

ОКН 17 7221

УДК 669.782-172:006.354

Группа В 51

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель предприятия

П.М. Галкин

1988 г.

СОГЛАСОВАНО

Заместитель руководителя предприятия п/я X-5476

В.Э. Дриллико

"27" 05 1988 г.

"27" 05 1988 г.

КРЕМНИЙ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ
ОСОВЧАСТЫЙ

Технические условия

ТУ 48-4 - 504 -88

(Взамен ТУ 48-4-296-80, ТУ48-4-357-75,
ТУ 48-4-253-73)

Дата введения 01.03.89 г.

~~Срок действия до 31.12.94 г.~~
См.то оформление срока действия

Заместитель директора

Гиредмета

А.В. Елётин

"04" 04 1988 г.

Начальник технического
отдела предприятия

п/я А-3135

А.И. Семёнов

"20" 05 1988 г.

Руководитель органа

Государственной приёмки
на предприятии п/я А-3135

А.С. Зилкин

"20" 05 1988 г.

УЧТЕНО

ЭКС 51

58 / 1988

15 11 88
089.000189

инв. 29 / 2004
05.02.04

№ 4 КМС промш. 08.3033.гш. 4000.11.07.20-87878

"Заказчик", 119017, Москва

Исполн. в дата
Взам. инв. № инв. №
Исполн. в дата

Настоящие технические условия распространяются на слитки кремния монокристаллического ^{легированного бором или фосфором} ~~особочистого~~, полученного методом бестигельной зонной плавки и предназначенные для производства детекторов ядерных излучений, р-п диодов и магнитодетекторов.

Пример записи условного обозначения продукции при её заказе и в документации:

К80-1-ДМ/25-Е1 ТУ 48-4-504-88 ;

К80-1-8В/29,5 ТУ 48-4-504-88 ;

К80-1-ДВ/45-ИЗК1 ТУ 48-4-504-88 ;

К80-4-ДМ/20,5-С ТУ 48-4-504-88 ,

где К80-1, К80-4 - марки кремния

К- кремний ;

В- бестигельный метод получения кремния ;

О- особочистый кремний ;

Д- дырочный тип электропроводности ;

Э- электронный тип электропроводности ;

И- исходное сырье: поликристаллический кремний, полученный методом термического разложения моносилана ;

В- исходное сырье: поликристаллический кремний, полученный методом водородного восстановления хлорсиланов ;

29,5; 25; 45; 20,5- номинальные значения диаметра слитка ;

Е1, ИЗ, К1, С - индексы дополнительных требований ;

ТУ 48-4-504-88 - номер настоящих технических условий.

~~Показатели технического уровня, установленные настоящими техническими условиями, соответствуют высшей категории качества.~~

ТУ 48-4-504-88

Кремний монокристаллический особочистый.
Технические условия

Изм.	Исполн.	Дата
1	2	20
п/я А-3188		

Выпуск № 1/1988
 Подпись
 Дата

Исполнитель	Гаврилова А. А.
Проверенный	Волланд С. С.
Секретарь	Семенова И. И.

настоящих технических условий. В этом случае технические требования должны оговариваться в протоколе, согласованном и утвержденном в установленном порядке на поставку с оговоренным объемом.

I. II. Коды Н-СНИИ приведены в обязательном приложении I к настоящим техническим условиям.

Исполнитель: М. П. [Signature] [Date]

№ документа	№ документа	Исполн.	Дата
230м	8	Косов	

TV 48-4-504-88

№ п/п: _____ Назначение: _____ Цифра документа: _____ Подпись и дата: _____

Таблица I

Требования к показателям качества слитков кремния

Марка кремния	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Удельное электрическое сопротивление (у.э.с.), Ом.см, не менее	Относительное отклонение по длине (у.э.с.), %	Радиальное отклонение у.э.с. от среднего значения по длине монокристаллического слитка, % не более	Номинальное значение диаметра монокристаллического слитка и отклонение диаметра от номинального значения, мм	Тип электропроводности: дырочный (Д) или электронный (Э)	Исходное сырье	Длина, мм, не менее	Время жизни неравновесных носителей заряда (н.н.э), мкс, не менее	
K50-I	1000	50	-	20, 5 ⁺² 25, 0 ⁺² 29, 5 ⁺² 36, 0 ⁺² 45, 0 ⁺² 56, 0 ⁺²	Д Д Д Д Д Д	М или Э М или Э М или Э В В В	40	500	1000

Продолжение табл. I

Марка изделия	Ступень	Радиальное	Номинальное значение диаметра	Тип электропроводности	Исходное сырье	Длина, мм, не менее	Время жизни неравномерных носителей заряда (н.н.з.), мкс, не менее	Для типа электропроводности								
3	4	5	6	7	8	9	10									
КБ0-I-1 1000	35	25	34,0±2	Д	В	30	-	1000								
			45,0±2													
			59,0±2													
			78,0±2													
			32,0±0,5													
			43,0-0,5													
			57,5-0,5													
			76,0-0,5													
			КБ0-2 2000						30	-	20,5±2	Д	М или В	40	500	-
											25,0±2					
23,5±2																
35,0±2																
45,0±2																
56,0±2																

Имя, фамилия, отчество: _____
 Должность: _____
 Адрес: _____

Продолжение табл. I

Марка электротехнического изделия	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Относительное сопротивление (у.э.с.), не более	Относительное отклонение (у.э.с. от среднего значения по длине монокристаллического слитка, не более	Радиальное отклонение (у.э.с. от среднего значения по торцу монокристаллического слитка, не более	Номинальное значение диаметра монокристаллического слитка и отклонение диаметра от номинального значения, мм	Тип электропроводности	Исходное сырье	Длина, мм, не менее	Время жизни н.н.э., мкс, не менее для типа электропроводности		
КБ0-3	3000	30	-	20,5 ⁺² 25,0 ⁺² 29,0 ⁺²	Д Д Д	М или В М или В М или В	40	1000	
КБ0-4	4000	30	-	20,5 ⁺² 25,0 ⁺²	Д Д	М или В М	40	1000	
КБ0-5	5000	30	-	20,5 ⁺² 25,0 ⁺² 29,5 ⁺² 45,0 ⁺² 60,0 ⁺²	Д Д Д Д Д	М или В М В В В	40	1000	

