

Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur magnetischen Speicherung im VEB Kombinat Robotron

Günter Salzmann

Großsedlitzer Weg 3
01257 Dresden

1 Die 60er und 70er Jahre

1.1 Erste Geräteentwicklungen

Schon immer ist die Speicherausstattung eines Computersystems ein Kriterium für Leistung und Einsatzmöglichkeiten. Dem Rechnung tragend, wurde Anfang der 60er Jahre die Bearbeitung der magnetische Datenspeicherung einer eigenen Einrichtung, dem Institut für Elektronik Dresden (IED), übertragen. Mit der Bildung des Kombinats Robotron ging das IED als Fachgebiet Speicher in das sogenannte Großforschungszentrum ein, untergebracht in dem neu errichteten Robotron-Gebäudekomplex im Stadtzentrum Dresdens.

Das IED bzw. das Fachgebiet Speicher konzentrierte sich sowohl im Bereich Entwicklung wie auch im Bereich Forschung auf Arbeits- und Massenspeicher mit magnetischen Wirkprinzipien. Die ersten Entwicklungen waren der Ferritkernspeicher und die Magnetband-Steuereinheit für die Anlage R 300. Die Ferritkerne und die daraus gefertigten Matrizen kamen aus dem VEB Keramische Werke Hermsdorf und die Bandgeräte aus dem VEB Karl Zeiss Jena.

Als Nächstes entstand ein Wechsellattenspeicher mit 7,3 MB Kapazität für die Anlage ROBOTRON 21, produziert als Musterfertigung im Kombinatbetrieb Radeberg mit Magnetplatten, die anfangs aus dem IED kamen. International waren damals 14“-Speicherplatten mit Ferrit-Partikelschichten üblich. Obwohl seinerzeit in der DDR eine gute Grundlage für ferritische Schichten mit der Magnetband-Produktion im VEB Magnetbandfabrik Dessau sowie mit entsprechenden Forschungsarbeiten an der Akademie der Wissenschaften der DDR gegeben war, fand sich niemand, der eine Speicherplatte entwickeln wollte oder konnte. Infolgedessen war diese völlig neue Aufgabe von Robotron selbst zu lösen.

Man entschied sich für die Eigenentwicklung einer Platte mit metallischer Magnetschicht, bestehend aus einer chemisch abgeschiedenen Zink-Haftschrift, der elektrochemisch hergestellten CoP-Magnetschicht von ca. 100nm Dicke und einer Polyurethanschutzschicht. Diese Technologie bedeutete auch höhere Anforderungen an die Qualität des Aluminiumträgers hinsichtlich Materialstruktur sowie Freiheit von Lunkern und Einschlüssen. Das konnte in Zusammenarbeit mit dem Hersteller der AlMg3-Ronden, dem Walzwerk Hettstedt, sichergestellt werden. Für die Oberflächenbearbeitung, beginnend mit Diamant-Feinstdrehen, waren Spezialmaschinen erforderlich, die importiert werden mußten. An der Technologieentwicklung (Schutzschicht) war u.a. ORWO Wolfen beteiligt. Die Beschichtungsanlagen sowie die Meß- und Prüftechnik mußten überwiegend als Eigenentwicklungen realisiert werden.

Da ein geeignetes Ferritmaterial nicht zur Verfügung stand, wurde das Magnetkopfsystem aus Mu-Metall gefertigt, eingebettet in einem Saphirgleiter. Produziert wurden die Magnetköpfe im Werk Hartmannsdorf.

