">acetone</a>
<a href="#">Band gap</a>	1.424 eV (at 300 K)
<a href="#">Electron mobility</a>	8500 cm <sup>2</sup> /(V·s) (at 300 K)
<a href="#">Thermal conductivity</a>	0.55 W/(cm·K) (at 300 K)
<a href="#">Refractive index (n<sub>D</sub>)</a>	3.8 <sup>[1]</sup>
<b>Structure</b>	
<a href="#">Crystal structure</a>	<a href="#">Zinc blende</a>
<a href="#">Space group</a>	<i>T<sub>d</sub><sup>2</sup>-F-43m</i>
<a href="#">Lattice constant</a>	<i>a</i> = 565.35 pm
<a href="#">Coordination geometry</a>	Tetrahedral
<a href="#">Molecular shape</a>	Linear
<b>Hazards</b>	
<a href="#">MSDS</a>	<a href="#">External MSDS</a>
<a href="#">GHS pictograms</a>	
<a href="#">GHS hazard statements</a>	H301, H331, H410
<a href="#">GHS precautionary statements</a>	P261, P273, P301+310,P311, P501
<a href="#">EU classification</a>	
<a href="#">R-phrases</a>	R23/25, R50/53
<a href="#">S-phrases</a>	(S1/2), S20/21, S28, S45,S60, S61
<a href="#">NFPA 704</a>	

	1 3 2 W
<span style="color: red;">✗</span> (verify) (what is: <span style="color: green;">✓</span> / <span style="color: red;">✗</span> ?)	
Except where noted otherwise, data are given for materials in their <u>standard state</u> (at 25 °C, 100 kPa)	

**Gallium arsenide (GaAs)** is a [compound](#) of the elements [gallium](#) and [arsenic](#). It is a [III/V semiconductor](#), and is used in the manufacture of devices such as [microwave frequency integrated circuits](#), [monolithic microwave integrated circuits](#), [infrared light-emitting diodes](#), [laser diodes](#), [solar cells](#) and optical windows.

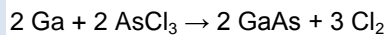
## Preparation and chemistry

In the compound, gallium has a +3 [oxidation state](#). Gallium arsenide can be prepared by direct reaction from the elements which is used in a number of industrial processes:<sup>[2]</sup>

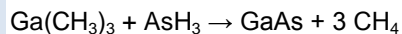
- Crystal growth using a horizontal zone furnace in the [Bridgman-Stockbarger technique](#), in which gallium and arsenic vapors react and free molecules deposit on a seed crystal at the cooler end of the furnace.
- Liquid encapsulated [Czochralski](#) (LEC) growth is used for producing high purity single crystals that exhibit semi-insulating characteristics.

Alternative methods for producing films of GaAs include:<sup>[2][3]</sup>

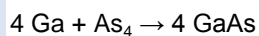
- [VPE](#) reaction of gaseous gallium metal and [arsenic trichloride](#):



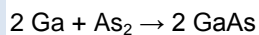
- [MOCVD](#) reaction of [trimethylgallium](#) and [arsine](#):



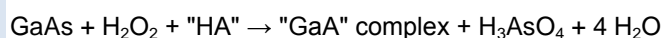
- [Molecular beam epitaxy](#) (MBE) of [gallium](#) and [arsenic](#):



or



Wet etching of GaAs industrially uses an oxidizing agent, for example [hydrogen peroxide](#) or [bromine water](#),<sup>[4]</sup> and the same strategy has been described in a patent relating to processing scrap components containing GaAs where the  $\text{Ga}^{3+}$  is complexed with a [hydroxamic acid](#) ("HA"), for example:<sup>[5]</sup>



Oxidation of GaAs occurs in air and degrades performance of the semiconductor. The surface can be passivated by depositing a cubic [gallium\(III\) sulfide](#) layer using a tert-butyl gallium sulfide compound such as  $(t\text{-BuGaS})_7$ .<sup>[6]</sup>

## Comparison with silicon

### GaAs advantages

GaAs has some electronic properties which are superior to those of [silicon](#). It has a higher [saturated electron velocity](#) and higher [electron mobility](#), allowing transistors made from it to function at frequencies in excess of 250 GHz. Unlike silicon junctions, GaAs devices are relatively insensitive to heat owing to their wider bandgap. Also, GaAs devices tend to have less [noise](#) than silicon devices especially at high frequencies which is a result of higher carrier mobilities and lower resistive device parasitics. These properties recommend GaAs circuitry in [mobile phones](#), [satellite](#) communications, microwave point-to-point links and higher frequency [radar](#) systems. It is used in the manufacture of [Gunn diodes](#) for generation of microwaves.

