Livre blanc

Qu'est-ce que Mozaic 3+, comment cette technologie fonctionne-t-elle et que peut-elle faire pour mon centre de données ?

Découvrez comment la plate-forme de disques durs révolutionnaire de Seagate permet d'atteindre une densité surfacique inégalée pour un stockage durable et de grande capacité.

17/01/2024

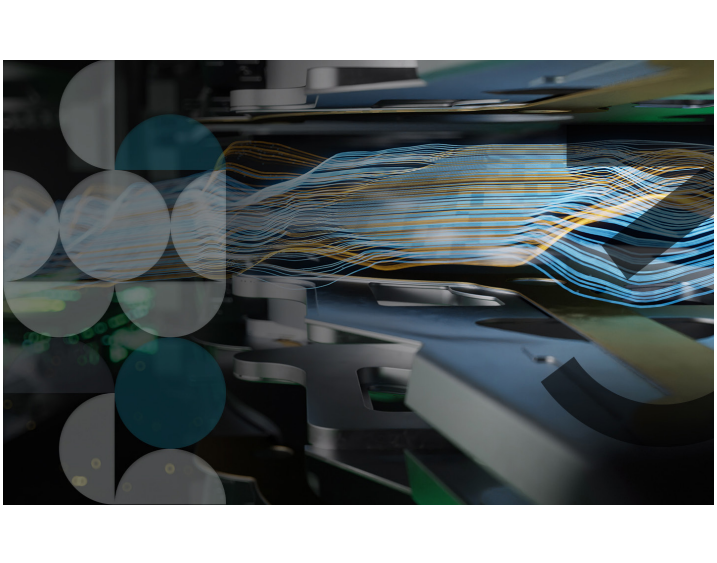


Table des matières

Découvrez Mozaic 3+

En quoi la densité surfacique est-elle importante pour les entreprises ?

Les avantages de Mozaic 3+ pour les centres de données cloud et d'entreprise

Comment la plate-forme fonctionne-t-elle ?

Révélations sur la technologie Mozaic 3+

Au-delà du cloud : l'avenir des applications gourmandes en données

Découvrez Mozaic 3+

Avec le cloud computing, l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique qui catalysent une génération de données sans précédent, la demande insatiable en capacité de stockage de données est un défi qui ne cesse de s'intensifier. Le stockage de masse extensible est plus crucial que jamais, et Seagate a des années d'avance pour fournir la solution la plus viable : une avancée révolutionnaire en matière de densité surfacique par plateau qui permet une plus grande évolutivité, un coût total de possession (TCO) réduit et une durabilité améliorée pour un impact moindre sur la planète.

Seagate a récemment lancé sa plate-forme technologique de pointe Mozaic 3+™ qui intègre la mise en œuvre novatrice de l'enregistrement magnétique assisté par laser (HAMR) de Seagate. Ce lancement annonce des densités surfaciques inégalées de plus de 3 To par plateau, ainsi qu'une feuille de route qui prévoit d'atteindre plus de 4 To et plus de 5 To par plateau dans les années à venir. Les disques durs Seagate Exos de 30TB+ équipés de Mozaic 3+ seront livrés au premier trimestre 2024 aux principaux clients du cloud.

Mozaic 3+ est un exploit d'ingénierie atomique. C'est le fruit d'un travail de recherche et de développement, de courage et de détermination, d'investissement et de confiance. Un chef-d'œuvre de chaleur, de lumière et de bits. Avec Mozaic 3+, les données sont stockées sur des supports à des niveaux de densité jusqu'alors inconcevables, tout en utilisant les mêmes ressources matérielles et en étant livrées dans le même format de 3,5 pouces que tous les disques durs d'entreprise Seagate. Les disques Mozaic sont entièrement compatibles avec les centres de données actuels et dépassent toutes les spécifications des clients en matière de performances, de fiabilité et de robustesse.

Mozaic 3+ est une réponse à l'appel de l'écosystème cloud en constante expansion, et aux innombrables exaoctets qu'il va inévitablement générer. C'est ainsi que les opérateurs de centres de données pourront stocker une plus grande quantité de ces exaoctets dans le même espace, ce qui se traduira par des économies massives en termes de coût total de possession, y compris en termes de coûts d'acquisition et d'exploitation.

Mozaic 3+ représente un point d'inflexion dans le secteur du stockage. C'est aujourd'hui que l'avenir s'écrit.

En quoi la densité surfacique est-elle importante pour les entreprises ?

La réponse est simple. La croissance des données est plus rapide que la capacité mondiale à les stocker. En 2024, la population de la Terre générera 30 zettaoctets de données chaque année, mais seulement 2 zettaoctets de capacité de stockage sont fabriqués chaque année[1].

Il est essentiel que les entreprises disposent des outils nécessaires pour exploiter la valeur intrinsèque de toutes les données disponibles. Et la pression ne fait qu'augmenter. La création, l'exploitation et le développement de centres de données comptent parmi les principaux défis de nos clients, mais ils représentent également l'une de leurs plus grandes opportunités. Deux forces s'opposent : la création explosive de données et la raréfaction des ressources.