1.2 Forschungsarbeiten

Im Bereich Forschung bestand eine vorrangige Zielstellung darin, schnellere und effektivere Lösungen für die Produktion der Arbeitsspeicher zu finden. Der erfolgversprechendste Weg wurde seinerzeit in dünnen magnetischen Schichten gesehen, da hier die Ummagnetisierung durch Rotation des Magnetisierungsvektors erfolgt, während bei Ferritkernen die langsame Wandverschiebung wirksam ist. Es gab die in Abbildung 1 dargestellten zwei Grundvarianten. Im IED bzw. bei Robotron wurde die Lösung mit ebenen Schichten favorisiert (EMS). Die Speicherlemente aus Nickel-Eisen wurden über Masken auf ein 0,4 mm dickes Glassubstrat aufgedampft. Die Ansteuerleitungen ließen sich günstig aus flexiblem Basismaterial mit der Technologie der gedruckten Schaltungen herstellen. Für diese Arbeiten waren die notwendigen technologischen Anlagen in der DDR vorhanden. Erforderliche Testeinrichtungen wurden in Eigenentwicklung geschaffen. Zeitweise wurde erwogen, den Mikroprogrammspeicher der Anlage EC1040 in Dünnschichttechnologie zu realisieren.

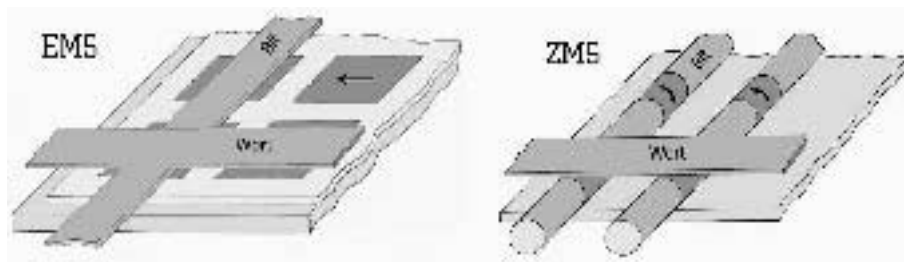


Abbildung 1: Varianten eines Dünnschichtspeichers

Im Institut für magnetische Werkstoffe Jena und im ZKI Berlin der Akademie der Wissenschaften sowie unter Mitwirkung der Universität Halle wurde die zylindrische Variante (ZMS) bearbeitet. Die Speicherschicht wurde hier elektrochemisch auf Drähte im Durchlaufverfahren aufgebracht.

Die dünnen magnetischen Schichten für Speichierzwecke waren eine Thematik von internationalem Interesse. Es gab dazu eine Reihe von Kolloquia, organisiert von Prof. Andrä, IMR, Jena und von Dr. D. O. Smith, MIT, Boston und durchgeführt in Jena, Japan, Boston und Irkutsk. Eine perspektivische Lösung für Arbeitsspeicher wurde ferner in supraleitenden Speicherelementen gesehen, die ebenfalls experimentell bearbeitet wurden. Im Rahmen weiterer Vorlaufarbeiten zu Plattenspeichern begannen 1969 auch erste Untersuchungen zu Dünnschicht-Magnetköpfen.

Im Zeitraum von 1971 bis 1973 wurden alle Arbeiten zur magnetischen Speicherung eingestellt, da sich bei Arbeitsspeichern abzeichnete, daß sich die Halbleitertechnologie durchsetzen wird und weil bei Plattenspeichern eine Spezialisierung im RGW zuungunsten der DDR beschlossen worden war.

2 Neubeginn 1980

Nach der Wiederaufnahme der Arbeiten zu Plattenspeichern im Jahre 1980 wurde für das Kleinrechnersystem K 1840 der Winchesterspeicher K 5502 mit einer Kapazität von 124 MB entwickelt, wiederum auf Basis einer verbesserten 14“-Platte mit metallischer Magnetschicht, an der die Technische Hochschule Ilmenau (Elektrochemie) beteiligt war. Als Grundlage für die Ferrit-Magnetköpfe wurde im VEB Keramische Werke Hermsdorf in Zusammenarbeit mit Robotron das isostatisch heißgepreßte Ausgangsmaterial entwickelt. Die Speicherfertigung erfolgte in einem neu errichteten Betrieb in Meiningen.

Eine Reihe von Forschungsleistungen konnte mit der Akademie der Wissenschaften vertraglich gebunden werden. Bei Robotron wurden die Arbeiten zum Dünnschicht-Magnetkopf wieder aufgenommen.

