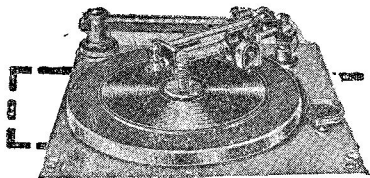


Современные способы звукозаписи



В. Г. ЛУКАЧЕР

ПРИНЦИП ЗАПИСИ ЗВУКА

В настоящее время получили распространение следующие основные способы записи и воспроизведения звука:

- 1) механический,
- 2) оптический,
- 3) магнитный.

Эти основные способы разбиваются на группы, приведенные в графике рис. 1.

Кроме них существуют еще синтезированные способы, при которых запись и воспроизведение звука производится неодинаковыми методами, например запись — механическим, а воспроизведение — оптическим методом.

При любом из этих способов звукозаписи скелетная схема всего устройства представляется в следующем виде (рис. 2).

Микрофон воспринимает звуковые колебания и преобразует их в электрические. Затем эти колебания подводятся к усилителю, откуда они, усиленные в нужной степени по напряжению и по мощности, поступают в звукозаписывающий механизм и приводят его в действие.

Нужно заметить, что при электрической записи звука территориальное совмещение всех элементов

схемы рис. 2 совершенно необязательно, а в некоторых случаях и нежелательно. Это создает определенные преимущества, заключающиеся в том, что каждый из элементов схемы может быть поставлен в наилучшие для него условия работы. Микрофон находится в специальной студии, усилитель — в аппаратной, а устройство звукозаписи — в цехе записи. В любительской практике, при записи из эфира, отдельные звенья могут находиться на расстоянии сотен и даже тысяч километров.

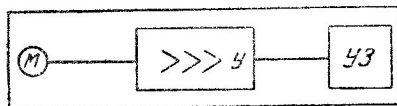


Рис. 2. Скелетная схема электрической записи звука: М—микрофон, У—усилитель, УЗ—звукозаписывающее устройство

В настоящей статье мы коснемся только самих устройств записи звука.

Прежде чем перейти к разбору принципа действия различных устройств для записи звука, скажем несколько слов о воспроизведении и о самом принципе записи звука.

Скелетная схема электрического воспроизведения записи звука показана на рис. 3.

Звукосниматель предназначается для создания электрических колебаний, которые после соответственного усиления воспроизводятся громкоговорителем.

В плане настоящей статьи мы из всей схемы рис. 3 будем рассматривать лишь устройства для снятия звука, опуская пока все прочие звенья.

Таким образом общая задача нами сведена к вопросу фиксации на каком-либо материале электрических колебаний с тем, чтобы в любой момент они могли быть воспроизведены.

Полное устройство звукозаписи содержит два механизма с различными функциями. Один записывающий — рекордер и другой воспроизводящий — звукосниматель (адаптер).

Необходимым условием тождества записи с воспроизведением является точная синхронность движения материала, на котором записан звук, в процессе записи и в процессе воспроизведения. Всякое нарушение этой синхронности неизбежно приводит к искажениям.

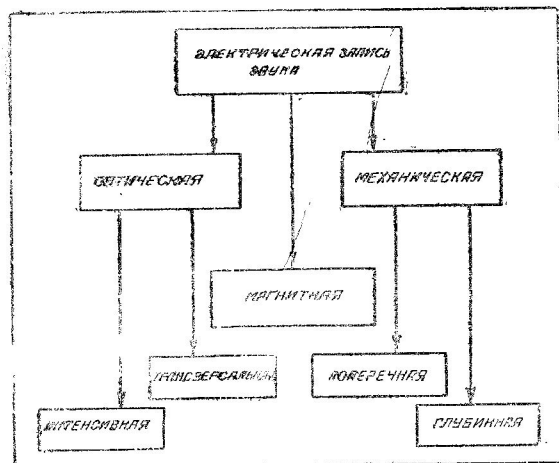


Рис. 1. Разновидности электрической записи звука

Механическая запись обычно производится на валике или пластинках. Для получения особо длинной непрерывной записи, а также по разным другим соображениям запись фонограмм иногда производят на тонкой гибкой ленте.

При оптической записи фонограмма наносится и закрепляется исключительно на длинной, гибкой ленте, что объясняется как спецификой оптической записи, так и ходом ее исторического развития.