№ 161 2 1980

46-1-504-88

Продолжение табл. I

Марка преобразователя	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Цельное электрическое сопротивление (у.э.с.), Ом.см, не менее	Относительное отклонение у.э.с. от среднего значения по длине монокристаллического слитка, не более	Радиальное отклонение от среднего значения по торцу монокристаллического слитка, % не более	Номинальное значение диаметра монокристаллического слитка и отклонение диаметра от номинального значения, мм	Тип электропровода	Исходное сырье	Длина, мм, не менее	Время жизни н.н.э., мкс, не менее	для типа электропроводности
					Дыроный (Д) или электротонный (Э)			Д	Э
КБ0-6	6000	30	-	20,5+2 25,0±2	Д	М или М	40	1000	
КБ0-10	10000	35	-	20,5+2 25,0±2	Д	М	40	1000	
КБ0-20	20000	35	-	20,5+2 25,0±2	Д	М	30	1000	

СЛИТКОВ

- Примечания: 1. Объём поставок времени с временем жизни н.н.э. не менее 1000 мкс должен составлять в заказе не менее 75 %.
2. Верхний предел у.э.с. для марок КБ0-I-I 10000 Ом.см, для остальных марок 60000 Ом.см.

3. Верхний предел удельного электрического сопротивления
 ② 60000 Ом.см.

Таблица 2

Дополнительные требования к слиткам кремния

Индекс требования	Показатель качества		Марка, на которую распространяется индекс требования
	наименование, единица измерения	Значение	
E1	Время жизни н.н.з., мкс, не менее	200	Все марки
E2	Время жизни н.н.з., мкс, не менее	300	Все марки
E3	Время жизни н.н.з., мкс, не менее	400	Все марки
E4	Время жизни н.н.з., мкс, не менее	500	Все марки, кроме: КБО-2; КБО-I-ДВ/20,5; КБО-I-ДВ/25; КБО-I-ДВ/29,5; КБО-I-ДВ/35; КБО-I-ДВ/45; КБО-I-ДВ/56; КБО-I-ДМ/20,5; КБО-I-ДМ/25; КБО-I-ДМ/29,5
E5	Время жизни н.н.з., мкс, не менее	600	КБО-I-ЭМ/20,5; КБО-I-ЭВ/20,5; КБО-I-ЭМ/25; КБО-I-ЭВ/25; КБО-I-ЭМ/29,5; КБО-I-ЭВ/29,5 ① КБО(Э-10) К50(Э-20)
E6	Время жизни н.н.з., мкс, не менее	600	КБО-I-ДМ/20,5; КБО-I-ДВ/20,5; КБО-I-ДМ/25; КБО-I-ДВ/25; КБО-I-ДМ/29,5; КБО-I-ДВ/29,5; КБО-I-ДВ/35; КБО-I-ДВ/45; КБО-I-ДВ/56; ① КБО2
И1	Интервал значений удельного электрического сопротивления, Ом.см	1000-4000	КБО-I-ДВ/25; КБО-I-ДМ/25
И2	Интервал значений удельного электрического сопротивления, Ом.см	1000-5000	КБО-I-ЭМ/20,5; КБО-I-ЭМ/25
И3	Интервал значений удельного электрического сопротивления, Ом.см	1000-10000	КБО-I-ДВ/35; КБО-I-ДВ/45; КБО-I-ДВ/56

Проверено: _____
 Дата: _____
 Подпись и дата
 Инв. № д.
 Изм. № и дата
 Подпись и дата

Продолжение табл.2

Индекс требования	Показатель качества		Марка, не которую распространяется индекс требования
	наименование, единица измерения	значение	
И4	Интервал значений удельного электрического сопротивления, Ом.см	2000-10000	КБ0-2-ДВ/35; КБ0-2-ДВ/45; КБ0-2-ДВ/56
И5	Интервал значений удельного электрического сопротивления, Ом.см	4000-9000	КБ0-4-ДМ/20,5
ИТ	Отклонение диаметра монокристаллического слитка от номинального значения, мм	$\pm 0,5$	КБ0-1-ДВ/35; КБ0-1-ДВ/45; КБ0-1-ДВ/56; КБ0-2-ДВ/35; КБ0-2-ДВ/45; КБ0-2-ДВ/56
Л	Концентрация атомов оптически активного кислорода, см ⁻³ , не более	$1 \cdot 10^{16}$ при градуировочном коэффициенте равен $2,45 \cdot 10^{17}$ см ⁻²	Все марки
Т	Ориентация продольной оси монокристаллического слитка	/100/	Все марки, кроме КБ0-1-1
С	Свирл-дефекты	отсутствие	Все марки

Имя, Подпись и дата
 № Изом. нив., № Инв. №
 №

2. ПРАВИЛА ПРИЕМА

2.1. Для проверки соответствия качества слитков кремния требованиям настоящих технических условий устанавливаются приемо-сдаточные испытания.

2.2. При проведении приемо-сдаточных испытаний должен контролироваться каждый слиток (в зависимости от требований марки) на соответствие требованиям технических условий в части:

- монокристалличности;
- типа электропроводности;
- удельного электрического сопротивления и относительного отклонения удельного электрического сопротивления от среднего значения по длине монокристаллического слитка;

- длины монокристаллического слитка;
- диаметра монокристаллического слитка;
- отсутствия дислокаций;
- времени жизни н.н.э;
- отсутствия внешних дефектов по п.1.9;

② **массы слитка,**
радиального относительного отклонения у.э.с. от среднего значения по торцу моно-
2.3. Гарантируется технологией: кристаллического слитка.

- отсутствие свирль-дефектов для марок с индексом "С";
- ориентация продольной оси монокристаллического слитка;
- отклонение плоскости торцового среза от плоскости ориентации;
- концентрация атомов оптически активного кислорода, углерода; ①
- отсутствие внутренних дефектов по п.1.9.