In den 80er Jahren gab es viel Bewegung bei den Plattenformaten, ausgelöst durch die Fortschritte bei der Speicherdichte und die Notwendigkeit, den Gegebenheiten bei Personalcomputern Rechnung zu tragen. Die Bedeutung des 14“-Formats ging zurück, die 8“-Platte wurde eingeführt, das 5,25“- und 3,5“-Format etablierten sich [Sa87a]. Für Forschungsarbeiten bei Robotron und den Vertragspartnern wurden ausschließlich 5,25“-Platten benutzt. Die sich beschleunigende internationale Entwicklung und die Unterbrechung der Arbeiten bei Robotron in den 70er Jahren führten dazu, daß sich der Abstand zum internationalen Niveau immer weiter vergrößerte.

Gegen Ende der 80er Jahre gab es mit dem Institut Manfred von Ardenne, Dresden, Aktivitäten zur Entwicklung einer Durchlauf-Sputteranlage für 5,25“-Speicherplatten, die jedoch nicht mehr zu greifbaren Ergebnissen führen konnten.

3 Vertragsleistungen

Die Thematik der Forschungsarbeiten bei den Vertragspartnern und bei Robotron waren an das Prinzip des Winchester-Speichers gebunden, wie es von IBM eingeführt und noch heute üblich ist. Bei Winchester-Speichern sind die Speicherplatten, die Magnetköpfe und das Zugriffssystem in einem abgeschlossenen Gehäuse untergebracht, das gewissen Reinraumbedingungen genügen muß (Abbildung 2). Der Gleiter als Träger des Magnet-systems besitzt zwei Kufen mit Anlaufschrägen. Die Magnetköpfe schweben in geringem Abstand, seinerzeit 200-300 nm, über den rotierenden Plattenoberflächen auf einem Luftpolster. Demzufolge handelt es sich nicht nur um ein elektro-magnetisches, sondern auch um ein recht diffiziles mechanisches Problem. Kopf-Platte-Berührungen können nämlich zum Crash führen und müssen daher weitgehend vermieden werden.

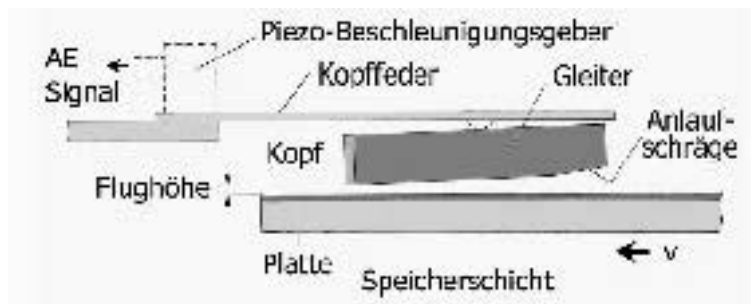


Abbildung 2: Prinzip des Winchester-Speichers

Eine aussagefähige Testmethode nutzt die Anregung mechanischer Schwingungen, die bei einem Kopf-Platte-Kontakt ausgelöst werden. Diese akustische Emission (AE) läßt sich sehr gut durch einen Piezo-Beschleunigungsgeber erfassen [Sa87b]. Abbildung 3 zeigt beispielsweise die akustische Emission durch eine singuläre Kopf-Platte-Berührung und das Signal bei einer unsauberen Plattenoberfläche. Die durch den Anstoß ausgelösten mechanischen Schwingungen klingen exponentiell ab. Testeinrichtungen dieser Art konnten vollständig mit in der DDR verfügbaren Bauelementen und Geräten aufgebaut werden.

Vertragspartner zur Problematik Flugverhalten waren die Spezialisten der Strömungs-mechanik im Institut für Mechanik der Akademie der Wissenschaften, Berlin. Hier ging es um die Simulation des Flugverhaltens sowie des Start- und Landevorgangs, um Fragen der Stabilität und Dimensionierung.