- La création explosive de données et la capacité à les capturer permettent d'enrichir les informations client et de créer de nouvelles opportunités de revenus, ce qui accélère la production d'IA, qui dépend alors de la disponibilité de toutes ces données. D'ici 2027, nous prévoyons la création de 279 zettaoctets.
- Dans le même temps, alors que la mise en place d'un centre de données peut coûter de 1 à 1,5 milliard, les entreprises sont confrontées à une pénurie de ressources sous la forme d'espace, d'électricité et de budget.

Création explosive de données
et
Raréfaction des ressources

Avec l'explosion de l'IA, les clients du cloud et des centres de données se sont empressés d'investir et de fournir des services d'IA pour répondre à la demande, en se concentrant dans un premier temps sur la mise en place d'une architecture de calcul et d'IA. Une fois cette infrastructure établie, les besoins en stockage augmenteront rapidement. Pour relever ces défis, les entreprises doivent rapidement augmenter leur capacité de stockage. Pour ce faire, elles chercheront à réduire le coût par To et l'impact sur les ressources. La technologie avancée de densité surfacique permet aux clients de répondre à ces exigences.

Mozaic 3+ est une architecture de disque dur conçue pour offrir une capacité nettement supérieure sans utiliser d'énergie ou de ressources supplémentaires. L'avantage de Seagate en matière de densité surfacique permet de fournir la solution la plus simple et la plus élégante pour augmenter la capacité des centres de données. Cela permet d'éviter des approches moins efficaces pour augmenter la capacité, telles que l'ajout de plateaux, de têtes et de composants électroniques, qui ont tendance à augmenter les coûts des matériaux et d'exploitation, la consommation d'énergie, l'utilisation des ressources et les émissions de gaz à effet de serre.

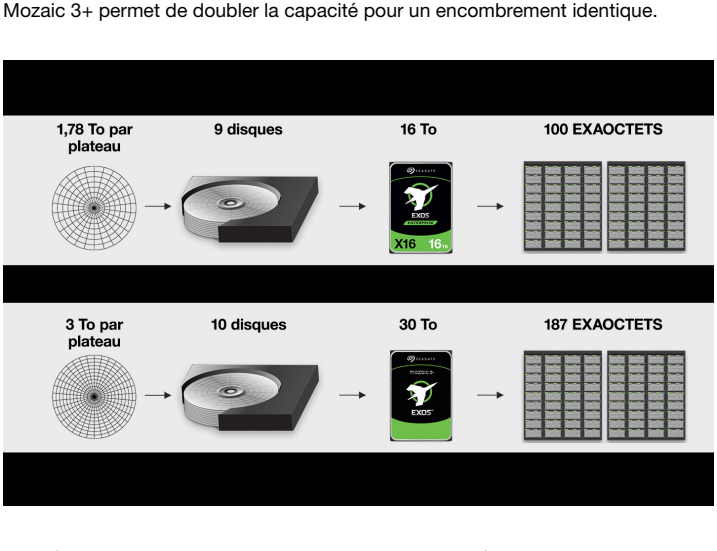
Les avantages de Mozaic 3+ pour les centres de données cloud et d'entreprise

Évolutivité, coût total de possession et durabilité

Les disques durs Mozaic constituent les solutions de stockage les plus efficaces au monde, capables de réduire les coûts d'acquisition et d'exploitation tout en augmentant la productivité. Grâce à la densité surfacique accrue de Mozaic, les clients peuvent stocker davantage de données sans augmenter leur consommation d'espace, d'énergie ou de ressources naturelles.

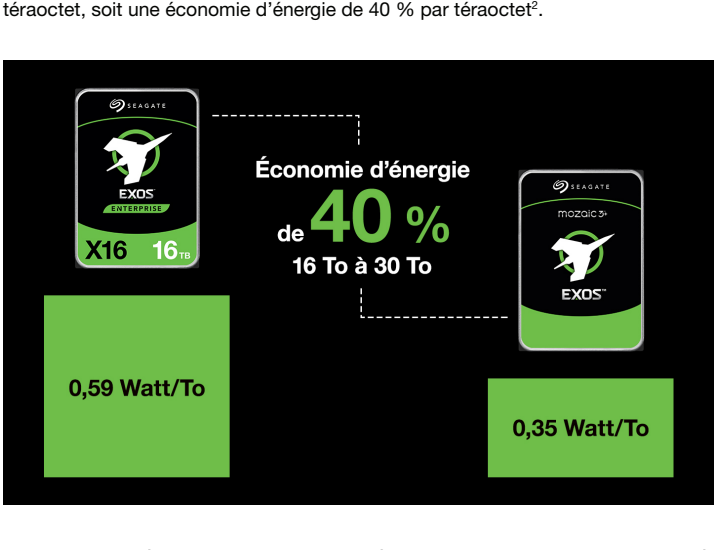
Mosaic 3+ arrive à point nommé pour permettre aux entreprises de s'adapter aux applications émergentes et à la croissance explosive des données. Les clients peuvent désormais plus facilement construire une nouvelle infrastructure ou optimiser l'infrastructure existante pour maximiser la densité et l'efficacité du stockage. Les centres de données peuvent désormais conserver et exploiter plus de données à moindre coût pour l'analyse, l'archivage, la livraison de contenus et la reprise après sinistre, et commencent à combler l'écart considérable existant entre les données créées et les données stockées.