Another advantage of GaAs is that it has a [direct band gap](#), which means that it can be used to emit light efficiently. Silicon has an [indirect bandgap](#) and so is very poor at emitting light. Nonetheless, recent advances may make silicon [LEDs](#) and [lasers](#) possible.

As a wide direct band gap material and resulting resistance to radiation damage, GaAs is an excellent material for space electronics and optical windows in high power applications.

Because of its wide bandgap, pure GaAs is highly resistive. Combined with the high dielectric constant, this property makes GaAs a very good electrical substrate and unlike Si provides natural isolation between devices and circuits. This has made it an ideal material for microwave and millimeter wave integrated circuits, [MMICs](#), where active and essential passive components can readily be produced on a single slice of GaAs.

One of the first GaAs [microprocessors](#) was developed in the early 1980s by the [RCA](#) corporation and was considered for the [Star Wars program](#) of the [United States Department of Defense](#). Those processors were several times faster and several orders of magnitude more [radiation hard](#) than silicon counterparts, but they were rather expensive.<sup>[4]</sup> Other GaAs processors were implemented by the [supercomputer](#) vendors [Cray Computer Corporation](#), [Convex](#), and [Alliant](#) in an attempt to stay ahead of the ever-improving [CMOS](#) microprocessor. Cray eventually built one GaAs-based machine in the early 1990s, the [Cray-3](#), but the effort was not adequately capitalized, and the company filed for bankruptcy in 1995.

Complex layered structures of gallium arsenide in combination with [aluminium arsenide](#) (AIAs) or the alloy [Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As](#) can be grown using [molecular beam epitaxy](#) (MBE) or using [metalorganic vapor phase epitaxy](#) (MOVPE). Because GaAs and AIAs have almost the same [lattice constant](#), the layers have very little induced [strain](#), which allows them to be grown almost arbitrarily thick. This allows for extremely high performance high electron mobility, [HEMT](#) transistors and other [quantum well](#) devices.

### Silicon advantages

Silicon has three major advantages over GaAs for integrated circuit manufacture. First, silicon is abundant and cheap to process. Si is highly abundant in the Earth's crust, in the form of [silicate](#) minerals. The [economy of scale](#) available to the silicon industry has also reduced the adoption of GaAs.

In addition, a Si crystal has an extremely stable structure mechanically and it can be grown to very large diameter boules and can be processed with very high yields. It is also a decent thermal conductor thus enable very dense



packing of transistors, all very desirable for design and manufacturing of very large [ICs](#). Such good mechanical characteristics also makes it a suitable material for the rapidly developing field of [nanoelectronics](#).

The second major advantage of Si is the existence of a native oxide ([silicon dioxide](#)), which is used as an [insulator](#) in electronic devices. Silicon dioxide can easily be incorporated onto silicon circuits, and such layers are adherent to the underlying Si. GaAs does not have a native oxide and does not easily support a stable adherent insulating layer.

The third, and perhaps most important, advantage of silicon is that it possesses a much higher [hole](#) mobility. This high mobility allows the fabrication of higher-speed P-channel [field effect transistors](#), which are required for CMOS logic. Because they lack a fast CMOS structure, GaAs logic circuits have much higher power consumption, which has made them unable to compete with silicon logic circuits.

Silicon has relatively low [absorptivity](#) for the sunlight meaning about 100 micrometers of Si is needed to absorb most sunlight. Such a layer is relatively robust and easy to handle. In contrast, the absorptivity of GaAs is so high that a corresponding layer would be only a few micrometers thick and mechanically unstable.<sup>[8]</sup>

Silicon is a pure element, avoiding the problems of stoichiometric imbalance and thermal unmixing of GaAs.

Silicon has a nearly perfect lattice, impurity density is very low and allows to build very small structures (currently down to 25 nm). GaAs in contrast has a very high impurity density, which makes it difficult to build ICs with small structures, so the 500 nm process is a common process for GaAs.