В магнитной записи для закрепления фонограммы используются стальные ленты, проволока или стальные цилиндры.

Перейдем к рассмотрению принципов действия различных систем звукозаписи.

МЕХАНИЧЕСКИЙ СПОСОБ ЗАПИСИ ЗВУКА

Механический способ записи звука основан на изменении поверхности материала, на котором производится запись, причем изменения эти пропорциональны записываемым колебаниям. Чаще всего эти изменения состоят в механической деформации

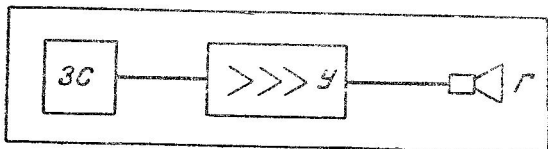


Рис. 3. Скелетная схема электрического воспроизведения звука: ЗС—звукозаписыватель, У—усилитель, Г—громкоговоритель

поверхности материала (отсюда и название «механический способ») и достигаются непосредственным воздействием на нее рабочего органа рекордера. Назначение последнего состоит в том, чтобы преобразовать подводимые к нему электрические колебания в механические, так чтобы он дефор-

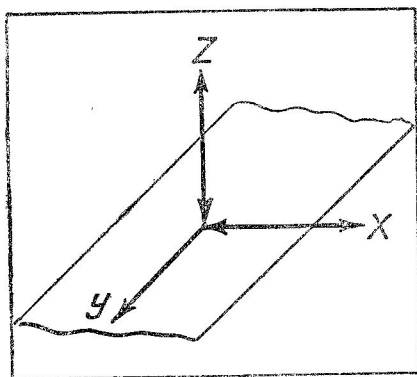


Рис. 4. Y—направление движения рекордера, Z—направление перемещения рабочего органа рекордера при глубинной записи, X—направление перемещения рабочего органа рекордера при поперечной записи

мировал поверхность в плоскости, перпендикулярной к направлению движения рекордера.

Таким образом можно считать, что при механической записи звука продольные колебания зву-

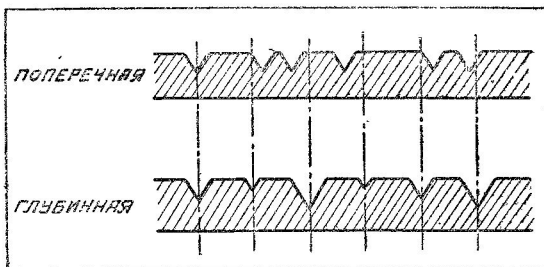


Рис. 5. Поперечный разрез звуковых канавок механической записи

кового поля закреплены деформацией поверхности в виде поперечных колебаний.

Если представить вышесказанное в системе об'емных координат (рис. 4), то станет ясно, что, если материал движется в направлении оси Y, то, с точки зрения перпендикулярности к направлению движения рекордера, оси X и Z совершенно равноправны. И в действительности при записи деформация поверхности возможна как в плоскости X в направлении оси X, так и в плоскости ZY в направлении оси Z. Первый способ известен под названием поперечного, а второй—глубинного. История развития этих способов освещалась в «Радиофронте», а критическому разбору их будет посвящена следующая статья.

Сама деформация поверхности получается нанесением на нее глубинной извилистой канавки оди-

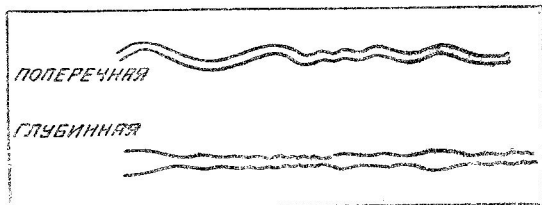


Рис. 6. Вид сверху на звуковые канавки механической записи

наковой глубины при поперечной записи, и прямой канавки переменной глубины—при глубинной записи, как это показано на рис. 5, 6 и 7.

При поперечной записи получение канавки возможно как вырезыванием, так и выдавливанием, при глубинной — только вырезыванием.