L'innovation Seagate en matière de densité surfacique, qui augmente le nombre de bits pouvant être stockés sur un plateau, résout les problèmes courants du secteur. Mozaic 3+ permet aux clients de stocker davantage de données dans le même espace. Le passage d'un disque à enregistrement magnétique perpendiculaire (PMR) conventionnel de 16 To (la capacité moyenne dans les grands centres de données) à un disque Exos de 30 To doté de la technologie Mozaic 3+ permet de doubler la capacité pour un encombrement identique.



Le coût total de possession est primordial pour les opérateurs de centres de données, et Mozaic 3+ se distingue à cet égard. Les disques durs de Seagate offrent désormais la densité surfacique par plateau la plus élevée du secteur avec 3 To, avec pour objectif une densité surfacique de 5 To et au-delà pour permettre l'utilisation de disques de plus de 50 To dans les années à venir.

La plate-forme utilise à peu près les mêmes composants matériels que les disques durs PMR tout en augmentant considérablement la capacité, ce qui permet aux centres de données de réduire considérablement les coûts d'acquisition et d'exploitation du stockage, notamment en réduisant de 40 % la consommation d'énergie par téraoctet. Un disque CMR standard de 16 To avec une densité surfacique de 1,78 To/plateau utilise 0,59 watt par téraoctet. À titre de comparaison, un disque Seagate Exos de 30 To doté de la technologie Mozaic 3+ avec une densité surfacique de 3 To/plateau utilise 0,35 watt par téraoctet, soit une économie d'énergie de 40 % par téraoctet[2].



Mozaic 3+ peut également aider les clients à atteindre leurs objectifs de durabilité, une priorité absolue pour les grands centres de données, en offrant une réduction de 55 % du carbone incorporé par téraoctet[3].

Compatibilité et fiabilité éprouvées

Les disques Mozaic 3+ s'intègrent parfaitement aux écosystèmes de centres de données existants, en respectant les interfaces et les formats standard, ce qui permet un déploiement plug-and-play direct. Aucune modification du matériel, des logiciels ou de la reconnaissance de l'hôte n'est nécessaire. La technologie Mozaic 3+ a été validée par tous les critères d'intégration standard, garantissant une compatibilité totale avec les systèmes de stockage et l'architecture des centres de données existants. Ce niveau de compatibilité simplifie l'adoption de disques durs basés sur la plate-forme Mozaic 3+, permettant aux opérateurs de centres de données de tirer parti des dernières avancées sans perturber leur infrastructure.

Conçus pour durer, les disques Mozaic bénéficient de la même garantie de 5 ans, d'un temps moyen entre deux pannes de 2,5 millions d'heures et d'une charge de travail de 550 To par an que l'ensemble de la gamme de disques durs Exos de Seagate. Depuis 2016, la plate-forme Mozaic 3+ a été soumise à des tests rigoureux pour s'assurer qu'elle répond aux normes élevées exigées par les centres de données actuels. Lors de tests poussés de chocs et de vibrations, les disques Mozaic3+ ont fait preuve d'une robustesse supérieure aux normes du secteur, garantissant l'intégrité des données même dans des environnements physiquement exigeants. Les têtes de lecture/d'écriture Mozaic ont largement dépassé les normes du secteur en matière de fiabilité et de capacité de transfert de données sur toute la durée de vie, dépassant de 20 fois les exigences des clients et les spécifications des disques durs standard.

Seagate a construit plus d'un demi-million de disques de développement Mozaic à ce jour, avec un total cumulé de dizaines de millions d'heures de fonctionnement. Plusieurs générations de disques ont répondu à toutes les attentes quant à la façon dont un disque doit interagir dans tous les tests de référence, y compris les tests d'efficacité énergétique, les utilitaires sg3_utils qui testent les commandes d'interface, les programmes utilitaires smartmontools et les tests portant sur les lectures, les écritures et les charges de travail aléatoires, séquentielles et mixtes. Les disques ont fait l'objet d'un examen approfondi dans le cadre d'engagements à long terme avec de nombreux opérateurs de centres de données parmi les plus importants au monde, et plusieurs milliers de disques ont été expédiés à de multiples fournisseurs de services cloud.

Les résultats exceptionnels de toutes ces années de tests ont renforcé la confiance des clients dans la capacité de la plate-forme à être déployée en masse dans des environnements informatiques et de cloud standard. Seagate enregistre une forte demande de la part des clients des centres de données qui ont entièrement validé Mozaic 3+ et qui sont passés à la phase de déploiement en volume. Un fournisseur de services cloud leader se concentre sur la montée en gamme des disques fournis par Seagate vers Mozaic 3+, reflétant sa confiance dans la technologie.