High-efficiency, triple-junction gallium arsenide solar cells covering the [MidSTAR-1](#) satellite

## Other applications

### Solar cells and detectors

Another important application of GaAs is for high efficiency [solar cells](#). Gallium arsenide (GaAs) is also known as single-crystalline [thin film](#) and are high cost high efficiency [solar cells](#).

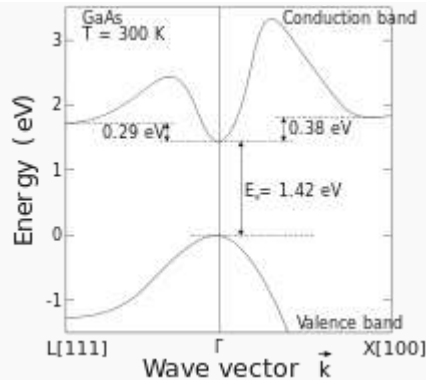
In 1970, the first GaAs heterostructure solar cells were created by the team led by [Zhores Alferov](#) in the [USSR](#).<sup>[9][10][11]</sup> In the early 1980s, the efficiency of the best GaAs solar cells surpassed that of silicon solar cells, and in the 1990s GaAs solar cells took over from silicon as the cell type most commonly used for [Photovoltaic](#)

[arrays](#) for satellite applications. Later, dual- and [triple-junction solar cells](#) based on GaAs with [germanium](#) and [indium gallium phosphide](#) layers were developed as the basis of a triple junction solar cell which held a record efficiency of over 32% and can operate also with light as concentrated as 2,000 suns. This kind of solar cell powers the [rovers Spirit](#) and [Opportunity](#), which are exploring [Mars'](#) surface. Also many [solar cars](#) utilize GaAs in solar arrays.

Complex designs of  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -GaAs devices can be sensitive to infrared radiation ([QWIP](#)).

GaAs diodes can be used for the detection of X-rays.<sup>[12]</sup>

## Light emission devices



Band structure of GaAs. The direct gap of GaAs results in efficient emission of infrared light at 1.424 eV (~870 nm).

GaAs has been used to produce (near-infrared) laser diodes since 1962.<sup>[13]</sup>

[Single crystals](#) of gallium arsenide can be manufactured by the [Bridgeman technique](#), as the [Czochralski process](#) is difficult for this material due to its mechanical properties. However, an encapsulated Czochralski method is used to produce ultra-high purity GaAs for semi-insulators.

GaAs is often used as a substrate material for the epitaxial growth of other III-V semiconductors including: InGaAs and GaInNAs.

## Safety

The toxicological properties of gallium arsenide have not been thoroughly investigated. On one hand, due to its arsenic content, it is considered highly [toxic](#) and [carcinogenic](#). On the other hand, the crystal is stable enough that ingested pieces may be passed with negligible absorption by the body. When ground into very fine particles, such as in wafer-polishing processes, the high surface area enables more reaction with water releasing some arsine and/or dissolved arsenic. The environment, health and safety aspects of gallium arsenide sources (such as [trimethylgallium](#) and [arsine](#)) and industrial hygiene monitoring studies of [metalorganic](#) precursors have been reported.<sup>[14]</sup> California lists gallium arsenide as a carcinogen.<sup>[15]</sup>

### Кремний

<b>Si</b>	<b>14</b>
$3s^23p^2$	4 8 2

Чем знаменит кремний? Во-первых, этот элемент – второй по распространенности на Земле после кислорода. Масса земной коры более чем на четверть – 27,6% – состоит из кремния.

Во-вторых, этот элемент – ближайший аналог углерода со всеми, как говорится, вытекающими отсюда последствиями.

Очевидно, с этих двух точек зрения и стоит рассматривать кремний – достаточно обыкновенный и достаточно необыкновенный элемент.

#### Природные соединения

«Показывают мне, – писал в одной из своих популярных книг академик А.Е. Ферсман, – самые разнообразные предметы: прозрачный шар, сверкающий на солнце чистотой холодной ключевой воды, красивый, пестрого рисунка агат, яркой игры многоцветный опал, чистый песок на берегу моря, тонкую, как шелковинка, нитку из плавленого кварца или жароупорную посуду из него, красиво ограненные груды горного хрусталя, таинственный рисунок фантастической яшмы, окаменелое дерево, превращенное в камень, грубо обработанный наконечник стрелы древнего человека... все это одно и то же химическое соединение элементов кремния и кислорода».

