

проводилась на ЭВМ «Мир-1». Мёссбауэровские спектры неупорядоченного сплава представляют собой одиночную линию с шириной, близкой к естественной, а спектры α -фазы и упорядоченной γ -фазы — хорошо разрешенные зеемановские шестерки. Найденная величина эффективного магнитного поля на ядрах Fe^{57} в образце № 6 совпадает с данными работы [4], а его отрицательный знак был определен из мёссбауэровских измерений образцов № 6 во внешнем магнитном поле. Сверхтонкое поле на ядрах Fe^{57} в α -фазе больше, чем в упорядоченной γ -фазе, и в пределах ошибок измерений не зависит от температуры. Разная величина изомерного сдвига в упорядоченной и неупорядоченной γ -фазе указывает на изменение конфигурации $3d4s$ электронных оболочек атома Fe при упорядочении сплава Fe_3Pt .

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин Р. Н. «Журн. неорганической химии», 7, 407, 1962.
2. Berkowitz A. E., Donahoe F. J. et al. «Acta metallurg.», 5, 1, 1973.
3. Dunne D. P., Wavman C. M. «Met. Trans.», 4, 137, 1973; Kawiwara S., Owen W. S. «Met. Trans.», 5, 2047, 1974.
4. Shiga M., Miyoshi A., Nakamura Y. «Phys. Status Solidi (b)», 49, 2, K195, 1972.

Поступила в редакцию
5.5 1975 г.

Кафедра
физики твердого тела

УДК 535.5

В. А. ДИАНОВА, В. Н. ПАРЫГИН, А. САВЕНКО

СУПЕРГЕТЕРОДИННЫЙ ПРИЕМ СВЧ МОДУЛИРОВАННОГО ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Для приема СВЧ модулированного светового излучения с помощью фотоэлектронного умножителя может быть применен гетеродинный принцип. В такой системе стандартный ФЭУ, обладающий высокой чувствительностью к свету, используется в

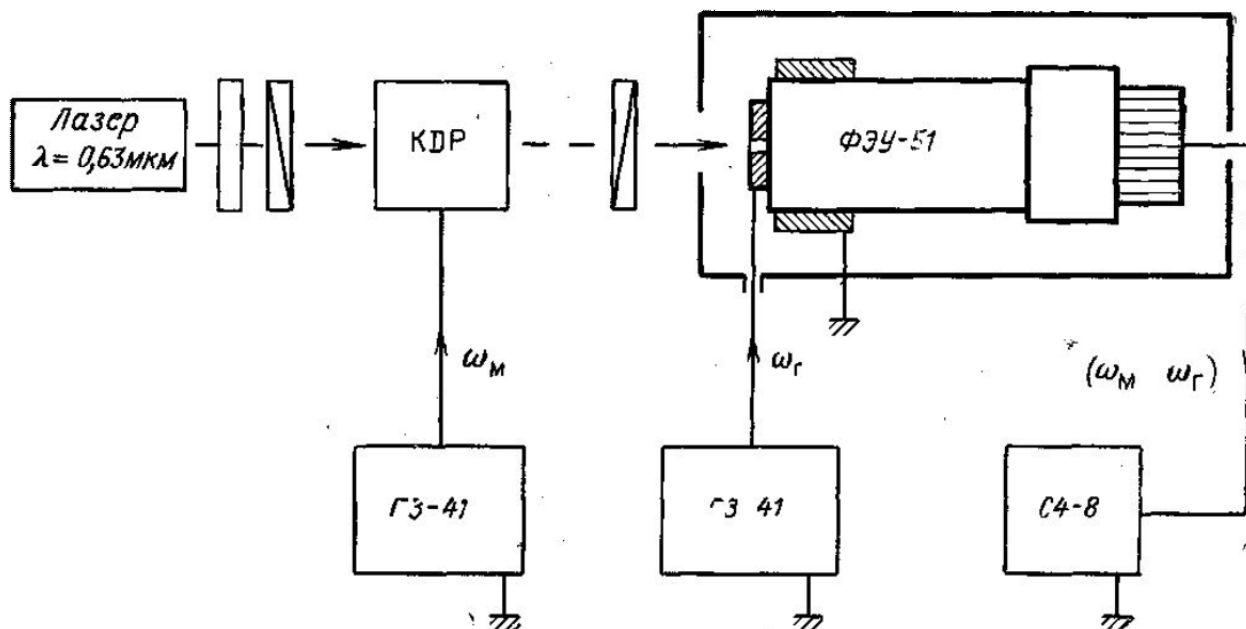


Рис. 1

качестве преобразователя частоты [1]. Супергетеродинный метод приема амплитудно-модулированного света основан на модуляции чувствительности ФЭУ и возникновении сигнала разностной частоты, который усиливается в диодной системе. Для этого во входную камеру ФЭУ подается сигнал гетеродина с частотой, близкой к частоте модуляции. Такой метод приема значительно расширяет частотные пределы использования стандартного ФЭУ.

