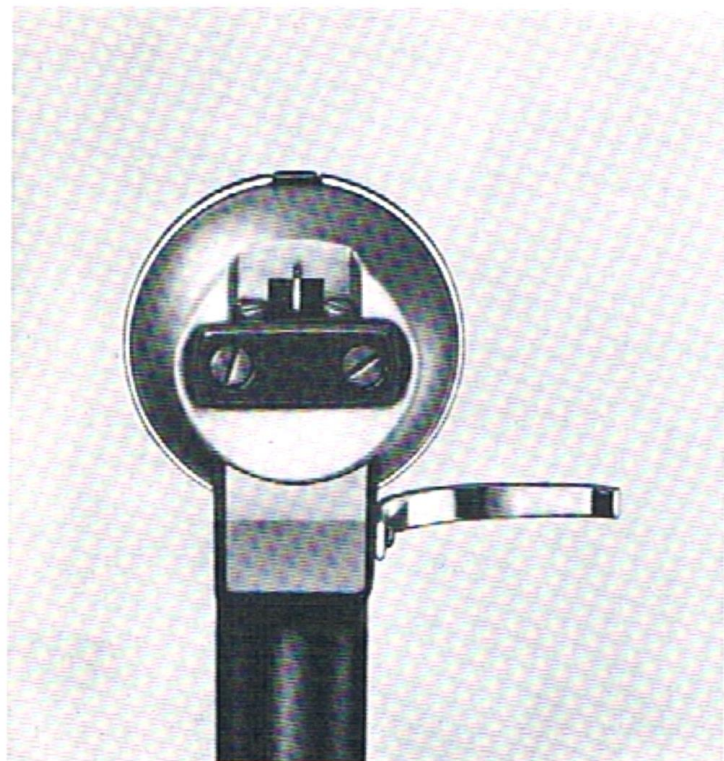


TOSHIBA.
Fotoelektronisches Tonabnehmersystem
C-100 P mit
Entzerrervorverstärker
SZ-1.

Toshiba
hifi



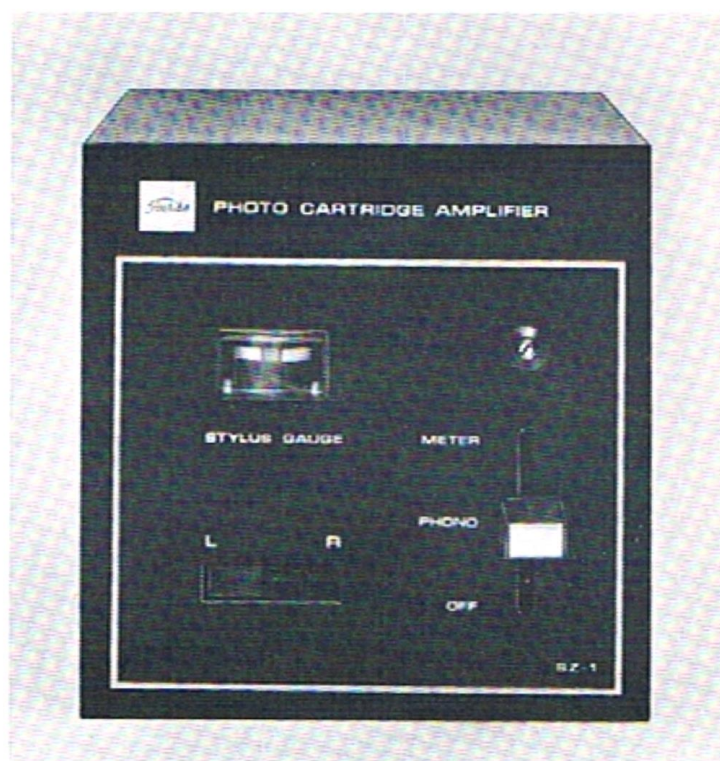
Ein neuartiges elektroakustisches Wandler-system für höchstwertige Schallplattenwieder-gabe kann der entscheidende Grund dafür sein, daß Ihre HiFi-Anlage an Klarheit, Durchsichtig-keit und Wiedergabetreue unübertroffen ist. Unsere Entwicklungsingenieure haben den Weg eines neuen technischen Prinzips beschritten, um eine entscheidende Verbesserung des Tonab-nehmersystems zu erzielen.