2.4. Каждый слиток сопровождают документом о качестве (сертификатом), в котором (в зависимости от требований марки)

- указывают:
- наименование *и товарный знак* предприятия-изготовителя *или товарный знак;* ①
 - наименование продукции и ее марку;

№ документа	Подпись и дата	Зам. инж.	№ инв. № п.	Подпись и дата

номер слитка;
 тип электропроводности;
 максимальное и минимальное значения удельного электрического сопротивления по образующей (длине) слитка; ①
 относительное отклонение удельного электрического сопротивления от среднего значения по длине слитка;
 длину и диаметр;
 время жизни н.н.э.;
 массу слитка;
 дату изготовления;
 номер настоящих технических условий;
 штамп ОТК;

② штамп Госприемки.
 радиальное относительное отклонение у.э.с. от среднего значения по торцу монокристаллического слитка;
 среднее значение у.э.с. на каждом торце монокристаллического слитка.

3. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ

3.1. Проверку слитков кремния на монокристалличность и отсутствие внешних дефектов на его поверхности проводят по методике, изложенной в обязательном приложении I к ГОСТ 19658-81. Размеры внешних дефектов по п. I.9 определяют линейкой по ГОСТ 427-75. ①

3.2. Тип электропроводности определяют по методике, изложенной в обязательном приложении 2 к ГОСТ 19658-81. ①

3.3. Удельное электрическое сопротивление ^{марок К60-1, К60-2, К60-3, К60-4, К60-5, К60-6, К60-10, К60-10} измеряют двухзондовым методом по образующей слитка через 10 мм по методике, изложенной в обязательном приложении 2 к ГОСТ 26550-85. По результатам измерения определяют следующие величины: ②

среднее значение удельного электрического сопротивления по длине слитка в Омах на сантиметр вычисляют по формуле:

$$\bar{\rho} = \frac{\rho_{\max} + \rho_{\min}}{2} \quad (1) \quad ②$$

Исполнитель	Подпись и дата
Исполнитель	Подпись и дата
Исполнитель	Подпись и дата
Исполнитель	Подпись и дата
Исполнитель	Подпись и дата

где ρ_{max} и ρ_{min} - максимальное и минимальное значение удельного электрического сопротивления по длине слитка.

Относительное отклонение удельного электрического сопротивления от среднего значения по длине слитка ($\delta\rho_e$) вычисляют по формуле:

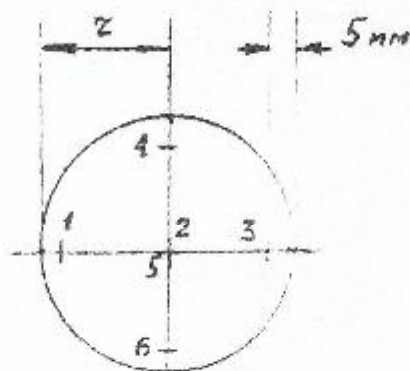
$$\delta\rho_e = \left(\frac{\rho_{max} - \bar{\rho}}{\bar{\rho}} \right) \cdot 100\% ; \quad \left(\frac{\bar{\rho} - \rho_{min}}{\bar{\rho}} \right) \cdot 100\% \quad (2)$$

3.3а. Удельное электрическое сопротивление марки КВ0-I-I измеряют по торцам и образующей (длине) слитка по ГОСТ 24392.

Удельное электрическое сопротивление по образующей (длине) слитка измеряют через 10 мм. По результатам измерения удельного электрического сопротивления определяют минимальное (ρ_{min}) и максимальное (ρ_{max}) значения этих измерений и вычисляют относительное отклонение удельного электрического сопротивления от среднего значения по длине монокристаллического слитка ($\delta\rho_e$) в процентах:

$$\delta\rho_e = \frac{\rho_{max} - \rho_{min}}{\rho_{max} + \rho_{min}} \cdot 100\% \quad (3)$$

Удельное электрическое сопротивление на обоих торцах слитка измеряют в шести точках, расположенных в соответствии с чертежом



Подпись и дата
Имя, №
Подпись, №
Подпись и дата
Подпись

Точки 1; 3; 4; 6 отстоят от края торца слитка на расстоянии не менее 5 мм; точки 2 и 5 расположены в центре.

По результатам измерений удельного электрического сопротивления вычисляют:

Среднее значение удельного электрического сопротивления на периферийном кольце каждого торца ($\bar{\rho}_{n1}$) и ($\bar{\rho}_{n2}$) по формуле:

$$\bar{\rho}_n = \frac{\rho_1 + \rho_4 + \rho_3 + \rho_6}{4} \quad (4)$$

где $\rho_1, \rho_4, \rho_3, \rho_6$ - удельное электрическое сопротивление в соответствующих точках.

Среднее значение удельного электрического сопротивления в центре каждого торца ($\bar{\rho}_{y1}$) и ($\bar{\rho}_{y2}$) по формуле:

$$\bar{\rho}_y = \frac{\rho_2 + \rho_5}{2} \quad (5)$$

Среднее значение удельного электрического сопротивления на каждом торце ($\bar{\rho}_{T1}$) и ($\bar{\rho}_{T2}$) по формуле:

$$\bar{\rho}_T = \frac{\bar{\rho}_n + \bar{\rho}_y}{2} \quad (6)$$

Радиальное относительное отклонение удельного электрического сопротивления от среднего значения по каждому торцу ($\delta\rho_{R1}$) и ($\delta\rho_{R2}$) в процентах по формуле:

$$\delta\rho_R = \left| \frac{\bar{\rho}_n - \bar{\rho}_y}{\bar{\rho}_n + \bar{\rho}_y} \right| \quad (7)$$

3.4. Ориентацию продольной оси монокристаллического слитка и отклонение плоскости торцового среза от плоскости ориентации определяют по методикам, изложенным в обязательных приложениях 5 и 6 к ГОСТ 13658-81.

Подпись и дата
Имя, № дуб.
Имя, № дуб.
Имя, № дуб.
Имя, № дуб.

Арбитражным является рентгеновский метод (приложение 5 к ГОСТ 19658-81).

3.5. Концентрацию атомов оптически активного кислорода определяют по методике, изложенной в обязательном приложении 7 к ГОСТ 19658-81. При расчете концентрации атомов оптически активного кислорода необходимо использовать градуировочный коэффициент равный $2,45 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ вместо $3,3 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$, указанного в Приложении 7 к ГОСТ 19658-81.