При механической записи с вырезанной канавкой для уникальных записей на воске записываемая полоса частот может быть доведена до 8 000—9 000 пер/сек, а шеллачные отлиски (пластинки) не дают возможности из-за наличия ме-

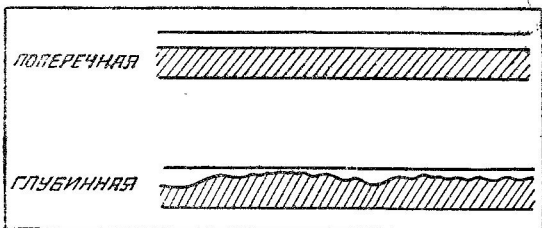


Рис. 7. Продольный разрез звуковых канавок механической записи

шающих шумов воспроизвести частоты выше 4 000—5 000 пер/сек.

ОПТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ЗАПИСИ ЗВУКА

С момента развития кино неоднократно возникала мысль дать этому «великому немому» дар речи. Еще в 1899 г. Эдисон пытался создать

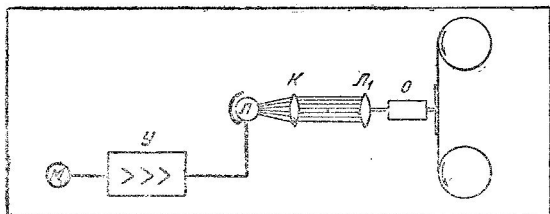


Рис. 8. Скелетная схема устройства для оптической записи звука интенсивным способом с модулированным источником света: М—микрофон, У—усилитель, Л—лампа, питающаяся переменным током звуковой частоты от усилителя, К—конденсатор, Л₁—линза, О—объектив

первый звуковой фильм, вращая одновременно с движением ленты кинематографа звуковые валики своего фонографа.

Опыты эти, однако, не давали сколько-нибудь положительных результатов из-за невозможности добиться синхронизма в передаче изображения и воспроизведении звука. Кроме того для одного фильма требовалось такое громадное количество звуковых валиков, звук, снимаемый с них, был настолько слаб, а сами валики были так непрочны, что способ этот не мог, конечно, рассчитывать на сколько-нибудь широкое распространение. Хотя работы Берлинера и других улучшили технику механической записи звука, все же способ этот

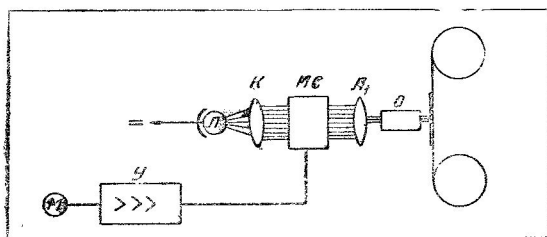


Рис. 9. Скелетная схема устройства для оптической записи звука интенсивным методом с модулированием светового луча постоянной интенсивности: М—микрофон, У—усилитель, К—конденсатор, Л₁—линза, О—объектив, Л—лампа, питающаяся постоянным током, МС—модулятор света

для озвучивания фильма весьма неудобен, так как фильм в процессе монтажа, и даже эксплуатации, подвергается «перекрылке», сделать же подобную операцию с пластишкой, конечно, невозможно.

Единственно технически приемлемым способом озвучивания фильма является нераздельное совмещение фонограммы с лентой фильма. Попытки нанесения непосредственно на фильм механической уникальной записи не получили в свое время развития, сейчас же применение этого способа нецелесообразно из-за сложности размножения фильма.

Принципиально, конечно, совмещение фонограммы с фильмом вполне возможно, так как фильм так же, как и фонограмма, является пространственным закреплением временного процесса. Некоторые особенности проекции фильма и воспроизведения звука, например необходимость скачкообразного движения ленты фильма при проекции его и плавного — при воспроизведении звука, учитываются при конструировании с'емочной и проекционной аппаратуры.

По ряду соображений наиболее удобной для озвучивания фильмов является фотохимическая запись звука, при которой фонограмма представляет собою не механическую деформацию поверхности рекорда, а является как бы фотографией звука.