Die führende deutsche Fachzeitschrift auf dem Gebiet der hochwertigen Musikwiedergabe, die HiFi Stereophonie, schreibt als Zusammenfassung ihres Testberichts in der Ausgabe 3/1969:

Das Funktionsprinzip und die technischen Daten gehen aus dem beiliegenden Sonderdruck des über dieses System erschienenen Artikels hervor. Hier sind die mit diesem System verbundenen Vorteile aus der Sicht des Technikers noch ein-mal genau beschrieben.

Vorverstärker und Tonabnehmerkopf bilden eine technische Einheit und gehören zum Lieferum-fang.



Im Tonabnehmer C-100 P von Toshiba werden Fototran-sistoren erfolgreich für die Umwandlung der Intensitäts-modulation eines Lichtstrahls in elektrische Spannungen angewandt. Die Modulation der Lichtintensität erfolgt mittels eines Blendensystems durch den Nadelträger. Die Rillenmodulation wird auf klassische Weise abgetastet. Das System zeigt bei guten Übergangsdaten ein ausgezeich-netes Abtastverhalten. Im Musik-Hörtest erweist es sich als zur Spitzenklasse gehörig. Sein Hauptvorteil liegt darin, daß am Versorgungsteil völlig brummfrei eine ausreichend hohe Spannung zur Verfügung steht, um den Anschluß des Tonabnehmers direkt an lineare, hochpegelige Eingänge zu erlauben.

Dipl.-Ing. Peter Pohl

Ein Tonabnehmersystem mit fotoelektronischem Wandler

Die Abtasteligenschaften eines Tonabnehmersystems werden im wesentlichen durch seine effektive Masse, die Nadelnachgiebigkeit (Compliance), den Übertragungsfaktor und die Linearität seiner Wandlerelemente bestimmt.

Die effektive Masse ist oberhalb der Resonanzfrequenz $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{M \cdot C}}$ (M = effektive Masse; C = Compliance) bestimmend für die notwendige Auflagekraft des Systems. Außerdem ist die effektive Masse ein maßgebender Faktor für die obere Grenzfrequenz. Die Compliance bestimmt das notwendige Auflagegewicht für die Wiedergabe der tiefen Töne unterhalb der Resonanzfrequenz. Für ein einwandfreies Abtasten bei möglichst geringem Auflagedruck, den man wegen der Platten- und Nadel-schonung anstrebt, sind ein hoher Wert für C und eine möglichst geringe effektive Masse notwendig. Da herkömmliche Tonabnehmersysteme Generatoren darstellen, die die mechanische Energie der Nadelbewegung in elektrische Energie umsetzen, ist bei ihnen mit einer Masseverringerung auch immer eine Verkleinerung der Ausgangsspannung verbunden. Hochwertige magnetische Systeme besitzen darum zumeist einen Übertragungsfaktor, der bei oder unter 1 mVs/cm liegt und im Interesse eines ausreichenden Fremdspannungsabstandes kaum noch unterschritten werden kann.

Durch elliptisch angeschliffene Nadeln vermeidet man weitgehend Nichtlinearitäten, die durch die unterschiedliche Geometrie von Schneidstichel und Abtastnadel entstehen können. Das erfordert aber wieder niedrigere Auflagekräfte wegen der damit verbundenen höheren Drücke auf die Rillenflanken der Schallplatten. Um Nichtlinearitäten innerhalb des eigentlichen Wandler-

Auf der Düsseldorfer Hi-Fi-Ausstellung im August 1968 stellte die japanische Firma Toshiba ein neuartiges fotoelektronisches Tonabnehmersystem vor, das nicht mehr nach dem Prinzip des Generators arbeitet, sondern ein Ventil für einen durch Lichtstrahl dargestellten Energiefluß ist. Im Bericht über die HiFi '68 (FUNKSCHAU 1968, Heft 19, Seite 583) sind wir bereits knapp auf diese Entwicklung eingegangen. Nachstehend folgt eine ausführliche Erläuterung der neuartigen Konstruktion.

systems zu vermeiden, dürfen dort zumeist auch keine großen Amplituden auftreten, was wiederum die Ausgangsspannungen nach oben begrenzt.

