

Helium-Festplatte von Seagate basiert auf jahrzehntelanger bewährter Forschung

Whitepaper

Die Möglichkeit, Helium (*He*) im Innenraum von Festplatten (HDDs) zu nutzen, galt lange Zeit als der heilige Gral im Bereich der rotierenden Magnetspeicher. Nach vielen Jahrzehnten der Forschung und Entwicklung steht praktisch außer Diskussion, dass durch den Austausch von Luft gegen Helium im Gehäuse des Magnetspeichers die Speicherdichte verbessert wird (da Helium aufgrund seiner geringen Dichte weniger widerstandsbedingte Vibrationen verursacht), der für den Spindelantrieb erforderliche Energiebedarf reduziert wird (da Helium eine geringere Spindelleistung erfordert) und Anstiege der Gerätetemperatur (aufgrund der höheren Wärmeleitfähigkeit von Helium) begrenzt werden. Mit Einführung der Enterprise Capacity 3.5 HDD mit 10 TB stellt Seagate seine Helium-HDD-Technologie dem wachsenden Markt für cloudgestützte Rechenzentren bereit, der nach einzigartigen und robusten Speicherlösungen verlangt.

Die Anfangsjahre der Helium-Festplatte als Konzept

In den 60er Jahren entwickelte Control Data (einer der Pioniere im Bereich Computerforschung und -technologie) eine heliumgefüllte Rotationstrommel. Andere Firmen unternahmen ähnliche Versuche, um Festplatten mit Helium zu füllen. All diese Produkte nutzten externe Heliumtanks, um die Helium-Atmosphäre im Inneren zu erhalten und anzureichern. Dies erwies sich jedoch als ineffiziente und äußerst kostspielige Methode, mit der nur eine sehr geringe Anzahl von Festplatten produziert werden konnte. Ende der 70-er Jahre wurde aus Control Data schließlich Magnetic Peripherals, Inc. (MPI) – ein Anbieter von Speicherlösungen für Unternehmen, die nicht mit IBM-Computern arbeiteten.

In den 80er Jahren wurde die Arbeit an heliumgefüllten Festplatten erneut aufgenommen. IBM und Nippon Telephone and Telegraph (NTT) entwickelten Head-Disk-Assemblies (HDA), die in großen heliumgefüllten Metallbehältern verschlossen waren (sogenannte „drive/HDA-in-a-can“). Das Modell von IBM, das für eine 14-Zoll-Festplatte konzipiert war, hatte das Format einer kurzen, ungefähr 30 cm großen 208-Liter-Trommel und war mit einem einfachen *Konservenverschluss* versiegelt. Auch bei MPI wurden die Durchführbarkeitsstudien und Forschungen für Helium-Festplatten wieder aufgenommen. Aus diesen Bemühungen ging jedoch nur eine einzige Produkteinführung hervor. Es handelt sich hier um die Helium-Festplatte *Patty*, die für NTT in Japan produziert wurde, aber bei NTT aufgrund ihres schnellen Heliumverlusts durch Permeation überwiegend als Misserfolg angesehen wird. Mit Permeation ist das Austreten des Heliums durch gewisse Poren in Feststoffen gemeint. Mit anderen Worten, die ursprüngliche Versiegelung der Helium-Festplatte von NTT war nicht ausreichend, um Permeation zu verhindern.

Helium-Festplatte von Seagate basiert auf jahrzehntelanger bewährter Forschung



Ende der 90er-Jahre kam es durch eine deutliche Zunahme von Bits pro Zoll, insbesondere von Spuren pro Zoll, zu einer rasanten Erhöhung der Speicherdichte. Die höhere Speicherdichte erforderte eine Kopfabstandsverringerung des Wandlers und dementsprechend dünnere Kopf- und Scheibenbeschichtungen. Zusätzlich zur höheren Speicherdichte wollte man dann aber auch leistungsstärkere Festplatten haben. Aufgrund der Nachfrage nach einem höheren Datendurchsatz kam es dann zur Einführung der Enterprise HDD mit 10.000 bzw. 15.000 U/min und einer deutlich höheren Toleranz gegenüber widerstandsbedingten Vibrationen. Auch wurde erneut eine versiegelte HDA mit einer fast vollkommen reinen Helium-Atmosphäre eingeführt, die eine Kombination aus höherer Spurdichte, dünneren Beschichtungen und höherer Spindelgeschwindigkeit ermöglichen sollte.