Pour l'avenir, l'avantage stratégique de l'adoption de Mozaic 3+ est clair. La plate-forme n'est pas seulement une réponse aux demandes actuelles, mais une solution avant-gardiste qui évoluera avec les besoins croissants des centres de données. Elle représente l'engagement ferme de Seagate à répondre aux demandes d'une sphère de données en constante évolution, en offrant aux centres de données d'entreprise et cloud une solution de stockage fiable, évolutive et rentable.

Comment la plate-forme fonctionne-t-elle ?

Mozaic 3+ est l'aboutissement de deux décennies de recherche et développement novatrices de Seagate dans le domaine de la technologie HAMR. Grâce à ses avancées significatives en matière de densité surfacique, la plate-forme ouvre la voie vers un stockage à grande échelle rentable qui offre une densité de données, une capacité, une efficacité et des économies de coût total de possession.

Au cœur de la technologie Mozaic 3+, Seagate relève les défis de l'enregistrement à l'échelle nanométrique. Alors que les matériaux traditionnels n'ont pas permis d'atteindre les niveaux de densité surfacique requis pour obtenir des capacités supérieures à 2,4 To par plateau, Mozaic 3+ introduit une structure en super-réseau qui améliore la stabilité magnétique et facilite l'inscription de données haute fidélité dans des conditions extrêmes. Le processus d'écriture utilise un laser nanophotonique et une antenne quantique qui concentre la chaleur l'espace d'un instant avec une précision chirurgicale, transformant ainsi le support d'enregistrement en quelques nanosecondes.

Mozaic 3+ doit également fonctionner à l'échelle atomique, transcendant les mesures conventionnelles pour atteindre une précision de l'ordre de l'angström et une synchronisation de l'ordre de la picoseconde. Dans ce domaine, une danse sophistiquée se déroule, orchestrée par une puce intégrée à l'échelle nanométrique. La plate-forme utilise des algorithmes complexes pour gérer des milliards de bits, permettant une manipulation et un enregistrement précis des données. Ses têtes de lecture/d'écriture fonctionnent avec une finesse nanorobotique, à quelques angströms seulement du disque en rotation. Pour la récupération des données, les capteurs magnétiques de Mozaic s'appuient sur des technologies lauréates du prix Nobel pour déchiffrer les informations écrites de manière dense.

« Seagate est le seul fabricant de disques durs au monde à proposer une densité surfacique de 3 To par plateau, et bientôt 5 To », a déclaré Dave Mosley, PDG de Seagate. « En matière de durabilité des centres de données, nous sommes entrés dans une ère où la capacité par plateau importe autant que la capacité par disque. Nous avons investi massivement en R&D au cours des deux dernières décennies pour permettre cette réalité durable. La proposition de Mozaic en matière de coût total de possession suscite un vif intérêt chez nos clients. Il est clair que les efforts constants de Seagate pour aider l'humanité à tirer le meilleur parti de ses données portent leurs fruits. »

Révélations sur la technologie Mozaic 3+

Pour apprécier pleinement les performances remarquables de Mozaic 3+, nous devons examiner les principaux composants qui incarnent la conception de pointe de Seagate. Cette conception représente une convergence de domaines de pointe, notamment la nanotechnologie, la nanophotonique et la plasmonique, ainsi que la physique quantique, chacun jouant un rôle essentiel pour emmener les capacités de stockage des disques durs vers de nouveaux sommets.

Au cœur de la plate-forme Mozaic 3+ se trouve le **support en alliage de platine en super-réseau**, un matériau de disque révolutionnaire qui permet de stocker des données de manière plus dense que jamais sur le plateau d'un disque dur. Sa coercivité magnétique exceptionnellement élevée empêche l'instabilité magnétique à l'échelle nanométrique, ce qui permet d'écrire des données à des densités nettement plus élevées. Les données écrites ne fluctueront jamais ; en effet, elles ne peuvent être réécrites qu'en association avec le graveur plasmonique de Mozaic, une autre avancée majeure.

Le **graveur plasmonique**, merveille de miniaturisation et d'ingénierie de précision, permet d'écrire des données sur un support en super-réseau à haute coercitivité. Ce graveur est composé de trois éléments principaux qui, ensemble, redéfinissent les limites de l'enregistrement magnétique :