Как ни разнообразен этот перечень, он, конечно, не исчерпывает многообразия природных соединений кремния. Начнем, однако, с упомянутых. «Грубо обработанный наконечник стрелы древнего человека» был сработан из кремня. А что такое кремень? Современный человек видел эти наконечники, равно, как и кремневые ружья, разве только в историческом музее. «Кремни», вставляемые в зажигалки курильщиков, ни внешне, ни по составу нимало не похожи на те кремни. Впрочем, многие из нас в детстве высекали искры, ударяя камешком о камешек, и скорее всего, тогда в наших руках были настоящие кремни.

Так что такое кремень? Химик на этот вопрос ответит буквально по Ферсману: двуокись кремния, кремнезем. Возможно, при этом добавит, что кремнезем кремня – аморфный, в отличие от кристаллического кремнезема кварцевого песка и горного хрусталя, и что часть химиков считает кремень кристаллогидратом  $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .

Геолог на тот же вопрос ответит иначе, но тоже в общем-то буднично: минеральное образование, распространенное и мало интересное, пласты и «желваки» кремня обычно залегают среди известняков и меловых отложений...

И лишь гуманитарий-историк отзовется, должен отозваться, о кремне восторженно, ибо именно кремень – невзрачный и не очень прочный камень – помог в свое время человеку стать Человеком. Каменный век – век кремневых орудий труда. Причиной тому не только и не столько распространенность и доступность кремня, сколько способность его при сколе образовывать острые режущие кромки.

Обратимся теперь к кристаллическим аналогам кремня: «красиво ограненные груды горного

хрусталя», «чистый песок на берегу моря»... Разница между ними небольшая, по существу лишь в размерах и примесях. Чистый песок – чистая кристаллическая двуокись кремния. Чистой воды горный хрусталь – то же самое. И что еще очень важно, оба эти вещества – полимеры, неорганические полимеры.

Одним из первых предположение о полимерном строении двуокиси кремния высказал Дмитрий Иванович Менделеев. Именно этим обстоятельством объяснял он нелетучесть и тугоплавкость веществ состава  $\text{SiO}_2$  или, правильнее,  $(\text{SiO}_2)_n$ . Рентгеноструктурные исследования наших дней подтвердили правильность этой догадки. Установлено, что кристаллический кремнезем представляет собой трехмерный сетчатый полимер. Цепочка кремнекислородных тетраэдров очень прочна, связь кремния с кислородом намного прочнее, чем, например, связь между атомами углерода в цепях органических полимеров. Кремнекислородным цепям хватает и гибкости, но в мире минералов они образуют жесткие сплетения в виде пространственных решеток и сеток, которые хрупки, неподатливы при механической обработке. Чтобы кремнекислородные цепочки остались гибкими, эластичными, их нужно изолировать одну от другой, окружить другими атомами или группами атомов. Это сделали химики, синтезировавшие многочисленные ныне кремнийорганические полимеры, речь о которых ниже. Впрочем, и природа дала великолепный образец волокнистого по структуре полимерного соединения кислорода и кремния – это асбест.

## Кремний – элементарный

Мы умышленно ограничили рассказ о природных соединениях кремния тремя веществами и одним, по существу, соединением. Обо всем в коротком очерке все равно не расскажешь, а соединения с кислородом – самые важные. Вернемся, однако, собственно к кремнию.

Несмотря на распространенность в природе, этот элемент открыли сравнительно поздно. В 1825 г. выдающийся шведский химик и минералог Йенс Якоб Берцелиус сумел в двух реакциях выделить не очень чистый аморфный кремний в виде коричневого порошка. Для этого он восстановил металлическим калием газообразное вещество, известное ныне как тетрафторид кремния  $\text{SiF}_4$ , и кроме того, провел такую реакцию:  $\text{K}_2\text{SiF}_6 + 4\text{K} \rightarrow 6\text{KF} + \text{Si}$ .