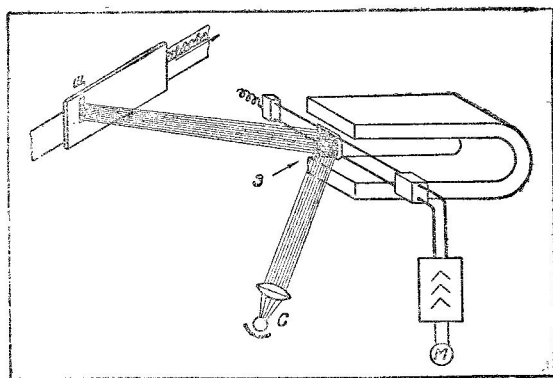


Рис. 10. Принцип действия устройства для оптической записи звука поперечным (трансверсальным) способом

Фотохимический способ записи звука, известный под названием оптической записи, состоит в основном в том, что подведенные к устройству звукозаписи электрические колебания превращаются в последнем в колебания светового потока, которые и запечатлеваются на движущейся светочувствительной пленке. Звуковой негатив проявляется и печатается. Звуковая копия при воспроизведении движется, проходя через устройство звукоснятия (рис. 12), где меняет интенсивность постоянного источника света. Получаемая таким образом переменная интенсивность светового потока, попадающего в фотозапись, возбуждает в последнем электрические импульсы. Дальнейшие преобразования электрических колебаний не нуждаются в пояснении.

Следует отметить, что еще в 1893 г. знаменитый изобретением телефона Белл демонстрировал на Всемирной выставке в Чикаго свою световую телефонию, а несколько позже опубликовали свои опыты с поющей и говорящей дугой Дуддль и Симон. От этих предварительных работ можно

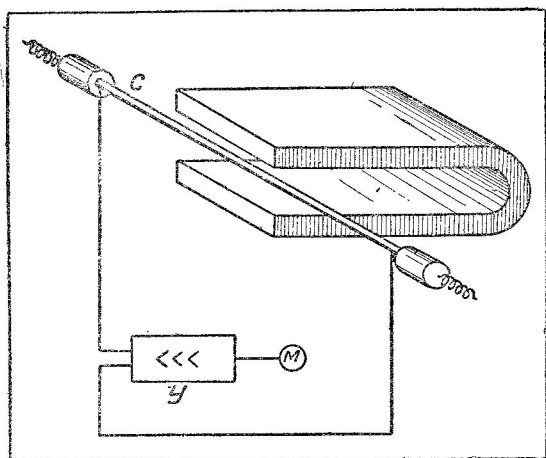


Рис. 11. Механизм для оптической записи звука поперечным способом

было бы перейти к закреплению модулированного звуковым колебанием светового потока на движущейся кинопленке, но ограниченные фотографические возможности того времени и затруднения электротехнического характера во время съёмок не позволяли получить удовлетворительных результатов. Решающим моментом для развития оптической записи было применение катодных ламп и, главным образом, фотоэлементов, давших возможность воспроизведения записи, без которого она теряла всякий смысл.

Оптическую запись звука возможно производить по интенсивному и поперечному методам. Перейдем к их рассмотрению, отметив лишь, что в настоящее время оптическая запись звука получила «права гражданства» не только в кино, но и как самостоятельный вид записи, известный под названием «тонфильма».

ИНТЕНСИВНЫЙ СПОСОБ

При интенсивном способе (способе переменной интенсивности) звуковая запись получается вследствие изменения освещенности пишущего на пленке прямоугольника, длина которого несколько миллиметров, а ширина, измеренная в направлении движения ленты, составляет примерно 10 микронов. Прямоугольник этот создается специальной линзой, преломляющей пучок света так, что при проходе через нее он принимает указанную выше форму. Устройство это носит название оптической щели. Кроме него иногда ставится еще и обычная механическая щель, назначение которой — получение максимальной резкости пишущего прямоугольника.

Такая фонограмма постоянна по ширине, но имеет различные плотности (прозрачности) по длине. Различия в плотностях соответствуют амплитудам заснятых звуков. При записи чистого, постоянного по амплитуде синусоидального звука интенсивная запись имеет вид чередующихся на равных расстояниях одинаковых плотностей.

Таким образом частота записи может быть измерена как отношение длины куска пленки, проходящего за одну секунду мимо оптической щели,

к длине записи одного периода, измеряемого по направлению движения пленки.