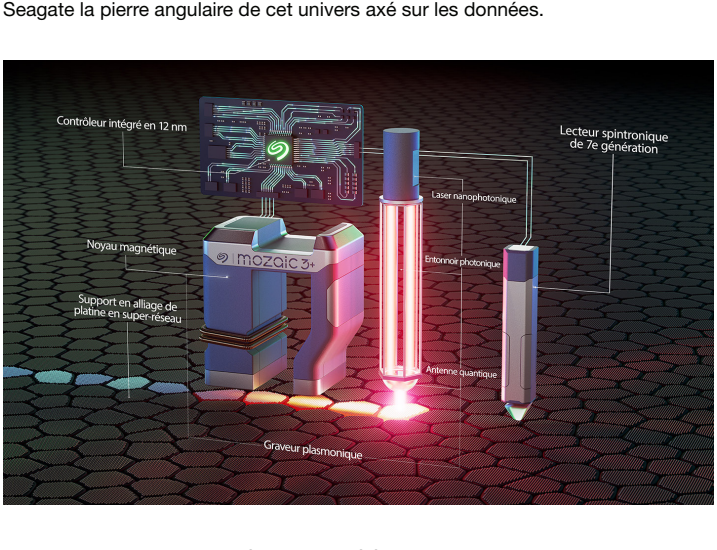
- **Laser nanophotonique :** ce composant émet un faisceau de lumière focalisé, fournissant l'énergie précise nécessaire pour chauffer momentanément le support d'enregistrement.
- **Entonnoir photonique :** canalise la lumière laser de sa source vers l'antenne quantique.
- **Antenne quantique :** en tant que transducteur d'énergie, elle concentre l'énergie photonique du laser sur un point incroyablement petit à la surface du support en alliage de platine en super-réseau du disque avec une précision remarquable pour la convertir en un état plasmonique qui permet le processus d'enregistrement.

Le **lecteur spintronique de 7e génération** représente une avancée significative en matière de lecture de données sur des pistes très denses grâce à Mozaic 3+. Ce lecteur est capable de discerner les changements infimes de la magnétisation, ce qui garantit une lecture précise et rapide des données, même à des densités très élevées.

Enfin, le **contrôleur intégré en 12 nm** permet à tous ces éléments de fonctionner ensemble, ce qui témoigne du leadership de Seagate en matière d'intégration de systèmes de contrôle complexes au sein d'un disque dur. Ce contrôleur est le cerveau des opérations, gérant la danse complexe de la lecture et de l'écriture des données avec une efficacité et une fiabilité inégalées.

L'enregistrement plasmonique est la clé de voûte des capacités de Mozaic 3+, car il exploite les interactions entre la lumière et le métal à l'échelle nanométrique pour faciliter l'enregistrement à haute densité. L'utilisation d'un laser intégré et la conversion de l'énergie lumineuse en plasmons permettent de concentrer l'énergie au-delà de ce que l'optique traditionnelle peut réaliser, ce qui assure un chauffage précis et localisé du support d'enregistrement afin de réduire momentanément sa coercivité magnétique. Il en résulte un alignement précis des bits magnétiques permettant de capturer efficacement les données binaires qui constituent l'ossature du stockage numérique.

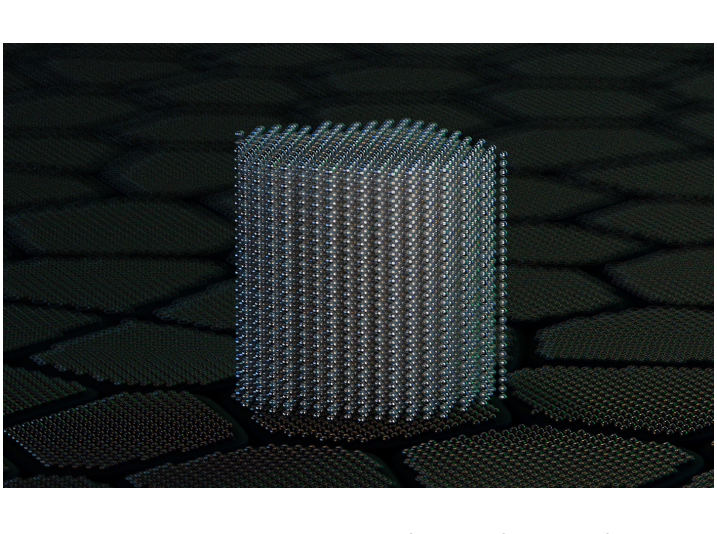
L'association de ces avancées propulsera les futures générations de technologies de stockage de données pour les années à venir, faisant des disques durs Seagate la pierre angulaire de cet univers axé sur les données.


Contrôleur intégré en 12 nm
Lecteur spintronique de 7e génération
Laser nanophotonique
Entonnoir photonique
Noyau magnétique
Support en alliage de platine en super-réseau
Antenne quantique
Graveur plasmonique

Examinons maintenant en détail chaque élément de Mozaic 3+ pour comprendre comment cette technologie contribue à faire de la densité surfacique révolutionnaire de Seagate une réalité.

Support en alliage de platine en super-réseau

Dans le but d'accroître la densité surfacique, les supports en alliage de platine en super-réseau de Seagate représentent une avancée majeure dans le domaine des supports de stockage magnétiques. Cette technologie révolutionnaire permet de relever le défi de l'instabilité magnétique à l'échelle nanométrique en rendant plus difficile l'inversion des bits magnétiques qui représentent des données. Pour développer une couche de stockage « plus dure » dotée d'une coercivité magnétique supérieure à celle des disques traditionnels, les ingénieurs de Seagate ont conçu une structure en super-réseau où la disposition précise de chaque atome joue un rôle essentiel.