Концентрацию атомов оптически активного углерода определяют по методике, изложенной в обязательном приложении 8а к ГОСТ 19658.

3.6. Диаметр слитка измеряют в произвольно выбранных по окружности точках в любом месте с погрешностью не более $\pm 0,1$ мм.

Длину слитка измеряют с погрешностью не более ± 1 мм.

Измерения проводят стандартным мерительным инструментом, обеспечивающим заданную точность измерения.

3.7. Плотность дислокаций определяют на нижнем торце слитка или на прилегающей к нему пластине по методике, изложенной в обязательном приложении 4 к ГОСТ 19658.

3.8. Время жизни н.н.э. измеряют по длине (образующей) слитка через 10-15 мм методом спада фотопроводимости по методике, изложенной в обязательном приложении 2 к настоящим техническим условиям.

Подпись и дата

Имя, № дуб.

Имя, № дуб.

Дата

И. И. И.	И. И. И.	И. И. И.	И. И. И.
----------	----------	----------	----------

4.3. Допускается другая упаковка : слиток помещают в пакет из полиэтиленовой пленки, пакет со слитком заваривают, заворачивают в пенополиуретан, прикладывают сертификат и закрепляют внахлестку лентой с липким слоем. Упакованный таким образом слиток снова помещают в пакет из полиэтиленовой пленки, вкладывают этикетку и заваривают.

4.4. Упакованные слитки помещают в ящик по ГОСТ 5359-80, ГОСТ 21140-75. На ящик должна быть нанесена маркировка в соответствии с ГОСТ 14192-77 "Хрупкое - осторожно, хрупкое"; "Верх не кантовать"; "Бережь от влаги"; "Бойтесь сырости".

4.5. В каждый ящик вкладывают упаковочный лист, в котором указывают:

- наименование и товарный знак предприятия-изготовителя или товарный знак;
- наименование продукции;
- массу брутто и нетто;
- количество слитков;
- дату упаковки;
- номер упаковщика.

4.6. Транспортирование слитков кремния производят любым видом транспорта в крытых транспортных средствах в соответствии с правилами перевозок грузов, действующими на данном виде транспорта.

Допускается транспортирование почтовыми посылками.

При транспортировании почтовыми посылками предупредительные знаки по ГОСТ 14192-77 не наносятся.

4.7. Храниться слитки должны в упаковке изготовителя в закрытых складских помещениях.

5. ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

5.1. Слитки кремния должны быть приняты техническим контролем предприятия-изготовителя и Государственной приемкой.

5.2. Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие слит-

ТУ 48-4-504-88

Лист 13

Исполн.	Провер.	Центр	М. А. Утв	Ил.	Полнись в дату

ков кремния требованиям настоящих технических условий при соблюдении потребителем условий хранения в упаковке изготовителя.

5.3. Гарантийный срок хранения продукции - 2 года со дня её изготовления.

5.4. При неудовлетворительных результатах испытаний по гарантируемым параметрам, потребитель имеет право на замену слитков в месячный срок со дня возвращения их изготовителю.

Исполн. орган.	Подпись и дата	Плом, №	№ Шпр	Бл.	Подпись и дата

ТУ 48-4-504-88

Лист

14

Таблица марок и кодов Н-ОМТ

Марка	Диаметр, мм	Код ОМТ
КБО-1-ЭВ	20,5	17 7221 1111 06
КБО-1-ЭВ	25	17 7221 1112 05
КБО-1-ЭВ	29,5	17 7221 1113 04
КБО-1-ДВ	20,5	17 7221 1121 04
КБО-1-ДВ	25	17 7221 1122 03
КБО-1-ДВ	29,5	17 7221 1123 02
КБО-1-ДВ	35	17 7221 1124 01
КБО-1-ДВ	45	17 7221 1125 00
КБО-1-ДВ	56	17 7221 1126 10
КБО-1-ЭМ	20,5	17 7221 1131 02
КБО-1-ЭМ	25	17 7221 1132 01
КБО-1-ЭМ	29,5	17 7221 1133 00
КБО-1-ДМ	20,5	17 7221 1141 00
КБО-1-ДМ	25	17 7221 1142 10
КБО-1-ДМ	29,5	17 7221 1143 09
КБО-1-1-ЭВ	32	17 7221 1181 03
КБО-1-1-ЭВ	34	17 7221 1182 02
КБО-1-1-ЭВ	43	17 7221 1183 01
КБО-1-1-ЭВ	45	17 7221 1184 00
КБО-1-1-ЭВ	57,5	17 7221 1185 10
КБО-1-1-ЭВ	59	17 7221 1186 09
КБО-1-1-ЭВ	76	17 7221 1187 08
КБО-1-1-ЭВ	78	17 7221 1188 07
КБО-2-ДВ	20,5	17 7221 1221 01
КБО-2-ДВ	25	17 7221 1222 00
КБО-2-ДВ	29,5	17 7221 1223 10
КБО-2-ДВ	35	17 7221 1224 09
КБО-2-ДВ	45	17 7221 1225 08
КБО-2-ДВ	56	17 7221 1226 07
КБО-2-ДМ	20,5	17 7221 1241 03
КБО-2-ДМ	25	17 7221 1242 02
КБО-2-ДМ	29,5	17 7221 1243 06

Исполнитель: Проверить и дата:
 Диаметр, мм: Шир. М. Д.:
 Диаметр, мм: Диаметр, мм:
 Диаметр, мм: Диаметр, мм:

Продолжение таблицы

Марка	Диаметр, мм	Код ОК
КВО-3-ДВ	20,5	17 7221 1321 09
КВО-3-ДВ	25	17 7221 1322 08
КВО-3-ДВ	29,5	17 7221 1323 07
КВО-3-ДМ	20,5	17 7221 1341 05
КВО-3-ДМ	25	17 7221 1342 04
КВО-3-ДМ	29,5	17 7221 1343 03
КВО-4-ДВ	20,5	17 7221 1421 06
КВО-4-ДМ	20,5	17 7221 1441 02
КВО-4-ДМ	25	17 7221 1442 01
КВО-5-ДВ	20,5	17 7221 1521 03
КВО-5-ДВ	29,5	17 7221 1522 02
КВО-5-ДВ	45	17 7221 1523 01
КВО-5-ДВ	60	17 7221 1524 00
КВО-5-ДМ	20,5	17 7221 1541 10
КВО-5-ДМ	25	17 7221 1542 09
КВО-6-ДВ	20,5	17 7221 1621 00
КВО-6-ДМ	20,5	17 7221 1641 07
КВО-6-ДМ	25	17 7221 1642 06
КВО-10-ДМ	20,5	17 7221 1741 04
КВО-10-ДМ	25	17 7221 1742 03
КВО-20-ДМ	20,5	17 7221 1841 01
КВО-20-ДМ	25	17 7221 1842 00
КВО-1		17 7221 1100 09
КВО-1-1		17 7221 1180 07
КВО-2		17 7221 1200 06
КВО-3		17 7221 1300 03
КВО-4		17 7221 1400 00
КВО-5		17 7221 1500 08
КВО-6		17 7221 1600 05
КВО-10		17 7221 1700 02
КВО-20		17 7221 1800 10

Исполнитель: _____
 Проверено: _____
 Дата: _____
 Взам. инв. № _____
 Инв. № инв. _____
 Подпись и дата: _____

Исполнитель: _____
 Проверено: _____
 Дата: _____

ТЭ 45-4-504-88

МЕТОДИКА

ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ НЕОСНОВНЫХ
НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ВЫСОКОСКОМ КРЕМНИИ МЕТОДОМ
СПАДА ФОТОПРОВОДИМОСТИ НА УСТАНОВКЕ ТАУ-101

Настоящая методика предназначена для измерения времени жизни неосновных носителей заряда в высококомном монокристаллическом кремнии на установках типа " ТАУ-101 ".

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ И НОРМЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ
ТОЧНОСТИ

Таблица 4

Наименование материала	Параметры материала			Температура измерения, К	Случайная погрешность измерений с $p=0,95$, %	Суммарная погрешность измерения с $p=0,95$, %
	Тип электропроводности	Удельное электрическое сопротивление, Ом.см	Время жизни н.н.э., мкс			
Кремний монокристаллический	p	$400 + 10^5$	200-2000 ^②	296 ± 5	20	30
	n					

2. СУЩНОСТЬ МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЙ

Контролируемый образец помещается в высокочастотное поле, создаваемое в ограниченной пространственной области специальным резонатором.

Поглощение образцом радиочастотной мощности, регистрируемое как потери нагруженного радиочастотного контура, связано с удельным электрическим сопротивлением (проводимостью).

В области локализации радиочастотного поля производится возбуждение неосновных носителей заряда путем освещения монокристалла импульсами света. Инжектированные светом н.н.э. релаксируют и сво-

му равновесному значению.

Регистрируемым сигналом является изменение во времени мощности потерь, связанное с релаксацией неравновесных носителей заряда.

В случае объемного возбуждения (обеспечивается выбором параметров светового импульса) и прямой пропорциональной связи между радиочастотными потерями и проводимостью полупроводникового материала (обеспечивается малостью уровня инжекции) измеряемое время жизни определяется как время, в течение которого сигнал фотопроводимости спадает от некоторого (принятого за начальное) значения в "е" раз. Настоящей методикой начальное значение сигнала выбрано на уровне $\sim 0,5$ максимального фотосигнала. Радиотехнический отсчет времени реализуется двумя компарирующими устройствами, одно из которых начинает отсчет времени при уменьшении напряжения до 816 мВ, а другое прекращает счет, когда напряжение достигает величины 300 мВ. Интервал времени от начала отсчета до его окончания, выраженный в мкс, индицируется на цифровом табло как время жизни н.н.з.

Поскольку время жизни н.н.з. в общем случае зависит от уровня инжекции, т.е. от отношения концентрации неравновесных неосновных носителей заряда к равновесной концентрации основных носителей заряда, то для обеспечения воспроизводимости результатов измерения нормируется интенсивность светового потока, возбуждающего н.н.з. В установке "ТАУ-101" система автоматического регулирования обеспечивает такой уровень освещения, при котором сигнал с детектора составляет 5 мВ и поддерживается постоянным независимо от удельного электрического сопротивления контролируемого материала и времени жизни н.н.з.

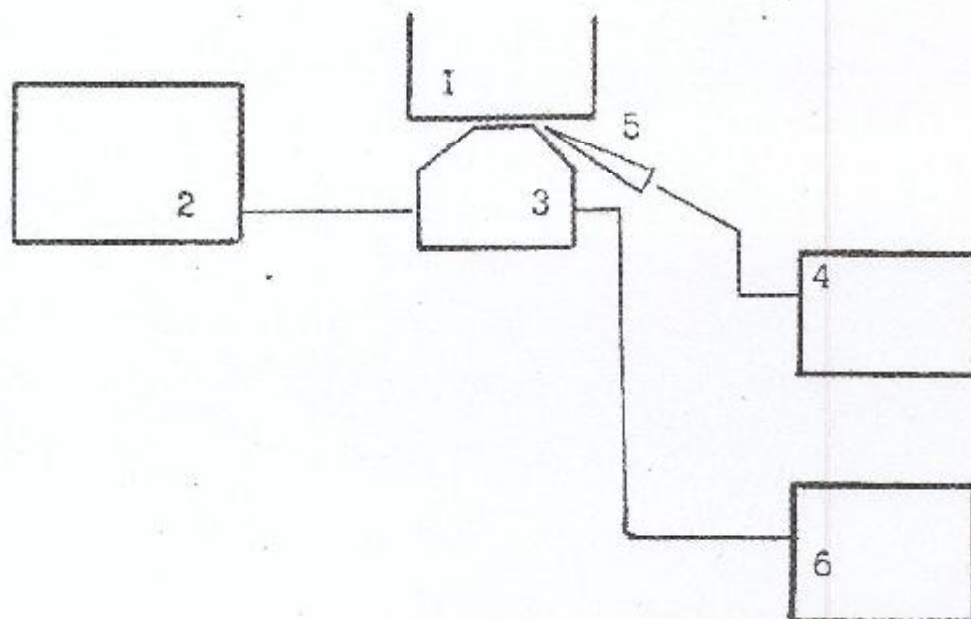
Уд. вес	Полный номер	Взам. инв. №	Ш. №	М. №	Д/бл.	Полный номер и дата

ТУ 46-4-504-88

Лист
18

3. ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ИЗМЕРЕНИЯ

3.1. Измерения выполняются на установке, структурная схема которой представлена на чертеже ("ТАУ - 101").