При воспроизведении фонограммы звуковой позитив, который движется со скоростью, равной скорости негатива при съёмке, освещается лучом постоянного света через такую же оптическую щель, как и при съёмке. Действие звуковой записи, вследствие постоянно меняющейся плотности ее, равносильно действию диафрагмы переменной прозрачности, и на стоящий на пути светового потока фотоэлемент попадает меняющийся по интенсивности световой пучок. Фотоэлемент, пропускная способность которого по отношению к электрическому току пропорциональна падающему на него световому потоку, совместно с усилителем и громкоговорителем завершают дело воспроизведения звука.

В пределах этого общего пояснения надлежит еще кратко коснуться применяющихся при интенсивном способе модуляторов света.

Существуют источники света, дающие модулированный свет при питании их модулированным же током. К ним относятся лампы тлеющего разряда и специальные дуговые лампы. Проводились так же довольно успешные опыты с использованием обычных вольфрамовых ламп, работающих с перекалом нити¹. Подобная схема изображена на рис. 8. Кроме этих источников модулированного света, широкое распространение получило устройство, в котором применен постоянный источник света, модулируемый специальным оптическим модулятором. В качестве последнего применяется обычно так называемый конденсатор Керра (рис. 9).

ПОПЕРЕЧНЫЙ СПОСОБ

Кроме способа записи звука по интенсивному методу, при котором запись звука происходит при меняющейся плотности светового потока, но при постоянной длине пишущего луча, существует спо-

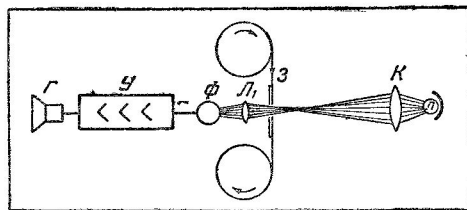


Рис. 12. Скелетная схема устройства для воспроизведения оптической записи «на просвет»: Л—лампа, питаемая постоянным или переменным 50-периодным током, К—конденсатор, З—запись, Л₁—линза, Ф—фотоэлемент, У—усилитель, Г—громкоговоритель

соб поперечный, известный также под названием черно-белого, или трансверсального. При этом способе плотность светового потока постоянна, но высота попадающего на пленку луча, измеренная

¹ В этих работах принимал деятельное участие известный радиолюбителям т. Охотников.

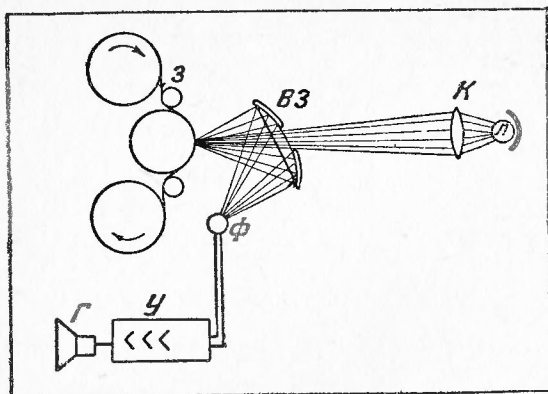


Рис. 13. Скелетная схема устройства для воспроизведения оптической записи отражением: ВЗ — вогнутое зеркало, остальные обозначения такие же, как на рис. 12

в направлении, перпендикулярном направлению движения ленты, все время меняется.

Запись звука при поперечном методе производится таким образом, что свет от источника света (рис. 10), отражаясь от зеркала З, попадает через щель щ на движущуюся пленку и фотографирует на ней эту щель. Зеркало З находится в специальном устройстве, схематически показанном на рис. 10 и напоминающем шлейфовый осциллограф.

Под влиянием проходящего через струну с зеркальцем переменного тока звуковой частоты и поля постоянного магнита зеркальце, колеблясь, перемещает верхнюю границу проходящего через щель светового луча. В результате, после проявления получается запись, показанная на рис. 15.

