

с 345e4

B-19

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

Изв. техн., 1968  
№, с 28-31

18/v

2635



Д. П. Василевская

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК  
РЯДА ТИПОВ ДАТЧИКОВ ЭДС ХОЛЛА

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1966

2635

Д. П. Василевская

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК  
РЯДА ТИПОВ ДАТЧИКОВ ЭДС ХОЛЛА

Направлено в ПТЭ

4189 /, 49.

При выборе датчиков Холла для измерения магнитных полей к материалу датчика предъявляют ряд требований<sup>/1/</sup>, как-то:

а) постоянная Холла  $R_x$  должна быть достаточно велика

$$R_x = \frac{3\mu}{8} u ,$$

где  $u$  - подвижность электронов.

б)  $R_x$  и  $\rho$  должны слабо зависеть от температуры.

Со дня открытия Холлом эффекта, названного его именем, прошло несколько десятков лет, однако техническое применение его стало возможным с открытием и исследованием полупроводниковых веществ, имеющих большую подвижность носителей тока, большую холловскую постоянную.

В таблице 1 приведены величины холловских коэффициентов, подвижности электронов, удельного сопротивления и холловского коэффициента полезного действия для металлов и полупроводников<sup>/2/</sup>. Из таблицы видно преимущество датчиков из  $\text{In Sb}$ , однако,  $R_x$  у них сильно зависит от температуры.

В диапазоне комнатных температур,  $25 \pm 10^\circ\text{C}$ , температурная ошибка  $\text{In Sb}$  раз в 60 больше, чем у  $\text{In As}$ , как можно видеть из графика 1, кроме того, современные датчики из  $\text{In Sb}$  имеют нестабильную характеристику во времени. В связи с этим мы их вообще не исследовали.

В течение ряда лет в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований проводится исследование характеристик датчиков Холла из  $\text{Ge}$ ,  $\text{In As}$ ,  $\text{In PAs}$ ,  $\text{Si}$ .

На графике 2 изображены градуировочные кривые для рассмотренных материалов.

$$E_x = f(H),$$

где 1, 2, 3, 4, 5 - датчики из  $\text{In As}$ , 6, 7, 8, 9 - датчики из  $\text{In PAs}$ , опытные образцы, 10, 11 - датчики из  $\text{Ge}$  "n" типа, 12 - датчики из  $\text{Si}$ , опытные образцы со специальным составом примесей.

В дальнейшем во всех таблицах и графиках нумерация датчиков будет сохранена.

В таблице 2 и на графике 3 приведены размеры датчиков и чувствительность разных образцов в  $\frac{мкВ}{Аэ}$ , в функции от напряженности магнитного поля  $\gamma = f(H)$ .

Магнитное поле в измеряемой точке стабилизировалось и измерялось посредством ядерного стабилизатора и измерителя магнитного поля с точностью  $\pm 0,01\%^{1/3}$ .

Ток возбуждения датчиков Холла поддерживался постоянным с точностью  $1 \cdot 10^{-5}$ . Отсчет ЭДС Холла производился по потенциометру Р307. Исследуемые кристаллы (датчики) помещались в термостатированный корпус, внутри которого температура поддерживалась с точностью  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ . Как видно из кривых  $\gamma = f(H)$ , с ростом поля растет чувствительность датчиков из  $\text{In P As}$ ,  $\text{In As}$ , а для  $\text{Ge}$  и  $\text{Si}$ , наоборот, чувствительность с ростом магнитного поля падает. Точность измерений  $\pm 0,04\%$ . Рассматриваемые датчики достаточно линейны. В таблице 3 приведены характеристики линейности датчиков в диапазоне полей:

0 - 1 тл

0 - 1,9 тл.

Очень важной характеристикой датчика Холла является температурная характеристика, которая существенно влияет на величину ошибки при измерении магнитных полей с помощью этих датчиков. С изменением температуры изменяется сопротивление кристалла в связи с изменением концентрации носителей тока.

В районе комнатных температур  $25 \pm 10^\circ\text{C}$  для рассматриваемых датчиков построены графики (рис. 4) зависимости  $\Delta E_x$  в процентах на  $1^\circ\text{C}$  в функции от магнитного поля в диапазоне 0,16 тл  $\pm$  1,9 тл.