Eine weitere Forschungsaufgabe war die Senkrechtspeicherung, die aus physikalischen Gründen für sehr hohe Speicherdichten geeignet schien [An89]. Im Gegensatz zur konventionellen Längsspeicherung ist die stabile Lage des Magnetisierungsvektors senkrecht zur Schichtebene orientiert. Dazu muß eine entsprechende Kristall-Anisotropie durch eine säulenartige Schichtstruktur erzeugt werden. Daß das labormäßig gelungen ist, veranschaulicht Abbildung 4. Es zeigt das typische bipolare Lesesignal zweier Magnetisierungswechsel, wie man es mit einem üblichen Magnetkopf für Längsspeicherung erhält [Sa89]. Die gesputterten Schichtsysteme mit Kohlenstoff-Schutzschicht wurden vom Vertragspartner im Physikalisch-Technischen Institut der Akademie der Wissenschaften, Jena, hergestellt. Trotz intensiver Forschungstätigkeit konnte sich die Senkrechtspeicherung bis heute nicht durchsetzen, sondern wird immer noch diskutiert.



Abbildung 3: Akustische Emission



Abbildung 4: Lesesignal

Ein weiterer Vertragspartner war das Karl-Weierstraß-Institut für Mathematik der Akademie der Wissenschaften in Berlin. Hier ging es um die theoretische Erfassung der Ummagnetisierung der Magnetschicht unter dem Einfluß des Kopffeldes und um das dabei zu erwartende Lesesignal [SSS90], [SS89], [St88].

Im Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse der Akademie der Wissenschaften in Berlin wurde ein computergesteuertes Testsystem für Laboruntersuchungen an Platte/Kopfsystemen entwickelt und an Robotron übergeben [RSH89]. Ein Podium für den Informationsaustausch waren die Konferenzen zur Signalspeicherung, maßgeblich organisiert von Prof. H. Völz im ZKI der Akademie der Wissenschaften. Die Vertragspartner und Robotron waren daran regelmäßig beteiligt.

4 Dünnschicht-Magnetkopf

Ein Arbeitsschwerpunkt bei Robotron war der Dünnschicht-Magnetkopf. Abbildung 5 zeigt ein Schliffbild eines solchen Kopfsystems mit einer zweilagigen Spule aus 24 Windungen. Hierfür waren insgesamt 23 Haft- und Funktionsschichten nötig, die aus funktionellen Gründen beziehungsweise wegen der erforderlichen mechanischen Bearbeitung eine relativ große Dicke haben mußten. Die Polschenkel sind $5\mu\text{m}$ dick, die Kupferleiter $3\mu\text{m}$, und mit den dazwischenliegenden Isolierschichten aus gesputtertem Aluminiumoxid ergeben sich ca. $20\mu\text{m}$ für das Außenmaß an dem Magnetjoch. Im Bereich des Kopfspaltes muß sich das Schichtpaket so verjüngen, daß eine Spaltweite von seinerzeit etwa 500 nm entsteht.