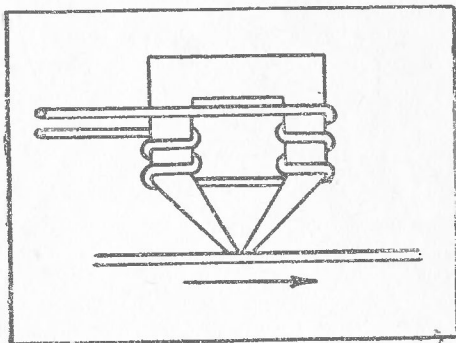


Рис. 14. Рекордер, звукосниматель и «стиратель» магнитной записи

Перемещение верхней границы попадающего на пленку светового луча возможно и иным способом. В другой системе щель закрыта струной устройства, весьма близко напоминающего струнный гальванометр. Принцип действия этого устройства, показанного на рис. 11, весьма схож с ранее описанным устройством шлейфового осциллографа, с той лишь разницей, что здесь струна не образует петли (шлейф), а идет прямо, в результате чего получается не пара сил, поворачивающая

петлю по своей оси, а лишь одна сила, перемещающая струну параллельно самой себе. Питаемая ток звуковой частоты, струна эта, колеблясь, открывает большую или меньшую часть щели, соответственно меняя высоту попадающего на пленку светового луча.

Не вдаваясь в разбор этого вопроса, заметим только, что для уменьшения шума при воспроизведении применяется ряд мер, из которых основные — применение специального прибора «тихача», затемняющего светлые поля записи, и так называемых удвоителей и утроителей — оптических приспособлений, при которых изображение щели удваивается и утраивается.

Воспроизведение поперечной записи происходит так же, как и при интенсивной. Запись просвечивается светом постоянной интенсивности через щель, высотой, равной максимальной амплитуде записи. Непрозрачная часть пленки в каждый момент закрывает более или менее значительную часть щели, в зависимости от величины амплитуд, и на стоящий на пути светового потока фотозащитный элемент попадает меньшее количество света.

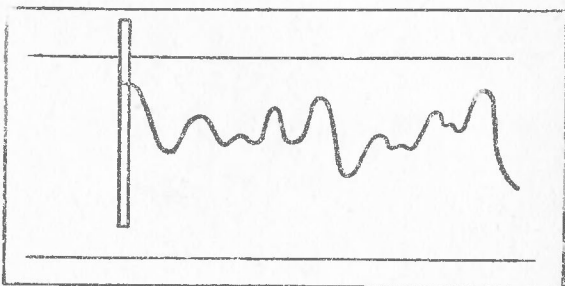


Рис. 15. Поперечная (трансверсальная) запись

Ввиду того что фотозащитный элемент реагирует на интегральную освещенность, работа его не меняется от принятого способа записи.

Все устройства для записи и воспроизведения снабжены довольно сложной оптической системой, описание которой мы приводить не будем.

У нас в Союзе обычно поперечный способ связывают с именем инж. Шюрина, а интенсивный — с именем инж. Тагера, разработавших соответствующую записывающую аппаратуру. В США

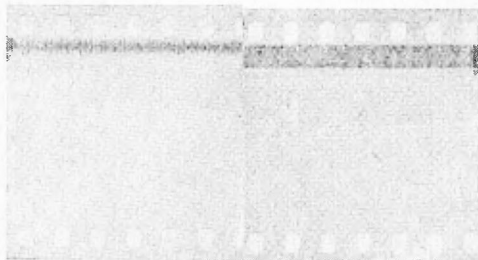


Рис. 16. Образец записи трансверсальным способом

Рис. 17. Образец записи интенсивным способом

поперечный способ принят фирмой RCA, запатентованной его, а интенсивный — фирмой Westinghouse.

В настоящее время ряд фирм ведет работы по созданию комбинированного — поперечно-интен-

сивного способа, обладающего их общими качествами.

Хорошие устройства оптической записи звука позволяют довести верхнюю границу диапазона записываемых частот до 6 000—8 000 пер/сек.. Дальнейшее увеличение диапазона наталкивается на трудности, вызванные необходимостью уменьшения щели и наличием так называемого «ореола», получающегося от преломления света зериами эмульсии и «смазывающего» тончайшие штрихи высокие частот.

В лучших типах современной аппаратуры для оптической записи звука ширина щели доводится теперь до 5—6 микрон.

Борьба с ореолом сводится к подкрашиванию пленки и, что действительно, примененно для записи ультрафиолетовой части светового спектра.

Запись производится на свободную от изображения часть ленты. При печатании монтажник на специальном столе подбирает звуковую ленту и изображение так, чтобы звук совпадал с изображением, и, наложив их друг на друга, пропускает в печатный станок.