Наименьшую температурную ошибку имеют датчики из  $\text{In P As}$  и  $\text{In As}$  (датчики 1,2). Малую температурную ошибку имеет и датчик 3 из  $\text{In As}$ . Температурные характеристики остальных датчиков значительно уступают описанным выше (таблица 4).

Кривые температурных характеристик были сняты с точностью  $\pm 0,02\%$ . Оценка точности производилась с учетом ошибки измерения ядерным прибором, прибором Р-307, стабильности тока возбуждения исследуемого датчика, температурной погрешности. При этом не учитывалась погрешность установки датчика, так как при снятии кривой, характеризующей температурную погрешность, датчик устанавливался 1 раз.

При выборе датчиков Холла и при эксплуатации их очень важна характеристика старения датчиков.

В ОИЯИ, в отделе новых ускорителей Лаборатории ядерных проблем с 1962 г. работают приборы с датчиками Холла с помощью которых измеряли постоянные однородные магнитные поля и магнитные поля с градиентами до  $32 \cdot 10^6$  а/м<sup>2</sup>.

Как видно из периодических проверок градуировочных кривых, стабильность во времени этих датчиков оказалась неодинаковой.

В таблице 5 приводится старение датчиков Холла или, точнее, отклонение в процентах от первоначальной градуировки датчиков из  $\text{In P As}$  и  $\text{In As}$ . Точность начальной градуировки  $\pm 0,1\%$ .

Наилучшими датчиками из рассмотренных нами являются, несомненно, датчики из  $\text{In P As}$  и датчики 1,2 из  $\text{In As}$ .

Благодарю Э.К. Батманову и М.С. Крылову за помощь при проведении измерений; Ю.Н. Денисова за постоянное внимание к работе и обсуждение результатов.

#### Л и т е р а т у р а

1. В.Н. Богомолов. Устройства с датчиками Холла и датчиками магнитосопротивления М-Л, 1961 г.
2. Interne Technische Mitteilungen aus dem R.F.Z, Berlin, Dezember, 1962, Heft 12.  
F. Kohout. Der Hallgenerator und seine technische Anwendung.
3. Л.В. Васильев, Ю.Н. Денисов и др. Универсальный ядерный стабилизатор магнитного поля с плавной перестройкой стабилизируемой величины поля. Препринт ОИЯИ, 2459, Дубна, 1965.

Рукопись поступила в издательский отдел  
25 марта 1966 г.

Таблица 1

Материал	Холловский коэффициент $R_H$ см <sup>3</sup> /кулон	Подвижность электронов $\mu$ см <sup>2</sup> /в.сек	Удельное сопротивление $\rho$ Ом.см	Холловский коэфф. полезного действия, в %
Серебро	$9 \cdot 10^{-5}$	56	$1,6 \cdot 10^{-6}$	0
М е д ь	$5 \cdot 10^{-5}$	27	$1,7 \cdot 10^{-6}$	0
Золото	$7 \cdot 10^{-5}$	32	$2,2 \cdot 10^{-6}$	0
Висмут	$5 \cdot 10^{-1}$	$50 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	0,1
Антимонид индия	$4,7 \cdot 10^2$	$65 \cdot 10^3$	$7 \cdot 10^{-3}$	16
Арсенид индия	$1 \cdot 10^2$	$30 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	7
Германий	$1 \cdot 10^5$	$40 \cdot 10^2$	46	0,1
Кремний	$1 \cdot 10^8$	$14 \cdot 10^2$	$63,6 \cdot 10^3$	0,1