Новый элемент был назван силицием (от латинского *silex* – камень). Русское название этого элемента появилось спустя девять лет, в 1834 г., и благополучно дожило, в отличие, скажем, от «буротвора», до наших дней.

Кремний, как и углерод, образует различные аллотропические модификации. Кристаллический кремний так же мало похож на аморфный, как алмаз на графит. Это твердое вещество серо-стального цвета с металлическим блеском и гранцентрированной кристаллической решеткой того же типа, что у алмаза. Впрочем, аморфный кремний, как выяснилось, тоже не аморфный, а мелкокристаллический.

Первый промышленный способ производства кремния, изобретенный во второй половине XIX в. известным русским химиком Н.Н. Бекетовым, основан на восстановлении четыреххлористого кремния  $\text{SiCl}_4$  парообразным цинком. Технически чистый кремний (95...98% Si) сейчас получают главным образом восстановлением кремнезема в электрической дуге между графитовыми электродами. Используется до сих пор изобретенный еще в прошлом веке способ восстановления кремнезема коксом в электрических печах. Этот способ также дает технический кремний, нужный металлургии как раскислитель, связывающий и удаляющий из металла кислород, и как легирующая добавка, повышающая прочность и коррозионную стойкость сталей и многих сплавов на основе цветных металлов. Впрочем,

здесь важно, «не переборщить»: избыток кремния может привести к хрупкости.

Не отошел в прошлое и бекетовский способ получения кремния (в реакции между парами цинка и тетрахлоридом кремния – летучей бесцветной жидкостью с температурой кипения всего 57,6°C). Это один из способов получения высокочистого полупроводникового кремния, о котором определенно наслышаны читатели этой книги.

Полагают, что при абсолютном нуле идеально чистый и идеально правильный монокристаллический кремний должен быть идеальным электроизолятором. Но идеальная чистота так же недостижима, как и абсолютный нуль. В нашем случае это, что называется, к добру. Не идеальный, а просто высокочистый и сверхчистый кремний стал важнейшим полупроводниковым материалом. При температуре, отличной от абсолютного нуля, в нем возникает собственная проводимость, причем носителями электрического тока являются не только свободные электроны, но и так называемые дырки – места, покинутые электронами.

Вводя в сверхчистый кремний те или иные легирующие добавки (в микроколичествах; обычно это делается с помощью ионно-лучевых установок), в нем создают проводимость того или иного типа. Добавки элементов третьей группы менделеевской таблицы ведут к созданию дырочной проводимости, а пятой – электронной. Что значат для нас сегодня полупроводники, объяснять, вероятно, излишне. Расскажем лучше вкратце о способах получения полупроводникового кремния.

Один из этих способов упомянут выше. Заметим только, что реакцию высокочистых паров цинка с очень чистым четыреххлористым кремнием проводят при температуре 950°C в трубчатом реакторе, изготовленном из плавленого кварца. Элементарный кремний образуется в виде игольчатых кристаллов, которые потом измельчают и промывают соляной кислотой, разумеется тоже весьма чистой. Затем следует еще одна ступень очистки – зонная плавка, и лишь после нее поликристаллическую кремниевую массу превращают в монокристаллы.

Есть и другие реакции, в которых получают высокочистый полупроводниковый кремний. Это восстановление водородом трихлорсилана  $\text{SiHCl}_3$  или четыреххлористого кремния  $\text{SiCl}_4$  и термическое разложение моносилана, гидрида кремния  $\text{SiH}_4$  или тетраиодида  $\text{SiI}_4$ . В последнем случае разложение соединения происходит на разогретой до 1000°C танталовой ленте. Дополнительная очистка зонной плавкой следует после каждой из этих реакций.

В полупроводниковом кремнии содержание примесей крайне мало –  $10^{-5} \dots 10^{-6}\%$  и даже меньше.

## Арсенид галлия (GaAs)

**Арсенид галлия (GaAs)** — [химическое соединение галлия](#) и [мышьяка](#). Важный [полупроводник](#), третий по масштабам использования в промышленности после [кремния](#) и [германия](#). Используется для создания сверхвысокочастотных [интегральных схем](#) и [транзисторов](#), [светодиодов](#), [лазерных диодов](#), [диодов Ганна](#), [туннельных диодов](#), фотоприёмников и детекторов ядерных излучений.