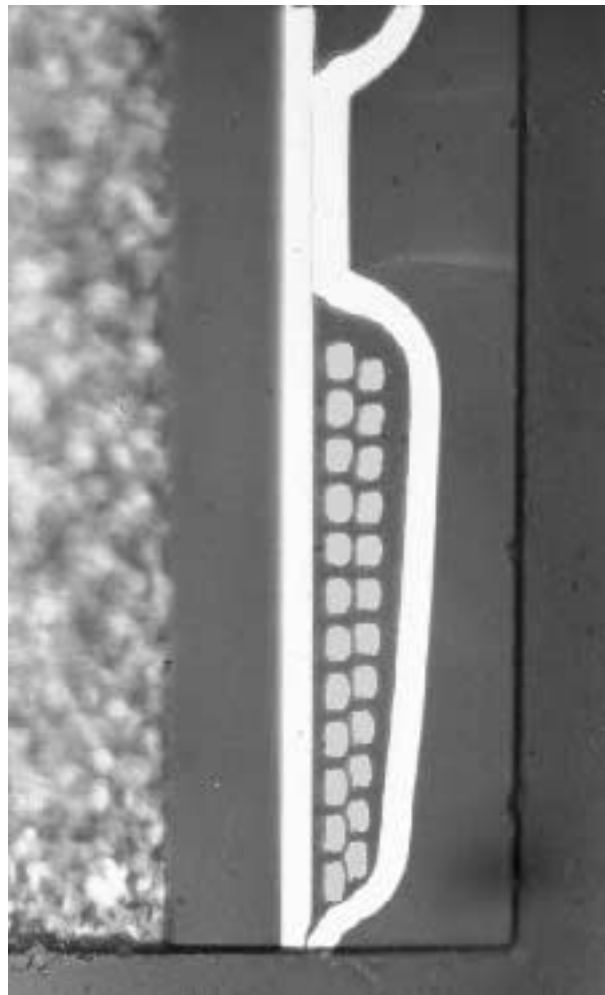


Abbildung 5: Schliffbild

Für das Schichtsystem konnten teilweise verfügbare Technologien und Anlagen aus der Schaltungsfertigung genutzt werden. Andererseits erforderten die verschiedenartigen Materialien und Schichtdicken spezielle Lösungen. Die Kupferlage und die Magnetschichten wurden elektrochemisch hergestellt. Für die Ni-Fe-Magnetschichten durfte die Abweichung von der optimalen Zusammensetzung nicht mehr als 1 % betragen. Diesen hohen Anforderungen wurde durch eine eigenentwickelte, computergesteuerte Anlage entsprochen, die die Elektrolytkonzentration im Minutentakt analysierte und erforderlichenfalls automatisch korrigierte.

Abbildung 6 zeigt einen fertigen Wafer mit 576 Kopfsystemen auf einem Keramiksubstrat aus Aluminiumoxid und Titankarbid, welches sehr hohe Anforderungen hinsichtlich Porenfreiheit und Feinkörnigkeit zu erfüllen hatte. Es wurde im VEB Keramische Werke Hermsdorf in Zusammenarbeit mit Robotron in der geforderten Qualität entwickelt. Es gab seinerzeit nur wenige Firmen außerhalb Europas, die dieses sehr teure und schwer beschaffbare Material herstellen konnten. Da der abgebildete Wafer nur für Laboruntersuchungen gedacht war, wurde für jede der beiden Gleitkufen ein Kopfsystem vorgesehen. Ein einzelnes Kopfsystem mit den Spulenanschlüssen und den Marken für die nachfolgende mechanische Bearbeitung ist in Abbildung 7 zu sehen. Aus dem 4 mm dicken Wafer müssen die Gleiter herausgearbeitet werden (Abbildung 8). Zunächst wird der Wafer in Zeilen zerschnitten. Besonders kritisch ist die Bearbeitung der Unterseite, da hier über die optimale Spalttiefe und die Qualität der Gleiterkufen entschieden wird.