Eine eindeutige Verbesserung der Verhältnisse erzielt man nun dadurch, daß man die Nadelbewegung nicht mehr unmittelbar zur Elektrizitätserzeugung, sondern nur zur Steuerung eines Energieflusses benutzt. Solche Tonabnehmersysteme sind z. B. mit veränderlichen gleichstromdurchflossenen Widerständen versehen, die durch die Nadelbewegungen gesteuert werden [1].

Eine von den bisherigen Prinzipien abweichende Lösung hat die japanische Firma Toshiba entwickelt. Dieses fotoelektronisch wandelnde System zeichnet sich nicht nur durch seinen einfachen robusten Aufbau, sondern auch durch sehr geringe Verzerrungen und die in den folgenden Abschnitten erläuterten Eigenschaften aus.

Das Prinzip des Wandlers zeigt Bild 1. Die Nadel ist wie bei anderen Tonabnehmern auch durch einen von einer Gummi- bzw. Kunststoffhalterung getragenen Nadelträger mit dem eigentlichen Wandlermechanismus verbunden. Die Gummihalterung stellt den für die Nadelnachgiebigkeit und die Dämpfung maßgebenden viskosen Widerstand dar. Das Besondere ist das sehr leichte mit zwei Schlitzen versehene Duralplättchen, der

sogenannte Schatter. Dieser bildet das eigentliche Steuerorgan, das den durch die Öffnungen fallenden Lichtstrom einer gleichstromgespeisten Niedervolt-Kleinstglühlampe durch Verschieben gegenüber einem feststehenden, ebenfalls mit Schlitzen versehenen Schirm steuert. Man erkennt, daß durch die Neigung der Schlitze von 45° zur Senkrechten und dadurch, daß die Schlitze des Schatters länger als die des Schirmes sind, die Signaltrennung der ebenfalls unter 45° geschnittenen Stereokanäle erfolgt, d. h. eine Lichtstromänderung wird nur durch Verengen bzw. Verbreitern des zugehörigen Schlitzes erreicht. Der Lichtstrom wird unmittelbar hinter dem feststehenden Schirm zur Steuerung des dieser Blende zugeordneten Fototransistors verwendet. Beide Fototransistoren haben eine stark bündelnde Optik, so daß nur der jeweils für sie bestimmte Lichtanteil eine Steuerwirkung ausüben kann.

Die Speisung der Lampe, für die eine Lebensdauer von 10 000 Brennstunden angegeben wird, erfolgt durch eine stabilisierte Gleichspannung von 2 V. Ein hinter der Lampe angebrachter Spiegel lenkt den Lichtstrom auf den Schatter.

Die Stromversorgung der Lampe und die Verstärkung des Tonfrequenzsignals werden durch einen zusätzlichen Verstärkerteil, der in einem besonderen Gehäuse oder auch unterhalb des Plattenspielerchassis untergebracht wird, übernommen. Dieser Vorverstärker enthält auch die Vierpole zur Berücksichtigung der Platten-Schneidkennlinie und ist (u. a. mit FET-Transistoren) so aufgebaut, daß eine geringe Unsymmetrie des Wandlers durch Korrektur eines der Stereokanäle ausgeglichen werden kann.

Die beiden Fototransistoren werden aus einer sehr großen Fertigungsreihe paarig ausgesucht und sind in ihrem Betriebsbereich so linear, daß erstmalig für ein Tonabnehmersystem der Klirrfaktor für 1000 Hz unter 0,65% liegt. Aus Bild 2 geht die gesamte Anordnung der Elemente hervor.