Таблица 2

Чувствительность датчиков  $\gamma$  в МЕР.а

Нт.э.	Д а т ч и к и														
	№ I	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10	№ 11	№ 11а	№ 11б	№ 11в	№ 12
1,6	86,0	53,2	43,2	92,4	174,2	97,6	94,0	83,6	83,5	1009	467	650,8	364	530	13,6
2,0	86,4	53,2	43,6	91,0	174,4	97,6	94,5	83,6	83,6	995,7	467	650,8	365	530	13,6
3,0	87,6	54,0	44,6	90,7	175,7	98,0	95,0	84,0	83,9	974,9	466	650,8	368	536	13,6
4,0	88,4	54,8	45,7	92,3	177,7	98,6	96,0	84,2	84,2	959,2	461	650,8	368	531	13,5
5,0	89,4	55,6	46,8	94,1	179,3	99,0	97,0	84,8	84,7	944,6	453	650,8	366	530	13,5
6,0	90,0	55,8	47,9	96,0	180,9	99,6	98,0	85,2	84,1	931,0	448	650,8	363	530	13,5
7,0	90,8	56,0	48,8	97,8	182,4	100,0	99,2	85,6	84,6	917,2	443	647,6	360	528	13,4
8,0	91,4	56,4	49,4	99,4	183,1	100,4	100,4	85,6	85,3	904,0	438	647,6	356	528	13,4
9,0	92,0	56,8	50,0	100,7	184,3	101,0	101,2	86,0	85,9	892,0	435	646,0	353	526	13,4
10,0	92,4	57,2	50,6	102,0	185,3	101,8	102,4	86,6	86,6	880,6	430	644,4	350	524	13,2
11,0	93,0	57,8	51,2	102,9	186,0	102,4	103,4	87,2	87,2	869,2	428	644,4	347	523	13,2
12,0	93,6	58,0	51,8	103,8	186,7	103,0	104,4	87,6	87,8	858,5	425	642,9	343	520	13,2
13,0	94,0	58,4	52,3	104,6	187,3	103,6	105,2	88,0	88,3	849,1	424	641,3	340	518	13,0
14,0	94,4	58,4	52,7	105,2	187,8	104,0	106,0	88,4	88,6	839,9	420	641,3	338	515	12,8
15,0	94,8	58,6	53,0	105,8	188,2	104,4	106,8	89,0	89,2	831,3	416	639,7	336	513	12,8
16,0	94,8	58,8	53,4	106,2	188,5	104,4	107,6	89,6	89,5	822,2	413	638,1	335	512	12,6
17,0	95,4	59,2	53,7	106,6	188,7	104,4	108,0	90,0	89,9	814,6	409	637,0	334	512	12,6
18,0	95,6	59,4	54,0	106,9	188,8	104,4	108,8	90,4	90,3	807,4	405	637,0	332	511	12,6
19,0	96,0	59,6	54,2	107,0	189,0	104,4	109,2	90,6	90,7	800,0	403	634,9	332	511	12,6
Размер датчика	4x2x02	4x2x02		5x3x02	5x3x02	2x1,3x0,5	1,8x1,2x0,15	2x1,7x0,15	6,5x2,5x0,16	8x5x02	1,6x1,2x0,7	2,8x2x0,7	2x1,5x0,7	5x3x02	2,5x1x02

## Характеристики линейности датчиков

Материал	Датчик	Размер датчика в мм	Нелинейность в % при		Примечание
			H=0+ I,9 тл	H=0+ I тл	
In As	1	4 x 2 x 0,2	+3,68	+1,94	от 0,6 тл- I,9 тл
	2	4 x 1 x 0,2	+4,5	+2,19	
	3		+7,35	+3,49	
	4	5 x 3 x 0,2	+0,85	+3,75	
	5	5 x 3 x 0,2	+1,6	+1,9	
In P As	6	2 x 1,3 x 0,15	+2,82	+1,62	от 0,55 тл- I,9 тл
	7	1,8 x 1,2 x 0,15	+4,62	+2,31	
	8	2 x 1,7 x 0,15	+5,45	+2,55	
	9	6,5 x 2,5 x 0,16	+1,85	+0,44	
Ge	I0 II	8 x 5 x 0,2	+6,0 +4,5	+4,0 +10,5	
Si	I2	2,5 x 1,0 x 0,2	0	0	
In As In P As	Siemens	Разные ТИПЫ	+1% +1%+ +2%		