Pour mettre en œuvre la plate-forme Mozaic, où les données doivent être stockées sous forme de bits magnétiques plus rapprochés que ne le permettent les disques durs PMR conventionnels, le support d'enregistrement a dû être repensé en profondeur. Les structures et matériaux avancés utilisés dans la plate-forme Mozaic 3+ de Seagate permettent une écriture des données bien plus précise que toutes les technologies de disque précédentes. Le support n'est pas simplement un composant passif, mais un participant actif dans le processus de stockage des données, permettant de stocker davantage de données dans le même espace physique.

L'essence de cette technologie réside dans l'utilisation de particules de platine (Pt) et de fer (Fe), qui composent le support d'enregistrement des disques durs Mozaic 3+. Chaque nanoparticule, d'une taille de quelques nanomètres seulement, agit comme un bit de données individuel. L'obtention d'une granularité aussi fine tout en évitant les fluctuations magnétiques entre les bits est rendue possible par la forte anisotropie magnétique du support, ce qui signifie que l'orientation magnétique du matériau tend à rester constante au fil du temps, garantissant que chaque bit reste stable et non modifié par l'écriture des données adjacentes. Cette innovation permet aux disques durs Mozaic 3+ d'écrire des données avec une précision remarquable tout en préservant l'intégrité des données environnantes.

Les alliages magnétiques spécialisés du support d'enregistrement favorisent une orientation magnétique prédéterminée. Ceci est essentiel pour stabiliser l'état magnétique des bits individuels, réduisant ainsi leur sensibilité aux fluctuations thermiques. Le choix de Seagate d'un alliage fer-platine (FePt) granulaire chimiquement ordonné est essentiel. Son anisotropie magnétique élevée fournit la stabilité nécessaire pour que les bits enregistrés atteignent des densités surfaciques record.

Il est essentiel pour la technologie Mozaic 3+ de parvenir à un haut degré d'ordre dans le support en alliage de platine en super-réseau. Il s'agit d'un processus de fabrication sophistiqué qui utilise la croissance épitaxiale pour déposer des couches minces de FePt sur des sous-couches cristallines sur un substrat de verre spécial. Ces sous-couches servent de modèle, dictant l'orientation et l'ordre des grains de FePt pendant le processus de dépôt. Un recuit ultérieur à des températures élevées favorise l'organisation des grains de FePt, ce qui entraîne une transformation de phase qui améliore les propriétés magnétiques du support et l'alignement des grains.

Ce processus complexe et soigneusement contrôlé garantit que le support en alliage de platine en super-réseau offre une plate-forme robuste et stable pour le stockage de données haute densité. C'est grâce à l'agencement précis des atomes au sein de la structure en super-réseau que les supports de Seagate contribuent de manière significative à l'augmentation de la densité surfacique des disques durs Mozaic 3+, marquant ainsi une avancée considérable dans le domaine des technologies de stockage des données.

Le graveur plasmonique

Le support étant rendu magnétiquement « plus dur » pour éviter l'instabilité des données, sa conception nécessite un graveur révolutionnaire.

La capacité de chauffer avec précision le support en alliage de platine en super-réseau est au cœur du fonctionnement de ce graveur, tâche accomplie en portant la température à plus de 425 °C en moins de deux nanosecondes. Ce cycle thermique rapide est essentiel à l'efficacité du processus d'enregistrement de Mozaic. La complexité de cette opération implique un laser qui est contrôlé avec précision et dirigé à travers un entonnoir photonique vers une antenne quantique. Ensemble, ces composants créent un champ plasmonique qui chauffe une zone focalisée du disque, la préparant ainsi à l'écriture des données par la tête d'écriture à noyau magnétique.

La conception de la tête d'écriture à noyau magnétique a évolué pour s'intégrer parfaitement à la technologie Mozaic 3+. Chaque amélioration, de l'intégration du laser à la résistance à l'usure, a été soigneusement étudiée pour améliorer l'efficacité de Mozaic 3+.

Composants du graveur plasmonique

Le graveur plasmonique est composé d'un noyau magnétique traditionnel et de trois nouveaux éléments révolutionnaires, chacun doté d'une fonction spécifique permettant l'écriture au sein de la plate-forme Mozaic 3+ : le laser nanophotonique, l'entonnoir photonique et l'antenne quantique.

Examinons chaque nouvel élément en détail :

Laser nanophotonique

Le laser nanophotonique est le fruit d'une innovation poussée de Seagate visant à remodeler le paysage de la technologie de stockage des données.

Le laser est la source de l'énergie qui modifie temporairement les propriétés magnétiques du support en alliage de platine en super-réseau, préparant ainsi la zone pour l'écriture des données. La précision et le caractère éphémère de l'effet de l'énergie permettent d'augmenter la densité de bits pouvant être stockés par plateau. Grâce à un contrôle sophistiqué associé à l'entonnoir photonique et à l'antenne quantique, le laser ne chauffe que les nanoparticules nécessaires sur le support, ce qui réduit leur résistance magnétique et permet d'écrire les données avec une intensité de champ magnétique inférieure à celle qui serait normalement nécessaire. Le chauffage contrôlé garantit que seul le bit en cours d'écriture est affecté, ce qui préserve la stabilité et l'intégrité des données environnantes.