- 1 - контролируемый образец;
- 2 - радиочастотный генератор;
- 3 - измерительный резонатор;
- 4 - импульсный генератор;
- 5 - источник света;
- 6 - регистрирующий прибор.

3.2. Технические требования к элементам структурной схемы:

3.2.1. Радиочастотный генератор

Требования к техническим характеристикам радиочастотного генератора приведены в табл.5.

Таблица 5

Частота		Выходная мощность	
номинальное значение, Гц	допустимое отклонение, %	номинальное значение, Вт	допустимое отклонение, %
$1,3 \cdot 10^9$	± 10	$1 \cdot 10^{-1}$	± 10

3.2.2. Измерительный резонатор должен представлять из себя устройство, предназначенное для бесконтактного получения сигнала с объекта измерения.

Требования к техническим характеристикам измерительного резонатора приведены в табл. 6

Таблица 6

Резонансная частота		Добротность		Линейные размеры рабочего зазора
номинальное значение, Гц	допустимое отклонение, %	номинальное значение при 296 К	допустимое отклонение	номинальное значение, см
$1,3 \cdot 10^9$	± 10	$1 \cdot 10^3$	$0,5 \pm 10^3$	0,01 - 0,1

Примечания:

1. Резонатор должен обеспечивать удобство размещения объекта измерения, возможность расположения источников света в непосредственной близости от локальной области, в которой сосредоточено высокочастотное поле.
2. В состав резонатора включается детектор сигналов типа Д405, Д604

3.2.3. Импульсный генератор должен обеспечивать питание электрическими импульсами источника света.

Требования к техническим характеристикам импульсного генератора приведены в табл. 7

ТУ 46-4-504-88

20

Таблица 7

Длительность импульса		Длительность фронта нарастания и спада импульса, нс, не более	Диапазон электрического тока в импульсе, А	Скважность
номинальное значение, мкс	допустимое отклонение, %			
1100	± 20	800	0,1-1	1 : 10

П р и м е ч а н и е.

Генератор должен обеспечивать выдачу сигналов синхронизирующих работу регистрирующего прибора.

3.2.4. Источник света должен обеспечивать генерацию неравно-
весных носителей заряда в образце в области рабочего зазора резона-
тора.

Требования к техническим характеристикам источника света приве-
дены в табл.8

Таблица 8

Длина волны светового излучения, мкм	Длительность фронта нарастания и спада импульса, нс	
	номинальное значение	допустимое отклонение
1,06	± 0,02	800
0,96	± 0,02	800

П р и м е ч а н и е.

Допускается использование для освещения нескольких источников света одновременно при их соответствии требованиям табл.8 и синхронном возбуждении

3.2.5. Регистрирующий прибор должен обеспечивать получение ин-
формации, достаточной для автоматической обработки сигналов в соот-
ветствии с принятым алгоритмом. Регистрирующее устройство должно
включать в себя элементы, обеспечивающие контроль соблюдения усло-

ТУ 46-4-504-88

Лист
21

вий измерения в соответствии с требованиями раздела 6.3.

Устройство для автоматической обработки сигналов должно обеспечивать необходимое усиление измеряемых сигналов без их искажения, их цифровую обработку и индикацию результатов.

Аттестованное значение случайной составляющей погрешности установки не превышает 15 % с доверительной вероятностью $P=0,95$.

4. ОПЕРАЦИИ ПОДГОТОВКИ ОБРАЗЦОВ К ИЗМЕРЕНИЯМ

4.1. Измерения выполняют на плоских торцах монокристаллических слитков или на образцах в виде плоскопараллельных пластин, отрезанных от слитка.

4.1.1. Допускается проведение измерений по образующей слитка при условии, что обеспечивается достаточная амплитуда измеряемого сигнала.

4.1.2. Измерения времени жизни н.н.э. по образующей слитков при использовании для генерации неравновесных носителей заряда светодиодов с длиной волны 0,96 мкм рекомендуется проводить по дорожке шириной не менее 2 мм.

4.2. Требования к характеристикам контролируемых образцов приведены в табл.9

Таблица 9

Длина слитка, мм, не менее	Диаметр слитка, мм, не менее	Толщина пластины, мм, не менее
10	20	10

4.3. Поверхность образца (слитка или пластины) шлифуют порошком М-20 или абразивом зернистостью не крупнее 50 мкм.

5. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

5.1. Измерения проводят при комнатной температуре в помещении

лабораторного типа с условиями, соответствующими эксплуатационным данным на установку "ТАУ-101".

5.2. При измерении образцы затемняются.

6. ОПЕРАЦИИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

6.1. Установку для измерений подготавливают к работе в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

6.2. Слиток или шайбу размещают над измерительным резонатором.

6.2.1. Допускается наличие зазора между измеряемой областью и рабочей поверхностью измерительного резонатора.

6.3. Система автоматического регулирования обеспечивает такой уровень освещения, при котором максимальная амплитуда кривой спада фотопроводимости составляет не более 10% от уровня постоянного сигнала, определяемого удельным сопротивлением образца.

При несоблюдении указанного условия из-за недостаточного уровня сигнала горит индикатор "меньше", или попеременно загорается два индикатора "меньше" и "норма". В первом случае на табло считывания результатов индицируются нулевые показания, во втором - нестабильные цифровые выбросы чередуются с нулевой индикацией.

6.4. Значения времени жизни н.н.з. считываются с цифрового табло установки спустя ~ 10 сек после включения индикатора "норма" и установления стабильных цифровых показаний.

7. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ И ЧИСЛЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОЧНОСТИ

7.1. Результатами измерения времени жизни н.н.з. являются цифровые показания, которые считываются с табло прибора спустя ~10 сек после загорания индикатора "норма" и установления стабильных (в пределах 10 %) цифровых показаний.

7.2. Результаты измерения времени жизни н.н.з. выражают целым числом.

Имя, Фамилия	Подпись	Дата	Имя, Фамилия	Подпись	Дата

7.3. Интервал, в котором находится суммарная погрешность измерений с доверительной вероятностью $P=0,95$, приведен в табл.4

8. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ОПЕРАТОРА

8.1. Квалификация оператора в объеме, необходимом для выполнения измерений, должна соответствовать требованиям предъявляемым к измерителю электрических параметров полупроводниковых материалов четвертого и более высокого разряда действующего тарифно-квалификационного сборника.

9. ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

9.1. Устройство и техническая эксплуатация используемого электроизмерительного оборудования должны отвечать требованиям "Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей".
Примечание.

По условиям электробезопасности используемые электроустановки относятся к электроустановкам напряжением до 1000 В.

9.2. К проведению измерений допускаются лица, имеющие первую квалификационную группу по электробезопасности, прошедшие инструктаж по технике безопасности, ознакомившиеся с инструкциями по эксплуатации электроизмерительных установок.

В инструкции по эксплуатации должен отражаться характер производства, особенности оборудования, требования по технике безопасности, по пожарной безопасности.

Инструкции утверждаются руководством данного предприятия.

Приложение 3
Справочное

ПЕРЕЧЕНЬ НТД,
на которые даны ссылки в ТУ 48-4-504-88
"Кремний монокристаллический особоочистый"

Номер НТД	Наименование НТД
ГОСТ 427-75	Линейки измерительные металлические. Технические условия.
ГОСТ 5959-80	Ящики из листовых древесных материалов неразборные для грузов массой до 200 кг. Общие технические условия.
ГОСТ 10354-82	Пленка полиэтиленовая. Технические условия.
ГОСТ 14192-77	Маркировка грузов.
ГОСТ 19658-81	Кремний монокристаллический в слитках. Технические условия.
ГОСТ 21140-88	Тара. Система размеров.
ТУ 48-4-319-91Е	Кремний поликристаллический. Технические условия.
ГОСТ 24392-80	Кремний и германий монокристаллические. Измерение удельного электрического сопротив- ления четырехзондовым методом

КМЛ / МКзак.341-70.26.02.02г.КТВС

Имя, фамилия, Подпись и дата, Имя, Подпись и дата, Имя, Подпись и дата, Имя, Подпись и дата

3	Зем.	Уч. 3	Личн.
Имя, Фамилия	Подпись	Дата	

ТУ 48-4-504-88

ОМЛ 17.17221

Удд. 609.782-172:006.304

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

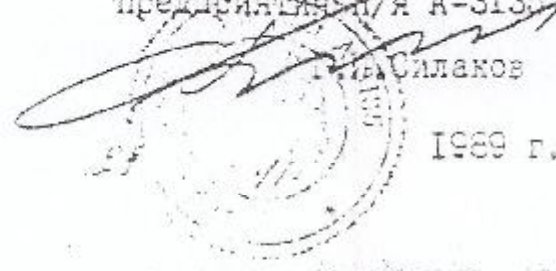
Заместитель руководителя
предприятия п/я В-2386

Заместитель руководителя
предприятия п/я А-3135

Губырин

И. Силаков

Согласовано телеграммой № 68
07 07 1989 г.



1989 г.

КРЕМНИЙ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ОСОБОЧИСТЫЙ

Технические условия

ТУ 48-4-604-88

*Изменение проведено
Реш 05.02.04*

ИЗМЕНЕНИЕ I

Дата введения с 01.01.90 г.

Заместитель директора
Гиредмета

Начальник технического отдела
предприятия п/я А-3135

Согласовано телеграммой
№ 1772 А. В. Елзтин

Семёнов
А. И. Семёнов

05 07 1989 г.

26.05-1989 г.

Руководитель органа
Государственной приёмки
на предприятии п/я А-3135

А. С. Шилкин

1989 г.



Удд. 609.782-172:006.304
203 54

Украинское Республиканское управление ГТ
Запорожский центр стандартизації
метрології
Зареєстровано 15. 12. 1989 г. по
книжці у ч. 1 № 089/1000-294/01

I. Раздел I Табл.2 в графе "Марка, на которую распространяется индекс требований" :

I.1. Для индекса "E5" ссылку на "КЭО(3-10)" заменить на "КЭО(3-20)".

I.2. Для индекса "E6" дополнить маркой "КЭО2".

2. Раздел 2 пункт 2.4. редакцию "наименование или шифр предприятия-изготовителя" заменить редакцией "наименование и товарный знак предприятия-изготовителя или товарный знак".

3. По тексту технических условий (кроме "Перечня НТД...") при ссылке на НТД убрать год издания документа (две последние цифры) путём зачёркивания. Пример : ГОСТ 26560-85.

*С.И.А., М.С.
(2-ух месяцев)*

4. В "Перечне НТД..." вместо "ГОСТ 21140-75" указать "ГОСТ 21140-86".

Свердлов

ОКЛ I7 722I

УДК 669.782- I72:006.354

Группа В 5I

УТВЕРЖДАЮ



Главный инженер
Запорожского титано-
магниевого комбината

Г. П. Шлаков

1991 г.

ВРЕМЯ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ОСОБЧАСТЫЙ

Технические условия

ТУ 48-4-504-88

ИЗМЕНЕНИЕ 2

Дата введения с 01.07.91 г.

Заместитель директора
Рижского НИИ радиоизо-
топного приборостроения
Л. М. Захаров

Начальник технического отдела
Запорожского титано-магниевого
комбината

А. И. Семенов

1991 г.

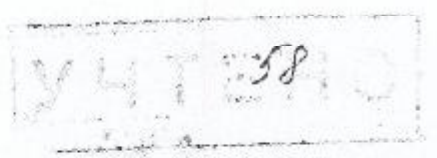
Согласовано телеграммой
№ 35/695
28 08 1990 г.