Таблица 4

Температурная ошибка в % на 1°C (He)	Датчик	Материал
0,06	I,2	In As
0,17	4,5	
0,09	3	
0,05	Siemens	
0,04 0,02	6,7,8,9 Siemens	In P As
0,09 0,65	I0 II	Ge
0,40	I2	Si

Таблица 5

Таблица ухода градуировочной кривой в % по огнению к первоначальной градуировке

Датчик №	Материал	Время градуир. датчика	Проверка градуировки датчика							
			Число	январь 63г.	июнь 63г.	апрель 64г.	август 64г.	февраль 65г.	ноябрь 65г.	
6	ИР/М	окт. 62 г.	Максим. ошибка	+0,14	+0,2	+0,9 -0,3	-0,3	-0,2	+0,5	
7	"	январь 63г.	"	-	-0,28	+0,52	+0,61	-	-	
8	"	"	"	-	+0,53	+0,56	+1,19	-1,19	+0,94	
I	ИЛ/А	Октябрь 64г.	"	-	-	-	-	-0,34 +0,07	-1,3	
2	"	Октябрь 64 г.	"	-	-	-	-	-0,16 +0,07	-0,72	

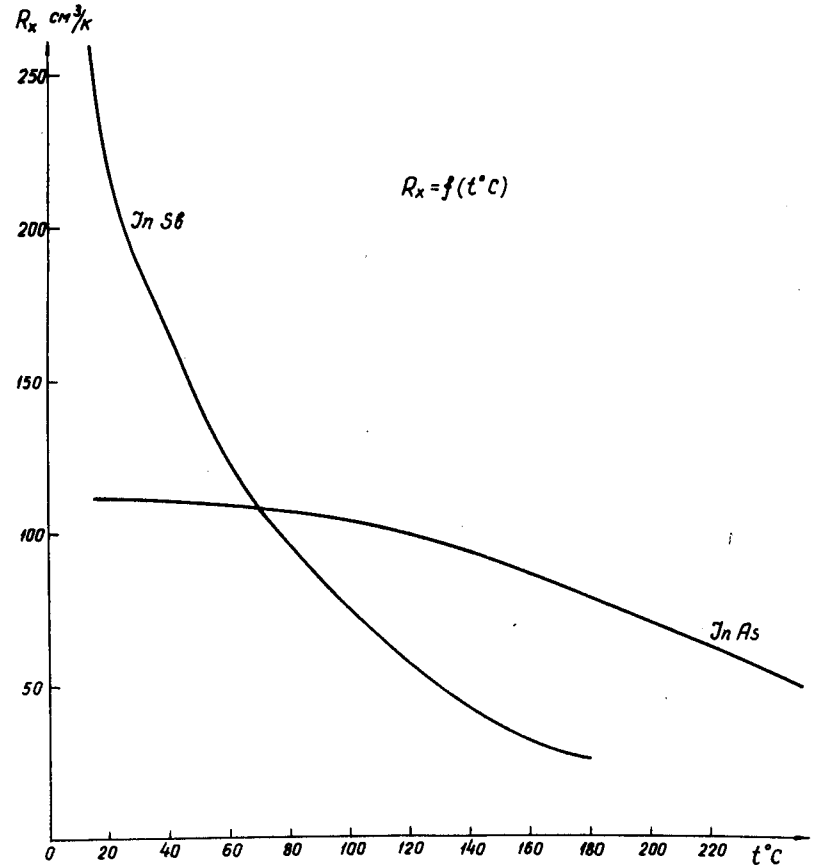


Рис. 1.