Общие	
Название	арсенид галлия
Химическая формула	<a href="#">GaAs</a>
Внешний вид	Тёмно-серые кубические кристаллы
Структура	
<a href="#">Молекулярная масса</a>	144.64 <a href="#">ат. ед.</a>
<a href="#">Постоянная решётки</a>	0.56533 нм

<a href="#">Кристаллическая структура</a>	<a href="#">цинковой обманки</a>
<b>Физические</b>	
<a href="#">Агрегатное состояние</a> при н. у.	<a href="#">твёрдое</a>
<a href="#">Точка плавления</a> при н. у.	1513 К
<b>Электронные</b>	
<a href="#">Ширина запрещённой зоны</a> при 300 К	1.424 эВ
<a href="#">Электроны, эффективная масса</a>	0.067 $m_e$
<a href="#">Лёгкие дырки, эффективная масса</a>	0.082 $m_e$
<a href="#">Тяжёлые дырки, эффективная масса</a>	0.45 $m_e$
<a href="#">Подвижность электронов</a> при 300 К	8500 см <sup>2</sup> /(В·с)
<a href="#">Подвижность дырок</a> при 300 К	400 см <sup>2</sup> /(В·с)
<b>Предупреждение</b>	
<a href="#">Яд</a>	<b>Не исследовано, продукты гидролиза токсичны</b>
Продукты распада	

## Свойства

Некоторые электронные свойства GaAs превосходят свойства [кремния](#). Арсенид галлия обладает более высокой подвижностью электронов, которая позволяет приборам работать на частотах до 250 ГГц.

[Полупроводниковые приборы](#) на основе GaAs генерируют меньше [шума](#), чем [кремниевые](#) приборы на той же частоте. Из-за более высокой напряженности электрического поля пробоя в GaAs по сравнению с Si приборы из арсенида галлия могут работать при большей мощности. Эти свойства делают GaAs широко используемым в полупроводниковых лазерах, некоторых радарных системах. Полупроводниковые приборы на основе арсенида галлия имеют более высокую [радиационную стойкость](#), чем кремниевые, что обуславливает их использование в условиях [радиационного излучения](#) (например, в [солнечных батареях](#), работающих в космосе).

GaAs — [прямозонный полупроводник](#), что также является его преимуществом. GaAs может быть использован в приборах [оптоэлектроники](#): [светодиодах](#), [полупроводниковых лазерах](#).

Сложные слоистые структуры арсенида галлия в комбинации с [арсенидом алюминия](#) (AlAs) или тройными растворами Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As ([гетероструктуры](#)) можно вырастить с помощью [молекулярно-лучевой эпитаксии](#) (МЛЭ) или МОС-гидридной эпитаксии. Из-за практически идеального согласования [постоянных решёток](#) слои имеют малые [механические напряжения](#) и могут выращиваться произвольной толщины.

По физическим характеристикам GaAs — более хрупкий и менее теплопроводный материал, чем кремний. Подложки из арсенида галлия гораздо сложнее для изготовления и примерно впятеро дороже, чем кремниевые, что ограничивает применение этого материала.

Токсические свойства арсенида галлия детально не исследованы, но продукты его гидролиза токсичны ([и канцерогенны](#))

## Параметры зонной структуры

В таблице представлены некоторые параметры [зонной структуры](#) для арсенида галлия.