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ОТРАЖЕНИЕМ

Кроме описанного выше способа воспроизведения оптической записи, при котором луч постоянного света проходит через движущуюся фонограмму и ею модулируется, известного под названием воспроизведения «на просвет», существует еще способ воспроизведения отражением. При этом способе луч света постоянной интенсивности освещает фонограмму и, отражаясь от нее, попадает на фотозапись. При этом отражение от затемненного места будет очевидно меньше, нежели от светлого. Таким образом отраженный луч окажется модулированным. Схематическое изображение такого устройства показано на рис. 13.

Ввиду того что запись не нуждается в прозрачном материале, и фонограмма может быть отпечатана на бумаге. Подобные опыты проводились у нас в Союзе недавно умершим Б. П. Скворцовым и за границей. Особо заманчивой была мысль размножать фонограммы типографским или литографским способом. К сожалению, способ этот желаемых результатов не дал, почему и сам вопрос воспроизведения оптической записи отражением частично свою актуальность утратил.

Приведенный краткий обзор существующих систем оптической записи звука отнюдь не претендует на достаточную полноту. К сожалению, объем и тема настоящей статьи не позволяют полнее осветить этот раздел, а интересующихся затронутыми здесь вопросами мы отсылаем к соответствующей литературе.

МАГНИТНАЯ ЗАПИСЬ ЗВУКА

В 1899 г. Паульсенем был предложен способ электромагнитной звукозаписи, при котором для закрепления фонограммы используется коэрцитивная сила стали.

Однако идея эта в течение долгого времени оставалась практически неиспользованной, и лишь в 1928 г. одна германская фирма выпустила устройство для электромагнитной записи звука. В 1932 г. аналогичные устройства были разработаны и выполнены ВЭИ у нас, и Маркони, в Англии.

Запись звука производится следующим образом: тонкая стальная проволока диаметром 0,2—0,3 мм в установке ВЭИ, или стальная лента — у Маркони, при помощи специального механизма с мотором перематывается с одной катушки на другую и проходит между полюсами небольшого электромагнита со скоростью порядка 1—2 м в секунду. Питаемый модулированным током электромагнит служит «рекордером». Он создает переменное магнитное поле, намагничивающее проволоку в продольном направлении с различной интенсивностью на различных ее участках. Схематическое устройство подобного электромагнита показано на рис. 14.

Воспроизведение звука осуществляется протягиванием проволоки с записью через возбужденный электромагнит. Остаточный магнетизм проволоки индуктирует в обмотках звукоснимателя соответствующую э.д.с., превращаемую потом обычным путем в акустические колебания.

Запись может быть легко «стерта». Для этого достаточно лишь во время движения ленты подать на обмотки пишущего электромагнита постоянный ток.

Кроме описанных установок существуют и другие, в которых для записи применяется стальная барабан или проволока находится не на катушках, а навита в виде спирали на барабан из немагнитного материала (Московская консерватория). Последний способ обладает некоторыми преимуществами, так как при нем менее заметны изменения соотношения магнитных импульсов, происходящие вследствие соприкосновения различных участков проволоки при наматывании ее на катушку. К сожалению, большие размеры барабана ограничивают время записи.

Частотные возможности магнитной записи звука ограничены диапазоном примерно 300—2 500 пер/сек, и она находит себе применение главным образом в установках технического (а не художественного) обслуживания. Так например, подобное устройство эксплуатируется диспетчерским пунктом Мосэнерго.

Основным преимуществом этого вида записи является возможность многократного использования проволоки путем «стирания» записи.

Заканчивая на этом наш краткий обзор существующих способов записи звука, посмотрим, какой из них наиболее пригоден для любителей.

Весьма заманчивым кажется магнитный способ, позволяющий многократно использовать один и тот же кусок проволоки. Однако любитель, желающий составить себе коллекцию интересных записей, лишен возможности пользоваться этим способом, да и частотные его свойства ограничивают его применение для музыкальных записей.

Оптический способ записи наиболее удобен для целей звукового кино, для любителей он мало пригоден из-за большой его сложности.

Наиболее удобен для любителей механический способ, о котором будет говориться в следующей статье.