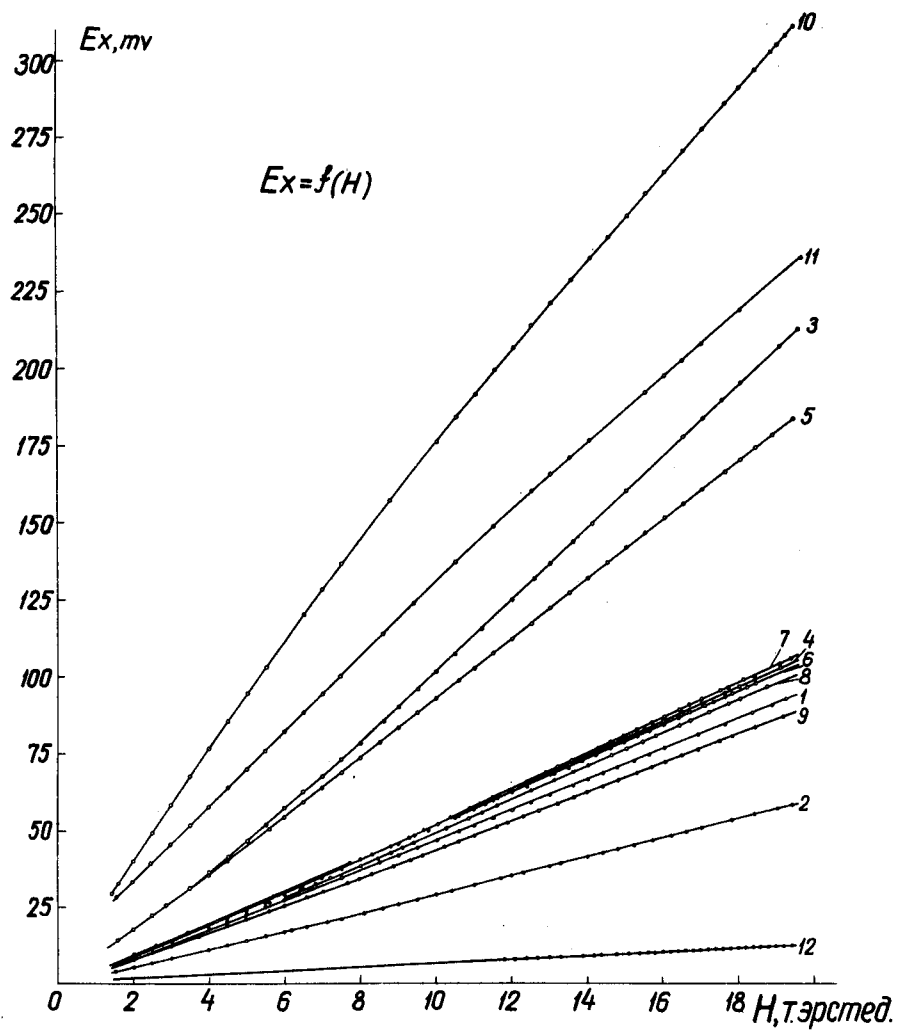


Рис. 2.