В работе [2] теоретически и экспериментально изучалась чувствительность такой системы. Для этого исследовалась зависимость постоянной составляющей тока и первого гармонического компонента на выходе ФЭУ от амплитуды сигнала гетеродина для случая немодулированного светового потока.

В данной работе проводится теоретическое и экспериментальное изучение зависимости амплитуды полезного сигнала разностной частоты и постоянной составляющей тока на выходе ФЭУ от величины сигнала гетеродина для случая, когда световой поток модулирован по интенсивности.

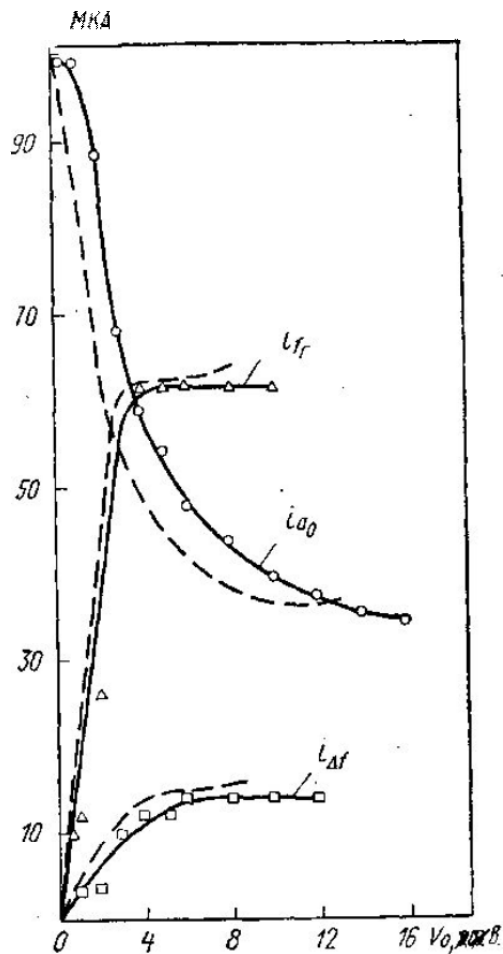


Рис. 2

Если на ФЭУ падает световой поток, модулированный по частоте ω_m , а модуляция чувствительности осуществляется на частоте ω_r , то в соответствии с результатами [2] выражение для компонента разностной частоты имеет следующий вид:

$$i_{\Delta\omega} = \frac{S_1 m}{\pi} \left[(V_1 - V_2) \sin \theta_1 + \frac{\pi V_0}{2} \left(1 - \frac{\theta_1}{\pi} \right) - V_0 \cos \theta \sin \theta_1 - \frac{V_0}{4} \sin 2\theta_1 \right], \quad (1)$$

где $\Delta\omega = \omega_m - \omega_r$, m — коэффициент модуляции света по интенсивности, V_0 — амплитуда сигнала гетеродина, S_1 — крутизна анодно-сеточной характеристики, θ_1 — угол отсечки по анодному току, определяемый соотношением [2]

$$\cos \theta_1 = \frac{(V_1 - V_2) - V_0 \cos \theta}{V_0} \quad \text{при } V_0 > (V_1 - V_2), \quad V_0 < (V_1 - V_2).$$

Здесь θ — угол отсечки по сеточному току.

Выражение (1) позволяет рассчитать амплитуду компонента разностной частоты в зависимости от напряжения гетеродина V_0 .

Было проведено экспериментальное изучение зависимости компонента разностной частоты ($f_m - f_r$) и постоянной составляющей тока от напряжения сигнала гетеродина в диапазоне частот $f_r = 1 \div 30$ МГц и $(f_m - f_r) = 0,3 \div 5$ МГц. Принципиальная схема звучаемой системы изображена на рис. 1. В качестве источника монохроматического света был использован He-Ne-лазер с длиной волны $\lambda = 6328$ А. Плоскополяризованный свет проходил через модулятор, работающий на основе поперечного электроопти-

ческого эффекта в кристалле KDP [3]. При напряжении на кристалле $U_M=100$ В осуществлялась модуляция светового потока по интенсивности с глубиной $m \approx 40\%$. В качестве приемной системы был применен ФЭУ-51. Напряжение гетеродина подавалось на специальную систему внешних электродов; один в форме кольца охватывал входную камеру ФЭУ, второй — плоский с отверстием для света прижимался к торцу ФЭУ. Такая система электродов позволяет существенно снизить необходимые напряжения по сравнению со случаем подачи сигнала гетеродина на первый диод. Сигнал с нагрузки ФЭУ частоты $(f_M - f_H)$ подавался на анализатор спектра типа С4-8.