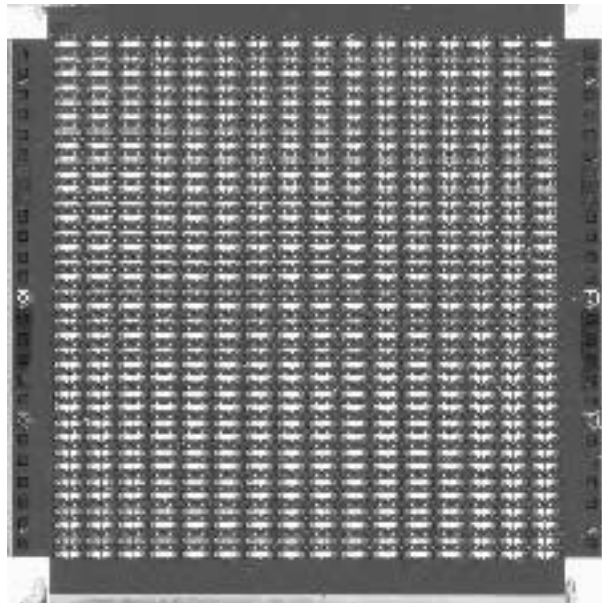


Abbildung 6: Wafer mit Kopfsystemen

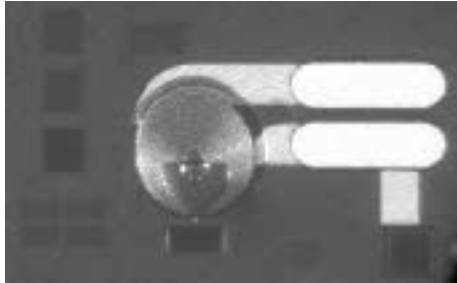


Abbildung 7: Einzelnes Kopfsystem

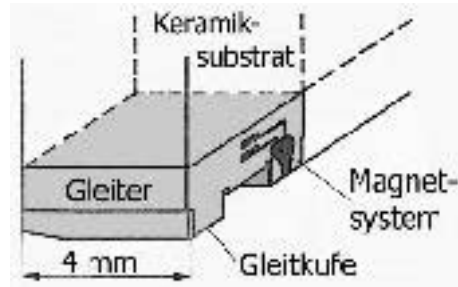


Abbildung 8: Herausarbeiten des Gleiters

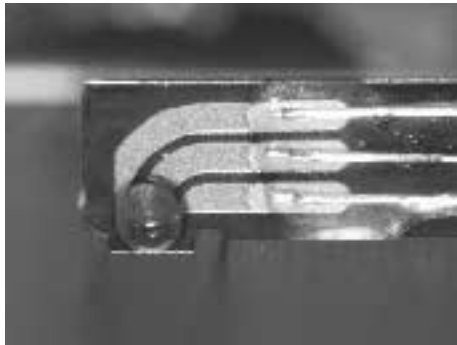


Abbildung 9 zeigt einen Teil der Rückseite eines fertigen Dünnschichtkopfes, hier mit einem Mittelabgriff an der Spule. Das Kopfsystem befindet sich auf einer der Gleitkufen.

Abbildung 9: Rückseite eines Dünnschichtkopfes

5 Die Situation nach 1989

Ab November 1990 liefen die Arbeiten zum Dünnschichtkopf weiter unter der Zuordnung „Robotron Präzisionstechnik und Elektronik GmbH, Hartmannsdorf/Sa, Geschäftsbereich Speichertechnik Dresden“. Die mechanische Bearbeitung und Endprüfung wurde von dem Hartmannsdorfer Unternehmen übernommen. Nach Prüfung der im Labormaßstab hergestellten Dünnschichtköpfe durch interessierte Firmen gab es Planungen zum Aufbau einer Waferfertigung in Sömmerda, aber im September 1992 wurden alle Arbeiten eingestellt.

Die Darstellungen zum Dünnschicht-Magnetkopf wurden in dankenswerter Weise durch Herrn Dr.-Ing. M. Deger unterstützt.

Literaturverzeichnis

- [An89] Andrä, W.: Theoretische Aspekte der Senkrecht-Speicherung. In: 8. Konf. Magn. Signalspeicher, Bechyné 1989, S. 432.
- [RSH89] Riech, W.; Säckl, A.; Hänisch, S.: Speichervierpolmeßplatz. In: 8. Konf. Magn. Signalspeicher, Bechyné 1989, S. 34.
- [Sa87a] Salzmann, G.: Plattenspeicher - Stand und Entwicklungstendenzen. In: 7. Konf. Magn. Signalspeicher (3), Neubrandenburg 1987, S. 58.
- [Sa87b] Salzmann, G.: Zur Testung der Oberflächenbeschaffenheit rotierender Scheiben im Submikrometerbereich. In: 7. Konf. Magn. Signalspeicher (3), Neubrandenburg, 1987, S. 72.
- [Sa89] Salzmann, G.: Untersuchungen zur Senkrechtspeicherung mit Vektor-Aufzeichnung. In: 8. Konf. Magn. Signalspeicher, Bechyné 1989, S. 454.
- [SSS90] Salzmann, G.; Sandmann, H.; Strese, H.: Was ein Partikel unter dem Magnetkopf erlebt. In: J. Rec. Mater. 18 (1990), 3, S. 220.
- [SS89] Schmidt, G.; Strese, H.: Numerische Untersuchung von Magnetköpfen. In: 8. Konf. Magn. Signalspeicher, Bechyné 1989, S. 951.
- [St88] Strese, H.: Zur Berechnung des Wirkungsgrades von integrierten Köpfen. In: J. Rec. Mater. 16 (1988) 2, S. 151.