--	--

Параметры зонной структуры GaAs		
Параметр	Обозначение	Значение
<u>Постоянная решётки</u>	$a_c$ <sup>TM</sup>	$0,565325+0,388 \cdot 10^{-5}(T-300)$
<u>Ширина запрещённой зоны</u> в Г-долине	$E_g^{\Gamma}$ (эВ)	1,519
<u>Параметр Варшни</u> $\alpha(\Gamma)$	$\alpha$ (Г) (мэВ/К)	0,5405
Параметр Варшни $\beta(\Gamma)$	$\beta(\Gamma)$ (К)	204
Ширина запрещённой зоны в X-долине	$E_g^X$ (эВ)	1,981
Параметр Варшни $\alpha(X)$	$\alpha(X)$ (мэВ/К)	0,460
Параметр Варшни $\beta(X)$	$\beta(X)$ (К)	204
Ширина запрещённой зоны в L-долине	$E_g^L$ (эВ)	1,815
Параметр Варшни $\alpha(L)$	$\alpha(L)$ (мэВ/К)	0,605
Параметр Варшни $\beta(L)$	$\beta(L)$ (К)	204
Спин-орбитальное расщепление	$\Delta_{so}$	0,341
<u>Эффективная масса</u> электрона в Г-долине	$m_e^{\Gamma}$ (Г)	0,067
Продольная эффективная масса электрона в L-долине	$m_l^L(L)$	1,9
Поперечная эффективная масса электрона в L-долине	$m_t^L(L)$	0,0754
Продольная эффективная масса электрона в X-долине	$m_l^X(X)$	1,3
Поперечная эффективная масса электрона в X-долине	$m_t^X(X)$	0,23
<u>Параметры Латтинжера</u>	$\gamma_1$	6,98
	$\gamma_2$	2,06
	$\gamma_3$	2,93
<u>Упругие константы</u>	$c_{11}$ (ГПа)	1221
	$c_{12}$ (ГПа)	566
	$c_{44}$ (ГПа)	600

## Химия - Арсенид галлия

Арсенид галлия — химическое соединение галлия и мышьяка. Важный полупроводник, третий по масштабам использования в промышленности после кремния и германия. Используется для создания сверхвысокочастотных интегральных схем и транзисторов, светодиодов, лазерных диодов, диодов Ганна, туннельных диодов, фотоприёмников и детекторов ядерных излучений.

Некоторые электронные свойства GaAs превосходят свойства кремния. Арсенид галлия обладает более высокой подвижностью электронов, которая позволяет приборам работать на частотах до 250 ГГц.

Полупроводниковые приборы на основе GaAs генерируют меньше шума, чем кремниевые приборы на той же частоте. Из-за более высокой напряженности электрического поля пробоя в GaAs по сравнению с Si приборы из арсенида галлия могут работать при большей мощности. Эти свойства делают GaAs широко используемым в полупроводниковых лазерах, некоторых радарных системах. Полупроводниковые приборы на основе арсенида галлия имеют более высокую радиационную стойкость, чем кремниевые, что обуславливает их использование в условиях радиационного излучения.

GaAs — прямозонный полупроводник, что также является его преимуществом. GaAs может быть использован в приборах оптоэлектроники: светодиодах, полупроводниковых лазерах.

Сложные слоистые структуры арсенида галлия в комбинации с арсенидом алюминия или тройными растворами  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  можно вырастить с помощью молекулярно-лучевой эпитаксии или МOC-гидридной эпитаксии. Из-за практически идеального согласования постоянных решёток слои имеют малые механические напряжения и могут выращиваться произвольной толщины.

По физическим характеристикам GaAs — более хрупкий и менее теплопроводный материал, чем кремний. Подложки из арсенида галлия гораздо сложнее для изготовления и примерно впятеро дороже, чем кремниевые, что ограничивает применение этого материала. Токсические свойства арсенида галлия детально не исследованы, но продукты его гидролиза токсичны.