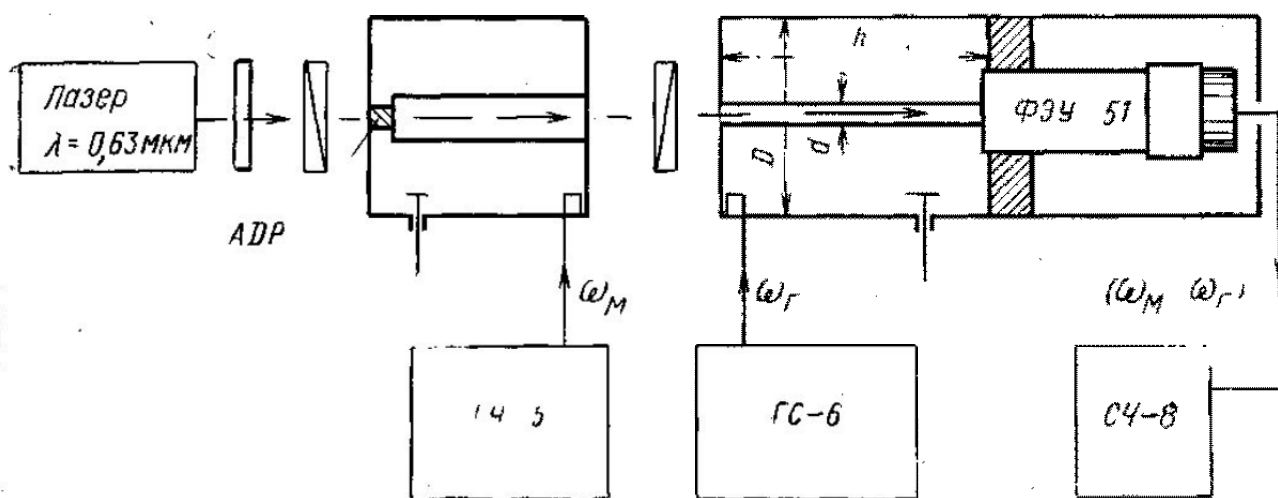


Рис. 3

Изучалась зависимость величины полезного сигнала частоты $(f_M - f_H)$ от амплитуды сигнала гетеродина. Результаты эксперимента представлены на рис. 2. Сигнал разностной частоты быстро увеличивается при изменении напряжения гетеродина от 0 до 4 В. Дальнейшее увеличение напряжения гетеродина приводит к незначительному увеличению полезного сигнала. На рис. 2 даны также зависимости первого гармонического компонента частоты f_H и постоянной составляющей тока от напряжения гетеродина, полученные экспериментально. В соответствии с результатами работы [2] зависимость i_{a0} от V_0 позволяет определить параметры S_1 , $(V_1 - V_2)$ и $\cos \theta$. На рис. 2 пунктиром изображены теоретические зависимости компонента разностной частоты $(f_M - f_H)$, первого гармонического компонента частоты f_H и постоянной составляющей анодного тока i_{a0} для значений $S_1 = 15,2$ мкА/В, $V_1 - V_2 = 6,5$ В, $\cos \theta = 0,78$. Как видно, экспериментальные результаты находятся в хорошем соответствии с расчетными.

Наибольший практический интерес представляет применение гетеродинного метода приема оптического излучения, модулированного колебаниями СВЧ диапазона. Такое исследование было проведено при частоте модуляции света $f_M = 660$ МГц. В качестве модулятора использовался кристалл ADP, который помещался в емкостной зазор тороидального резонатора [4] (рис. 3). Поток модулированного светового излучения падал на фотокатод ФЭУ-51. Фотоэлектронный умножитель помещался в емкостную часть резонатора, аналогичную резонатору модулятора. Собственная частота резонатора могла быть изменена от 500 до 700 МГц за счет изменения его размеров. Геометрия резонатора была следующей: диаметр внешнего электрода $D = 70$ мм, диаметр внутреннего электрода $d = 18 \div 5$ мм, высота резонатора $h = 110$ мм. Величина емкостного зазора резонатора, в котором помещался ФЭУ, равнялась 1,5 мм. В качестве гетеродина использовался генератор ГС-6, работающий в непрерывном режиме на частоте 661 МГц. Сигнал разностной частоты ($\Delta f = 1$ МГц) с нагрузки ФЭУ подавался в анализатор спектра С4-8.