Seagate a mis au point un processus évolutif et économique qui intègre les lasers à sa technologie de pointe en matière de têtes d'enregistrement. Une étude approfondie a été menée pour garantir que nos lasers fabriqués en interne conservent le même niveau de cohérence et de qualité que ceux des autres grands fabricants, créant ainsi une flexibilité d'approvisionnement à long terme.

Les considérations de conception du laser nanophotonique sont méticuleuses et se concentrent sur des facteurs tels que le type et la longueur d'onde du laser, la puissance de sortie, la qualité du faisceau et le contrôle de la modulation. Chaque paramètre est ajusté pour garantir l'efficacité et la précision du laser pendant le processus d'écriture. L'intégration dans la tête d'écriture est un effort d'alignement précis, qui garantit que le faisceau laser, transmis par l'entonnoir photonique, est focalisé avec précision sur le support d'enregistrement via l'antenne quantique.

La gestion thermique est un autre aspect essentiel de la conception du laser. Seagate a intégré des mécanismes de refroidissement efficaces pour dissiper l'énergie générée pendant le processus d'enregistrement, garantissant ainsi stabilité et fiabilité. Ces optimisations de conception ne visent pas uniquement à obtenir des densités surfaciques plus élevées ; elles garantissent que la plate-forme Mozaic 3+ perpétue le leadership de Seagate en matière de stockage de données de haute capacité durable et fiable.

Entonnoir photonique

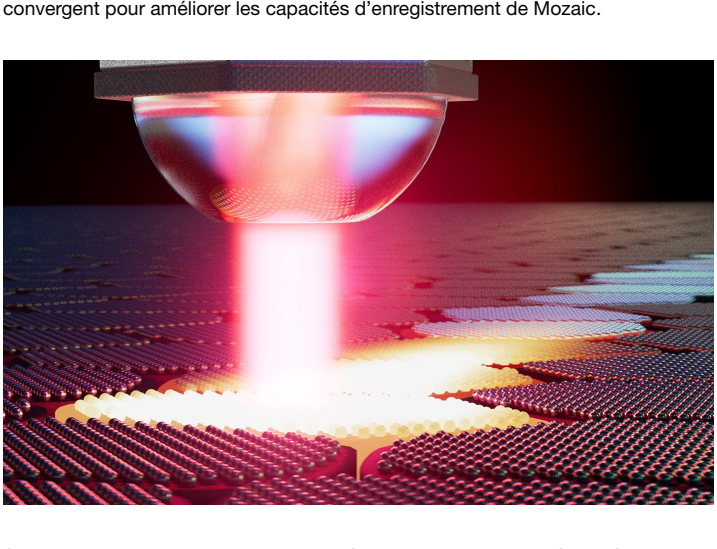
L'entonnoir photonique est un guide d'ondes qui canalise la lumière laser directement vers l'antenne quantique avec une grande précision. Sa structure, fruit de la science des matériaux et de la nanofabrication de pointe, est conçue pour limiter la trajectoire du laser afin de préserver l'intégrité et la puissance du faisceau lorsqu'il se dirige vers sa cible. Le choix des matériaux est délibéré ; un indice de réfraction élevé est essentiel pour guider efficacement la lumière, avec une dispersion ou une perte minimale.

La percée de Seagate dans la technologie des guides d'ondes ne s'est pas limitée à la sélection des matériaux, mais s'est également étendue à la conception de la structure. La géométrie et les dimensions de l'entonnoir photonique sont méticuleusement calculées pour garantir une correspondance efficace des modes, une synergie entre la lumière et l'antenne quantique qui optimise le transfert d'énergie. Cette précision ne consiste pas seulement à contrôler la lumière, mais aussi à intensifier le potentiel de stockage des données. En fournissant un faisceau focalisé qui chauffe le support d'enregistrement à des points précis, le guide d'ondes joue un rôle essentiel dans la capacité de Seagate à augmenter la densité surfacique, permettant ainsi de stocker davantage de données dans le même espace physique d'un disque dur.

La production en grand volume de ce composant a obligé Seagate à innover au-delà des méthodes traditionnelles. Les stratégies de gestion thermique font partie intégrante de la conception de l'entonnoir. Les mécanismes de refroidissement de Seagate garantissent que l'entonnoir fonctionne dans la plage de températures optimale, ce qui préserve la stabilité et prolonge la durée de vie de la tête d'enregistrement.

Antenne quantique

L'antenne quantique, conçue par les ingénieurs de Seagate, est le point où les complexités profondes de la physique quantique et des sciences des matériaux convergent pour améliorer les capacités d'enregistrement de Mozaic.