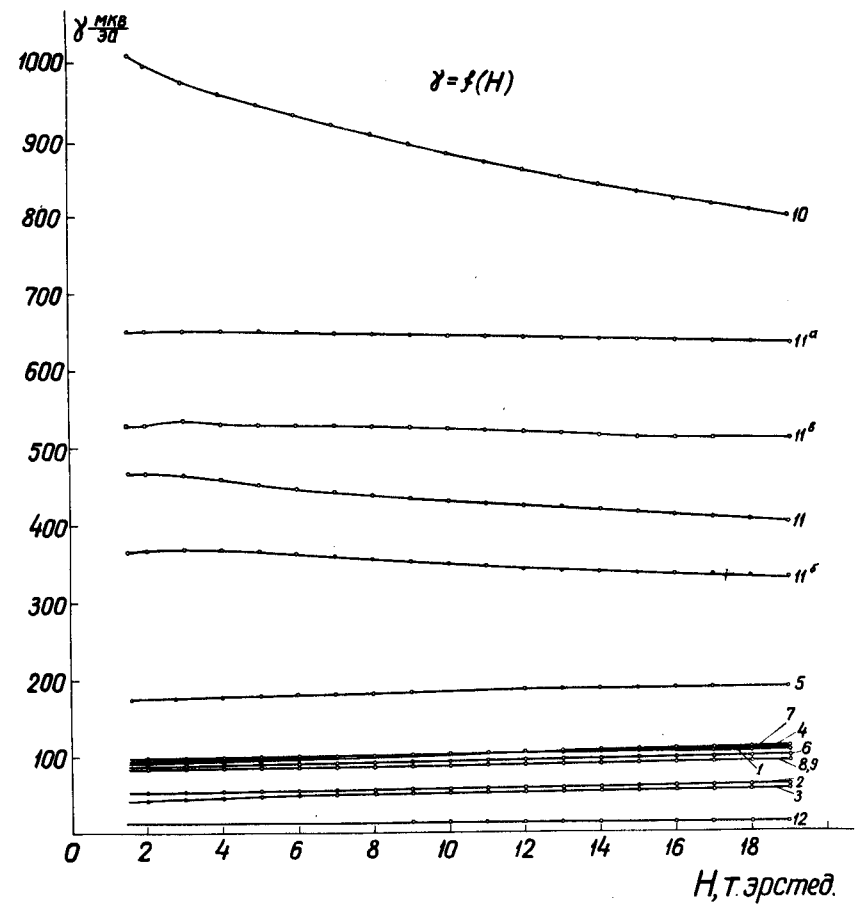


Рис. 3.



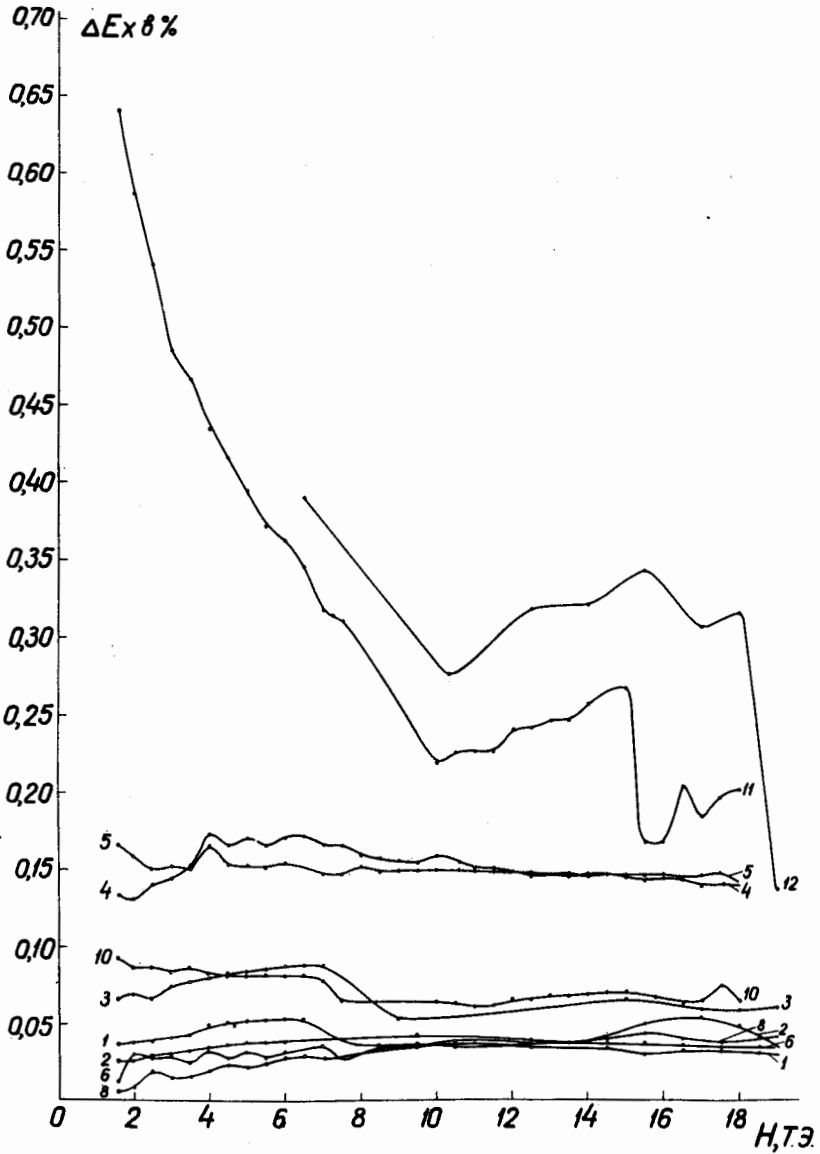


Рис. 4.