Заместитель руководителя
Московского завода "Салфир"
В. В. Ежов

*Изменения
проверено
Рив 05.02.04*

Согласовано телеграммой
№ 200
23 01 1991 г.

Заместитель директора
Предмета
А. В. Клотин



Согласовано телеграммой №467
21 03 1991 г.

Administrative routing table with fields for 'Составлено', 'Завершено', 'Согласовано', 'Дата', and 'Подпись'.

I. Вводная часть:

1.2 I.1. В первом абзаце после слов "особочистого" дополнить редакцией: "легированного бором или фосфором" далее по тексту.

I.2. Последний абзац ("Показатели технического уровня...") исключить.

1.3 2. Раздел I Пункт I.2. Изложить в новой редакции: "I.2. Исходным первичным сырьем для производства слитков кремния является поликристаллический кремний, полученный методом водородного восстановления хлорсиланов или термического разложения моносилана по технологической документации предприятия-изготовителя, утвержденной в установленном порядке."

1.3 3. Раздел I Пункт I.4. Ссылку "в табл.3" заменить на ссылку "в табл.1".

✓4. Листы 4,5 ТУ 48-4-504-88 аннулировать и заменить на листы 4,5,5а,5б,5в изменения 2.

✓5. Лист 6 Пункт 3 исключить.

✓6. Лист 7 Для индекса "I" в графе "Марка, на которую распространяется..." редакцию "Все марки" заменить на: "Все марки, кроме АЕС-I-I".

✓7. Лист 8 (таблица 3) аннулировать и заменить на лист 8 (продолжение табл.2) изменения 2.

1.9 8. Раздел 2 Пункт 2.2. дополнить редакцией: "радиального относительного отклонения у.э.с. от среднего значения по торцу монокристаллического слитка".

1.9 9. Раздел 2 Пункт 2.3 в той же строке после слова "кислорода" дополнить "углерода".

10. Раздел 4 Пункт 4.1.1

1.10 10.1. Изменить редакцией: "радиального относительного отклонения у.э.с. от среднего значения по торцу монокристаллического слитка":

"среднее значение у.э.с. на каждом торце монокристаллического слитка".

10.2. Девятую строку после слова "сопротивления" дополнить редакцией : "по образующей (длине) слитка".

11. Лист 10, тринадцатую строку сверху "штамп Госприёмки" исключить.

12. Раздел 3 Пункт 3.3.

12.1. После слова : "сопротивление" дополнить : "марок КБО-1, КБО-2, КБО-3, КБО-4, КБО-5, КБО-6, КБО-10, КБО-20" далее по тексту.

12.2. Присвоить формуле номер (1).

13. Лист II аннулировать и заменить на листы II, IIa, IIб, изменения 2.

1.13 14. Раздел 5 Пункт 5.1. исключить слова "и Государственной приёмкой".

15. Приложение I (листы 15, 16) аннулировать и заменить на Приложение I (листы 15, 16) изменения 2.

1.17 16. Приложение 2 Табл.4 в графе "Время жизни н.н.э., мкс" численные значения "200-2000" заменить на : "20-2000".

17. Перечень НТД

1.25 17.1. Исключить:

ТУ 48-4-319-86

Кремний поликристаллический"

ТУ 6-02-1332-86

Кремний поликристаллический
моносилановый

1.25 17.2. Дополнить:

ГОСТ 24392-80

Кремний и германий монокристаллические. Измерение удельного электрического сопротивления четырёхзондовым методом.

ОКР. 17 7221

УДК 669.782-172:006.354

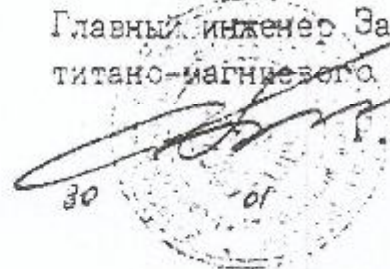
Группа В 51

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер Запорожского
титано-магниевого комбината

Р.И.Силаков

1992 г.



КРЕМНИЙ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ
ОСОБОЧИСТЫЙ

Технические условия

ТУ 48-4-504-88

*Изменения проверено
06.02.04*

Изменение 3

Дата введения с 01.03.92 г.

Зам.руководителя
Завода "Сапфир"

Алехин

Согласовано телеграммой
№ 2461

24 10 1991 г.

Зам.директора Гиредмета

Евсеев

Согласовано телеграммой
№ 1648

11 12 1991 г.

Начальник технического
отдела ЗТМК

А.И.Семенов

1992 г.

29 01

УЧТЕНО
ЖК358

Государственный комитет СССР по стандартизации
Украинское Республиканское управление Государственного центра стандартизации и метрологии
Зарегистрировано 24.02.92 г.
Книга учета № 039/000891/03

1. Раздел 3 пункт 3.3. первый абзац.

4.10 Ссылку на "... в обязательном Приложении 2 к ГОСТ 26550-85" заменить на "... в обязательном приложении 2 к ТУ 48-4-319".

2. Справочное Приложение 3 "Перечень НТД..." (лист 25) аннулировать и заменить Приложением 3 изменения 3 (лист 25).

ОКП 17 7221

УДК 669.782-172:006.354

Группа В 51

УТВЕРЖДАЮ

Технический директор
Запорожского титано-
магниевого комбината

[Signature]
П. И. Силаков

21 10 1993 г.

КРЕМНИЙ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ОСОБОЧИСТЫЙ
Технические условия
ТУ 48-4-504-88

ИЗМЕНЕНИЕ 4

Изменение проведено

24.06.04

Главный инженер
Завода чистых металлов
Комлач
Согласовано телеграммой
№282779/67/1185

15 06 1993 г.

Начальник технического
управления Запорожско-
го титано-магниевого
комбината

[Signature]
А. И. Семенов

24.09.1993 г.

УТВЕРЖДЕНО
25.08

12 11.08
СССР

- Т.Д. 1. Снять ограничение срока действия ТУ 48-4-504-88.
2. Раздел 4, пункт 4.4. заменить редакцию: "Осторожно, хрупкое", "Верх, не кантовать", "Бойтся сырости" на "Хрупкое - осторожно", "Верх", "Веречь от влаги".