In den 90er Jahren gab es immer wieder Präsentationen und Publikationen, die sich mit den Grundlagen der Verwendung und Auswirkung von Helium-Festplatten befassten. Um eine weitere Erhöhung der Speicherdichte zu erreichen, konzentrierte man sich jedoch speziell auf die Verwendung von besonders dünnen Beschichtungen oder sogar auf die Entfernung der Kopf- und Scheibenbeschichtung in der neutralen Helium-Atmosphäre. Neben Maxtor hatte auch Seagate Anfang des 21. Jahrhunderts mit der Entwicklung heliumbasierter Festplatten begonnen. Tatsächlich wählten Maxtor und Seagate unabhängig voneinander sehr ähnliche Wege. Beide Unternehmen entwickelten und produzierten nämlich eine versiegelte All-in-One-HDA. Motiviert wurde diese Entwicklung durch die geringen Anfangskosten, die im Vergleich zu den Kosten der Laserschweißung äußerst günstig erschienen.

Seagate übernimmt Maxtor und konsolidiert Forschung hinsichtlich Helium-Festplatten

Als Seagate Anfang 2006 das Unternehmen Maxtor übernahm, hatten beide Anbieter bereits hermetische, heliumgefüllte HDAs mit einer komprimierbaren C-Dichtung entwickelt, die sich zwischen der Grundplatte und der Abdeckung befand. Diese C-Dichtung wurde verwendet, um die HDA für Festplattentests zu verschließen. Die HDA konnte dadurch nachbearbeitet werden (wofür möglicherweise eine neue C-Dichtung benötigt wurde) und zudem war auch eine Versiegelung von bis zu fünf Jahren möglich. Obwohl auch andere technische Möglichkeiten bestanden, wurden herkömmliche C-Dichtungen nur in runder Form hergestellt. Da aber HDAs für Festplatten nicht rund sind, benötigte man kostspielige spezielle C-Dichtungen, für die wiederum Hochgeschwindigkeits-Beschichtungsanlagen und neue Fabriken erforderlich waren. Ein technisches Problem, das nie ganz geklärt wurde, war die geringe Erschütterungsfestigkeit der komprimierten C-Dichtung. Zum Beispiel konnte sich manchmal bei einer Helium-Festplatte nach einer Erschütterung durch einen einmaligen *Heliumaustritt* eine erhöhte Undichtigkeit bzw. ein erhöhter Helium-Verlust ergeben.

Aus der Übernahme von Maxtor durch Seagate ergaben sich signifikante Synergien zwischen den Bemühungen der beiden Teams in der Entwicklung von Helium-Festplatten. Hinsichtlich heliumgefüllter, versiegelter HDAs hatten beide Unternehmen nämlich bereits unabhängig voneinander fast das gesamte Spektrum möglicher Modelle entwickelt oder abgedeckt. Der einzige Doppelaufwand bestand praktisch in der Entwicklung der C-Dichtung für die Bodenabdeckung (Tabelle 1).

Tabelle 1: Entwicklungen hinsichtlich HDA bei Seagate und Maxtor

Seagate	Maxtor
C-Dichtung für Bodenabdeckung	C-Dichtung für Bodenabdeckung
Assemblies nebst Glasdurchführungen mit fortschrittlichem Design, zum Beispiel mit mehreren Stiften in der Glasdichtung und mit Epoxid gebundener Niedertemperatur-Einbrand-Keramik-Verbindung (LTCC-Verbindung).	mit Epoxid versiegelte Assembly aus gegossenem Kunststoff mit Steckbolzen
Bodenplatte und Abdeckung aus geschmiedetem Aluminium	Bodenplatten und Abdeckungen aus druckgegossenem Aluminium mit doppelter Epoxid-Imprägnierung
durch Epoxid versiegelte, federbelastete Füllventile mit Elastomerkugel	gestanztes Kugel-Füllventil
Abdeckung mit komprimierter Erfassung der Spindel- und Antriebswellen ohne Durchgangslöcher oder externe Schrauben	Superseal-Öffnungsdichtungen mit durch Wärme befestigtem und durch Metallfolie beschichtetem Haftklebstoff PSA