Die Vorteile, die sich bei der beschriebenen Konstruktionsart ergeben, lassen sich am besten anhand der Daten abschätzen. Hier sei zunächst der hohe Übertragungsfaktor genannt: er beträgt

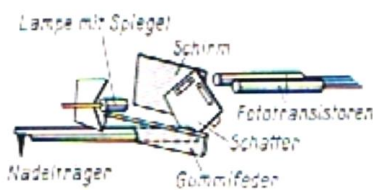


Bild 1. Prinzip des fotoelektronischen Tonabnehmersystems von Toshiba

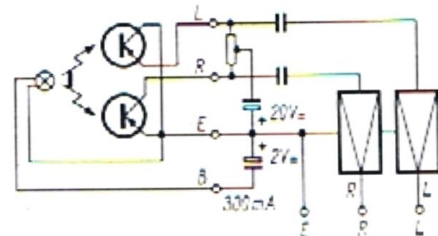


Bild 2. Blockschtung des Systems (L = Linkskanal, R = Rechtskanal, E = Erdpunkt, B = Beleuchtung, d. h. die Lampenspannung)

Technische Daten C-100 P

Übertragungsbereich:	20...40 000 Hz
Übersprechdämpfung bei 1 kHz:	32 dB
Übertragungsfaktor:	14,5 mVs/cm
Übertragungsfaktor hinter dem Vorverstärker:	40 mVs/cm
effektive Masse:	0,3 mg
Nadelnachgiebigkeit (Compliance):	30×10^{-4} cm/dyn
Mindestauflagekraft:	etwa 0,5 p
Gewicht des Systems:	11,5 g
Nadelspitze:	elliptisch mit den Radien 20,3 μ m und 7,6 μ m

Der Verfasser ist Consulting Engineer der Firma Toshiba mit Sitz in Düsseldorf.

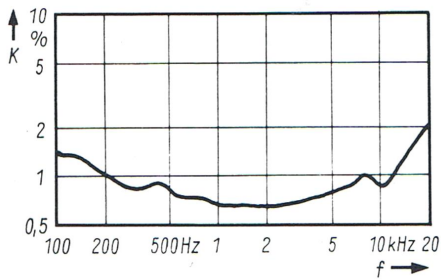


Bild 3. Klirrfaktor in Abhängigkeit von der Frequenz

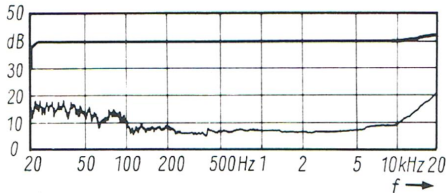


Bild 5. Frequenzgang (oben) und Übersprechen des fotoelektronischen Tonabnehmersystems zwischen 20 Hz und 20 000 Hz

mit 14,5 mVs/cm das mehr als Zehnfache anderer hochwertiger Tonabnehmersysteme. Hinter dem Vorverstärker beträgt der Übertragungsfaktor 40 mVs/cm, so daß der Anschluß an den Reserveeingang des Hi-Fi-Verstärkers erfolgen kann.

Wesentlicher noch als der Übertragungsfaktor erscheint der große lineare Frequenzumfang der Anordnung. Durch den leichten Schatter und einen speziellen rohrförmigen Nadelträger war es möglich, eine große Steifheit der mechanischen Übertragungselemente zu erreichen. Damit stieg die obere Grenzfrequenz bis auf 40 kHz. Die hohe Compliance von 30×10^{-6} cm/dyn in horizontaler und vertikaler Richtung wiederum erlaubt eine einwandfreie Abtastung bis herunter zu 20 Hz für Auflagekräfte von 1 p und darunter.