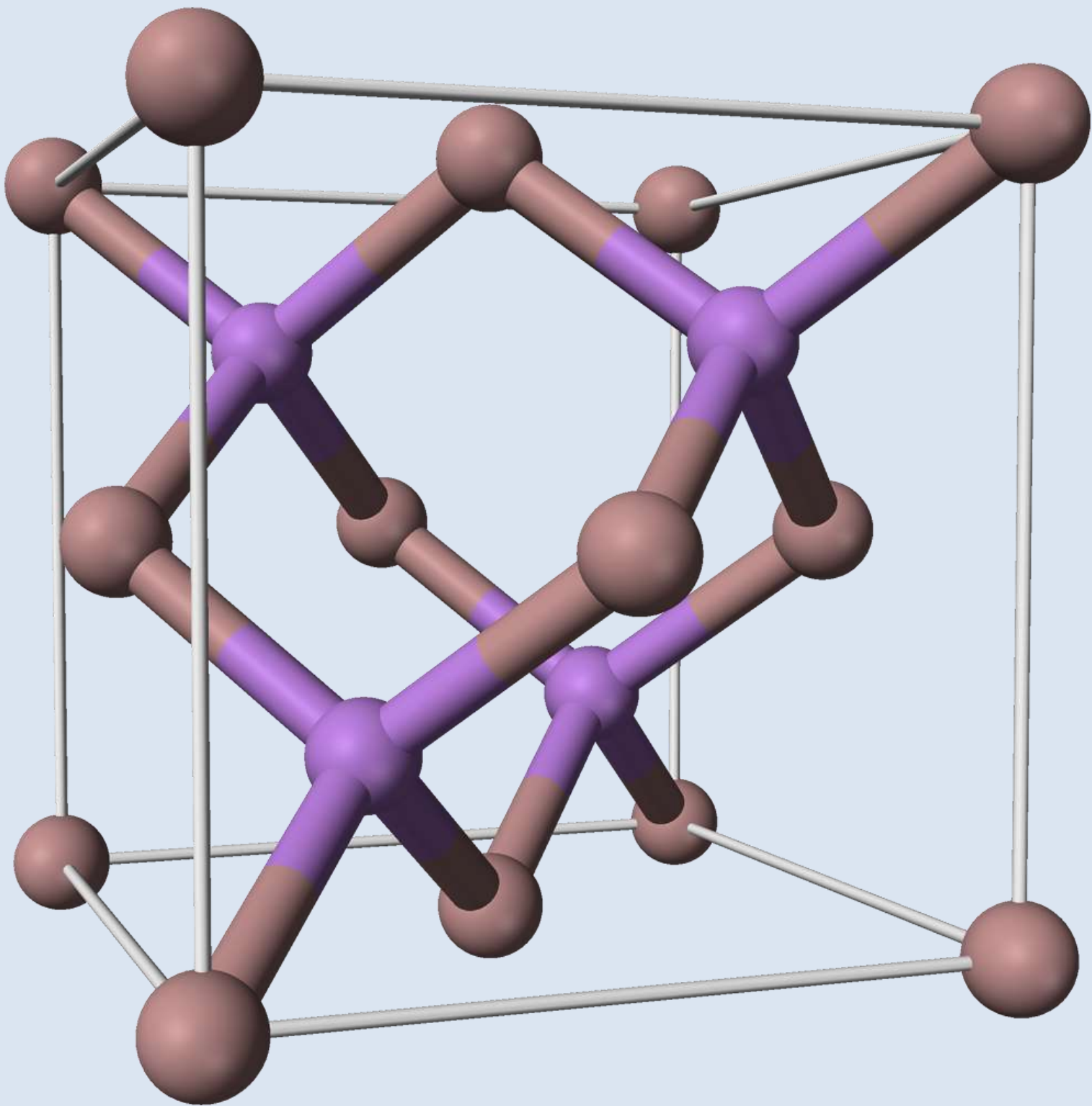




**Gallium arsenide crystal**

## СВОЙСТВА

Общие	
Название	арсенид галлия
Химическая формула	GaAs
Внешний вид	Тёмно-серые кубические кристаллы
Структура	
Молекулярная масса	144.64 ат. ед.
Постоянная решётки	0.56533 нм
Кристаллическая структура	цинковой обманки
Физические	
Агрегатное состояние при н. у.	твёрдое
Точка плавления при н. у.	1513 К
Электронные	
Ширина запрещённой зоны при 300 К	1.424 эВ
Электроны, эффективная масса	0.067 $m_e$
Лёгкие дырки, эффективная масса	0.082 $m_e$
Тяжёлые дырки, эффективная масса	0.45 $m_e$
Подвижность электронов при 300 К	8500 $см^2/$
Подвижность дырок при 300 К	400 $см^2/$
Предупреждение	
Яд	Не исследовано, продукты гидролиза токсичны
Продукты распада	



## Литература:

1. В.А. Радовель «Основы компьютерной грамотности» Уч. Пособие.- Ростов/Дон: Феникс, 2009.
2. Л.П. Зайцева, О. Г. Чупрына «Рассказы об электронике» Учебное пособие
3. К.Ш. Брискина, М.Ф. Завадская. «Английский язык для технических вузов». – Киев: Высшая школа, 1982.
4. И.П. Агабекян. «Английский для технических вузов». Учебное пособие.- Ростов/Дон: Феникс, 2000.
5. Интернет-портал Wikipedia