Seagate verfolgte die Weiterentwicklung des durch Wärme befestigten, mit Metallfolie beschichteten Haftklebstoffs PSA zur Abschlussdichtung und entwickelte das entsprechende Produktions-Know-how, um eine Lebensdauer von 5 Jahren zu garantieren. Darüber hinaus entwickelte und patentierte Seagate ein erstes Konzept für eine HDA mit lasergeschweißter Abdeckung und nutzte diese lasergeschweißten Abdeckungen später für die Produktion von Bodenplatten aus druckgegossenem und geschmiedetem Aluminium. Andere Entwürfe für versiegelte Festplatten wurden wegen übermäßiger Komplexität abgelehnt.

Seagate und Maxtor untersuchten und entwickelten zudem die folgenden zusammenhängenden Technologien:

- hermetische Steckverbindungen – Lese- und Schreib- sowie auch Stromverbindungen zwischen der internen Head Stack Assembly (HSA) und der externen bedruckten Leiterplatte (CCA)
- hermetische Bodenplatten und Abdeckungen aus Aluminium
- Füllventile
- Öffnungsdichtungen

Weitere Entwicklungen im Festplattenbereich verhelfen Helium zum Durchbruch

Mittlerweile hatte sich das Wachstum der Festplattenspeicherdichte verlangsamt, wodurch die unmittelbare Nachfrage nach Helium-Festplatten zurückging.

Helium-Festplatte von Seagate basiert auf jahrzehntelanger bewährter Forschung



Der Umstieg von 3,5-Zoll- auf geschäftskritische 2,5-Zoll-Festplatten mit höheren Drehzahlen hatte ähnliche Auswirkungen und sorgte dafür, dass das Interesse an Helium-Festplatten abnahm. Bei den kleineren 2,5-Zoll-Festplatten, die gelegentlich auch mit Luftstromregelung-Funktionen (z. B. Separatorplatten) kombiniert wurden, traten deutlich weniger luftstrombedingte Turbulenzen auf. Natürlich war auch dies ein Grund für die Verzögerung der unmittelbaren Nachfrage nach Helium-Festplatten. Da sich die Speicherdichte weiterhin nur langsam erhöhte, war für die Erhöhung der Kapazität einer herkömmlichen 3,5-Zoll-Festplatte mit 7.200 U/min nun das Hinzufügen weiterer Scheiben (Platter) nötig. Zunächst wurden vier bis fünf und schließlich sechs Standard-Scheiben mit 3,5 Zoll pro Festplatte eingesetzt. Aufgrund von Beschränkungen hinsichtlich des Formfaktors war es jedoch nicht möglich, die Anzahl der 0,13 cm dicken Standard-Scheiben zu erhöhen.

Der Einsatz einer höheren Anzahl von dünneren Scheiben ist zudem nicht umsetzbar, weil der Luftwiderstand gewisse Turbulenzen verursacht und eine Geschwindigkeit von 7.200 U/min bei der gewünschten Spurendichte somit nicht möglich ist. Die einzige Möglichkeit, den Luftwiderstand in Festplatten mit Luftfüllung zu reduzieren, ist eine signifikante Verringerung der Spindelgeschwindigkeit (Drehzahl). Aber ein Großteil des relevanten Markts ist angesichts des dadurch entstehenden Leistungs- und Durchsatzverlusts nicht bereit, eine solche geringere Drehzahl zu akzeptieren. Die Helium-Festplatten sind demnach die einzig umsetzbare Lösung zur Bereitstellung einer höheren Kapazität, da sie den Einsatz einer größeren Anzahl von dünneren Scheiben erlauben.

Ein weiterer Faktor, der die aktuelle Nachfrage nach Helium-Festplatten beeinflusst, ist der um bis zu 25 % geringere Stromverbrauch dieser Produkte, der der geringeren Heliumdichte zu verdanken ist. In einer mit Helium-Festplatten ausgestatteten Serverfarm kann diese Energieeinsparung von bis zu 2 Watt sogar erheblich zur Stromeinsparung im gesamten System beitragen. Auch die geringere Betriebstemperatur der Helium-Festplatten ermöglicht diese erhebliche Energieeinsparung auf Systemebene, da Lüftergeschwindigkeit und Klimatisierung der Server reduziert werden können.