Da sich die Spalten des Schatters auch unter dem statischen Auflagedruck gegen

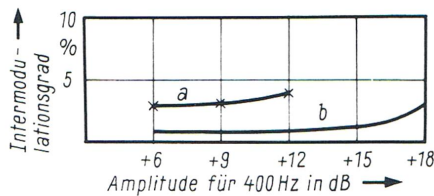


Bild 4. Intermodulationsgrad in Prozent für 400 Hz/4000 Hz für vertikale und horizontale Abtastung, bezogen auf eine Amplitude von 0 dB für 4000 Hz entsprechend $1,12 \times 10^{-3}$ cm

die Spalte im Schirm verschieben, ist das System so konstruiert, daß die volle Übereinstimmung und damit der maximale Lichtstrom etwa bei einer Auflagekraft von 3 p erreicht werden. Der durch die Auflagekraft bestimmte Ruhestrom der Fototransistoren ist durch ein ebenfalls im Vorverstärkergehäuse eingebau-

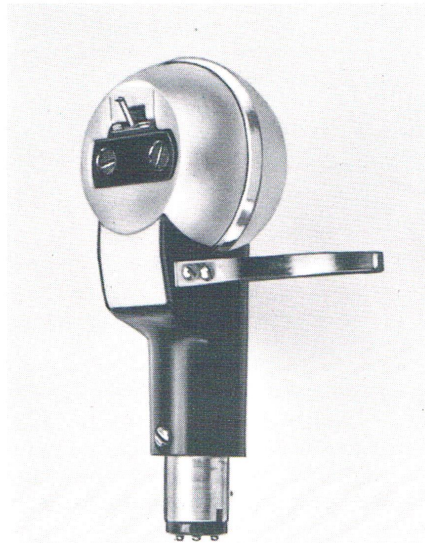


Bild 6. Das fotoelektronische System, schräg von unten aufgenommen.

Man erkennt, daß die Gummifeder noch einmal in einen besonders elastischen Ring um den Nadelträger und in die mit zwei Schrauben befestigte Halterung unterteilt ist. Mit den beiden größeren Schrauben ist das gesamte System (Nadelträger, Gummifeder, Schatter, Schirm) bis auf die Fototransistoren und die Lampe in der Kugel befestigt. Beim Nadelwechsel wird die ganze Einheit ausgetauscht

tes Instrument meßbar und stellt ein Maß für das Auflagegewicht dar. Die Skala des Instrumentes trägt für die Werte von etwa 1,2...1,7 p ein grünes Feld, das den optimalen Bereich für das Abtasten normaler Schallplatten angibt. Jedoch ist bis herunter zu 0,5 p ein gutes Ergebnis beim Abspielen normal geschnittener Platten zu erwarten, wie sich experimentell und theoretisch zeigen läßt.

Die Bilder 3, 4 und 5 zeigen die Kurven für den Klirrfaktor über der Frequenz, den Intermodulationsgrad und den Frequenzgang mit der Kurve des Störsignals auf dem Nachbarkanal. Aus Bild 5 geht hervor, daß die Übersprechdämpfung bei 1000 Hz 32 dB und im ganzen Bereich bis 20 kHz nicht unter 20 dB beträgt.

Bild 6 zeigt das System (das übrigens mit seinem nach EIA genormten Anschluß an viele handelsübliche Tonarme montiert werden kann) in der Ansicht schräg von unten. Die relativ große Kugel von 26 mm Durchmesser wird nur zu etwa einem Viertel von dem eigentlichen Tonabnehmersystem ausgefüllt. Ihre Größe ist durch die nötige Wärmeabfuhrung der Glühlampe bedingt. Mit der Nadel werden nach deren Abnutzung auch Schatter und Blende ausgetauscht, wodurch sich eine einwandfreie Abdichtung und damit Schutz gegen Fremdlicht ergibt.

Literatur

- [1] Bergtold: Moderne Schallplattentechnik. Franzis-Verlag, München 1959.
- [2] Meyer/Neumann: Physikalische und Technische Akustik. Vieweg und Sohn, Braunschweig 1967.
- [3] J. G. Woodward: Tracking Capability of Phonograph Pickups. Zeitschrift Audio, März 1967, S. 19 ff.
- [4] Originalberichte der Firma Toshiba, Tokio.

Toshiba