Если ФЭУ поместить в резонаторе, то добротность резонатора резко понижается в основном из-за сопротивления фотокатода [5]. Диаметр фотокатода ФЭУ-51 равен 25 мм.

С целью уменьшения потерь, вносимых в резонатор ФЭУ, диаметр центрального электрода изменялся от 18 до 5 мм.

Результаты измерений приведены в таблице.

	d	18 мм	5 мм	без ФЭУ
ФЭУ-51	Q_n	70	200 ÷ 220	400

В эксперименте был использован центральный электрод с диаметром 5 мм.

Экспериментально изучалась зависимость амплитуды полезного сигнала разностной частоты ($f_m - f_c$) и постоянной составляющей тока на выходе ФЭУ от мощности гетеродина P_T . Результаты эксперимента представлены на рис. 4. Видно, что характер зависимости постоянной составляющей i_{a0} от P_T совпадает с зависимостью i_{a0} от V_0 изображенной на рис. 2. Вид кривых (ср. рис. 2 и рис. 4) свидетельствует об одинаковом характере модуляции чувствительности ФЭУ как в диапазоне 10^6 – 10^7 Гц, так и в диапазоне СВЧ частот. Как видно из рис. 4, сигнал разностной

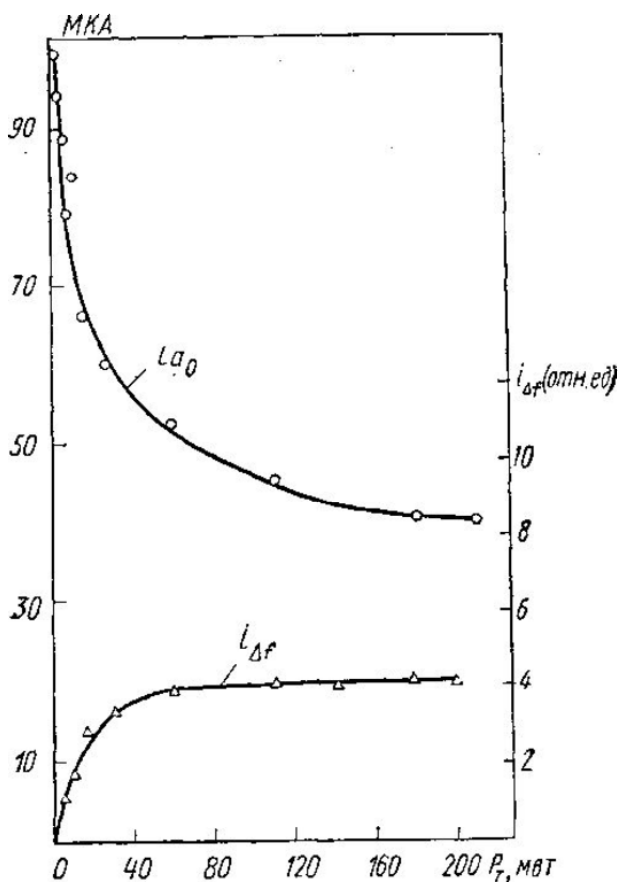


Рис. 4

частоты линейно возрастает до $P_T \approx 40$ мВт. Дальнейшее увеличение мощности приводит к насыщению.

Таким образом, при использовании стандартных фотоэлектронных умножителей ФЭУ-51 могут быть созданы высокочувствительные приемники СВЧ модулированного оптического излучения, работающие на супергетеродинном принципе. Мощность гетеродина, необходимая для нормальной работы приемника, составляет несколько десятков мВт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Залесский И. Е. и др. «Приборы и техника эксперимента», № 2, 164, 1967.
2. Дианова В. А. и др. «Вестник Моск. ун-та» физ., астроф., 17, № 1, 1976.
3. Мустель Е. Р., Парыгин В. Н. Методы модуляции и сканирования света. М., 1970.
4. Дианова В. А., Мустель Е. Р., Парыгин В. Н. «Радиотехника и электроника», 10, № 4, 770, 1965.
5. Гулгазарян К. А. «Приборы и техника эксперимента», № 5, 161, 1970.

Поступила в редакцию
12.9 1975 г.

Кафедра
физики колебаний