Der Bedarf an geschäftskritischen Festplatten mit höherer Scheibenanzahl und geringerem Stromverbrauch führt zu starkem Interesse sowie erhöhter Nachfrage nach Helium-Festplatten. Und nun da der Markt für Helium-Festplatten als rentabel gilt, kann Seagate auf seine bereits entwickelten Konstruktionen und Techniken zum Versiegeln von Helium zurückgreifen und entsprechend die Seagate® Enterprise Capacity 3.5 HDD mit 10 TB einführen.

In diesem Zusammenhang entschied sich Seagate u. a. für:

- in mehreren Schritten geschmiedete Bodenplatte aus Aluminium
- vollständig versiegeltes HDA-Design mit lasergeschweißter Abschlussabdeckung

- durch Epoxidkleber gebundenes, hermetisches LTCC-Leergehäuse
- interne, digitale HDA-Umgebungssensoren zur Messung von relativer Luftfeuchtigkeit, Heliumdruck und -temperatur
- internes HDA-Umgebungssteuerungsmodul (ECM) zur Regelung von relativer Luftfeuchtigkeit und Gasaustritt
- durch Epoxidkleber versiegelte Spindelwelle und Anschlussdrähte
- Füllöffnung mit mehrschichtiger Abschlussdichtung

Enterprise Capacity 3.5 HDD mit 10 TB von Seagate und Helium-Festplatte von HGST im Vergleich

Bei einem Vergleich der Enterprise Capacity 3.5 HDD mit 10 TB mit der Helium-Festplatte von HGST (erhältlich mit 6 TB und 8 TB) sind enorme Unterschiede erkennbar (Tabelle 2).

Tabelle 2 – Enterprise Capacity 3.5 HDD mit 10 TB von Seagate und Helium-Festplatte von HGST im Vergleich

	Seagate	HGST
Versiegelte Bodenplatte	Bodenplatte aus geschmiedetem Aluminium: in mehrstufigem Verfahren mit „Near-Net-Shape“-Technik aus Aluminium-Strangpressprofil 6061 geschmiedet	Bodenplatte aus druckgegossenem Aluminium: dichte Außenschale, innen jedoch mit porös zwischen den Aluminiumwänden
Lasergeschweißte Endabdeckung	Endabdeckung wird durch modulierten Dauerstrichlaser auf die geschmiedete Bodenplatte geschweißt.	Nutzt gepulsten Laser, um die Endabdeckung auf die druckgegossene Bodenplatte zu schweißen
Hermetische Durchführung für HSA	Mit Epoxid gebundene Nieder temperatur-Einbrand-Keramik-Verbindung	Eingelötete Glasdurchführung mit Steckverbindungen auf flacher Stahlplatte
Interne HDA-Umgebungssensoren	Nutzt hochpräzise digitale MEMS-Sensoren	Keine digitalen Umgebungssensoren in der versiegelten HDA

Versiegelte Bodenplatte

Die Enterprise Capacity 3.5 HDD mit 10 TB zeigt keine Durchlässigkeit, da die Festplatte an allen Stellen gleichermaßen dicht versiegelt ist und daher normalerweise keine Risse auftreten. Aus diesem Grund benötigt die Festplatte von Seagate keine zusätzliche Epoxideinspritzung. Auch die Schweißlippe zeigt keine Porositätfälligkeit – ein Problem, das zu Fehlstellen in der Schweißung führen könnte.

Selbst wenn HGST seine früheren Produktionsprobleme inzwischen behoben hat, die durch Porositäten in den Druckgussteilen entstanden waren, nutzt das Unternehmen immer noch eine Notmaßnahme zur Versiegelung möglicher, durch Porosität verursachter Risse, die mit der Zeit und unter Temperaturunterschieden auftreten könnten.

Helium-Festplatte von Seagate basiert auf jahrzehntelanger bewährter Forschung



Lasergeschweißte Endabdeckung

HGST nutzt einen gepulsten Laser, um die Endabdeckung auf die druckgegossene Aluminiumplatte zu schweißen. Die dadurch entstehende Schweißnaht hat nicht einmal die halbe Breite der 1 mm breiten Schweißlippe, auf der die Endabdeckung angebracht ist. Dieser Mangel war der Grund dafür, dass mehrere Produkte aufgrund von Beschädigungen, die zu Heliumlecks führten, zurückgesendet wurden.

Seagate hingegen verwendet zum Zusammenschweißen von Endabdeckung und geschmiedeter Bodenplatte einen modulierten Dauerstrichlaser. Die daraus resultierende Schweißnaht hat die volle Breite der 1 mm breiten Lippe, auf der die Endabdeckung sitzt. Diese Art der Schweißung ist robuster und resistenter gegen Beschädigungen.

Hermetische Durchführung für HSA

HGST verwendet eine eingelötete Glasdurchführung mit Steckverbindungen, die auf eine flache Stahlplatte gelötet ist. Dieser Ansatz stammt aus der Raumfahrttechnik der 60er Jahre. Er wird auch für dreipolige Kontakte in der Kälteerzeugung und in Motoren verwendet. Bei einer hermetischen Durchführung gibt es jedoch zwei wesentliche Probleme:

1. Sie muss in die Aluminiumplatte eingelötet werden; dabei entsteht eine bimetallische Oberfläche, die bei thermischen Schwankungen zur Rissbildung neigt.
2. Die empfindlichen Steckbolzen und Anschlüsse der 90-er Jahre weisen bei offenen oder schwächeren Verbindungen im Hinblick auf die Anzahl der fehlerhaften Teile pro Million (DPPM) deutliche Mängel auf.

Seagate verwendet eine durch Epoxid gebundene Niedertemperatur-Einbrand-Keramik-Verbindung. Diese Technologie ermöglicht Köpfe mit höherer Datenrate, die eine höhere Anzahl von Steckverbindungen erfordern. Sie bietet Widerstand gegen extreme Temperaturschwankungen und nutzt die nachweislich bewährten Kompressionsstecker herkömmlicher Festplatten.

Interne HDA-Umgebungssensoren

Abgesehen von einem wenig genauen Thermistor zur Temperaturmessung bietet die Helium-Festplatte von HGST keine digitalen Umgebungssensoren.

Seagate verwendet dagegen hochpräzise digitale MEMS-Sensoren zur Messung von Temperatur, Druck und relativer Luftfeuchtigkeit. Diese Messungen dienen zur Verbesserung der Zuverlässigkeit und der Lese- und Schreibleistung der Schnittstelle zwischen Kopf und Scheibe sowie zur Kontrolle der Qualität der versiegelten Helium-Atmosphäre.

Fazit

Das leistungsstarke und für eine hohe Anzahl von Verbindungen geeignete hermetische LTCC-Leergehäuse von Seagate und seine nicht poröse Bodenplatte aus geschmiedetem Aluminium ermöglichen stabile, dünne Querschnitte, eine robuste, lasergeschweißte Endabdeckung über die volle Breite sowie digitale Umgebungssensoren zur Überwachung der internen HDA-Umgebung und zur präzisen Kontrolle des Abstands zwischen Scheibe und Kopf, um eine langfristige Zuverlässigkeit und Lese- und Schreibleistung zu gewährleisten.

Im Hinblick auf Bereitstellung einer noch höheren Kapazität, um dem zukünftigen enormen Datenbedarf der Cloud gerecht zu werden, entwickelt Seagate ein solides Fundament an Technologien und Lösungen der Enterprise-Klasse, um Durchsatz und Speicherdichte seiner Festplatten noch weiter erhöhen zu können.

seagate.com

NORD- UND SÜDAMERIKA
ASIEN/PAZIFIK
EUROPA, NAHER OSTEN UND AFRIKA

Seagate Technology LLC 10200 South De Anza Boulevard, Cupertino, California 95014, United States, +1 408 658 1000
Seagate Singapore International Headquarters Pte. Ltd. 7000 Ang Mo Kio Avenue 5, Singapore 569877, +65 6485 3888
Seagate Technology SAS 16-18 rue du Dôme, 92100 Boulogne-Billancourt, France, +33 1 41 86 10 00