Sa fonction principale est de convertir l'énergie laser en chaleur à une échelle incroyablement précise, permettant l'écriture des données haute densité de la plate-forme. Pour ce faire, elle génère des plasmons de surface, c'est-à-dire des oscillations d'électrons au niveau quantique induites par la lumière à la surface du métal. Cette conversion est très localisée et n'affecte que la zone où les données sont écrites.

Le développement de l'antenne quantique par Seagate a nécessité des innovations dans plusieurs domaines clés. L'antenne est le fruit d'une fabrication méticuleuse, à partir de matériaux sélectionnés pour leurs propriétés d'absorption optique et leur capacité à résister aux rigueurs thermiques du processus d'enregistrement. L'accent mis sur les propriétés plasmoniques permet à l'antenne quantique de confiner efficacement l'énergie du laser, de sorte que le chauffage est concentré et précis.

L'intégration de l'antenne quantique dans la tête d'écriture est un aspect essentiel de sa conception. Elle nécessite un alignement précis pour garantir que l'énergie du laser est focalisée avec précision sur le support d'enregistrement, permettant ainsi le chauffage précis nécessaire à l'écriture des données bit par bit.

L'antenne quantique agit comme un transducteur, transformant la lumière laser incidente en un champ électromagnétique de haute intensité en champ proche. Ce champ est ensuite utilisé pour chauffer localement le support d'enregistrement au-dessus de sa température de Curie, ce qui réduit la coercivité des bits magnétiques et permet de les réaligner, et donc d'écrire des données. La conception de l'antenne quantique améliore la coordination entre l'énergie en champ proche du laser et le champ magnétique de la tête d'écriture pour garantir la précision.

La conception intègre également des stratégies avancées en termes de gestion thermique. Ces éléments sont essentiels pour garantir que le chauffage et le refroidissement rapides s'effectuent avec la précision requise, afin de préserver l'intégrité des données environnantes et de maintenir la stabilité globale du processus de stockage.

L'antenne quantique est un facteur clé pour obtenir de meilleures densités surfaciques dans les disques durs. Elle représente une avancée significative par rapport aux technologies d'enregistrement traditionnelles, grâce à sa capacité à manipuler les données à l'échelle nanométrique.

Améliorations de la densité surfacique

Le fonctionnement collectif de ces composants du graveur plasmonique entraîne une augmentation considérable de la densité surfacique. En relevant les défis posés par l'intégration d'une diode laser et grâce au contrôle précis de l'entonnoir et à l'optimisation de l'antenne quantique, la technologie Mozaic 3+ de Seagate peut encoder les données de manière plus dense que n'importe quel autre disque dur. Ce résultat a été obtenu grâce à des avancées dans la gestion thermique, l'ingénierie des matériaux et la miniaturisation des composants, reflétant un équilibre entre innovation et mise en œuvre pratique.

Contrôleur intégré en 12 nm

Le rôle du contrôleur intégré en 12 nm est multiple. L'obtention de cette densité surfacique à grande échelle et d'un coût total de possession attractif nécessite une approche unique de l'électronique qui contrôle tout ce qui se trouve sur le disque dur, de l'activation à l'enregistrement, en passant par la sécurité. Il fallait pour cela un contrôleur intégré, un système sur puce (SOC), entièrement développé en interne par les experts en conception de silicium de Seagate.

Le contrôleur regroupe les canaux de lecture, la gestion des disques et les protocoles d'échange de données, devenant ainsi le cœur opérationnel du disque dur. Il contrôle les vitesses de rotation, gère les mouvements de la tête et exécute les opérations de lecture, d'écriture et de contrôle de mouvement avec une précision inégalée. L'intégration de plusieurs fonctions sur une seule puce en silicium témoigne de sa sophistication. Ce SoC sur mesure est parfaitement dimensionné pour l'application et est optimisé pour des calculs spécifiques, la vitesse, la mémoire et l'efficacité énergétique afin de réduire le gaspillage.

Le contrôleur intègre des innovations telles que le processeur RISC-V haute performance de Seagate, le premier processeur RISC-V jamais utilisé pour contrôler les fonctions du disque dur, offrant des performances jusqu'à trois fois supérieures à celles des solutions précédentes. Ce bond en avant permet d'utiliser des algorithmes avancés qui contribuent à augmenter la densité surfacique.

Les améliorations en matière d'enregistrement comprennent la récupération multirévolution automatisée (AMRR), qui automatise les opérations de récupération des données à fort impact, l'annulation automatisée des interférences de la piste adjacente (ATIC) et le code extérieur itératif amélioré (IOC), associant la puissance de correction du décodage LDPC avec l'ECC basé sur la piste.

L'une des caractéristiques essentielles du contrôleur intégré en 12 nm est son cœur d'asservissement, conçu pour cibler les pistes de données avec une plus grande précision. La microarchitecture affinée du processeur, associée à une réduction ciblée de la latence spécifique aux instructions, permet d'améliorer les performances dans les charges de travail d'asservissement essentielles. Cela inclut un traitement en temps réel de la détection des perturbations, des fonctions de contrôle adaptatif, une compensation par anticipation et un calcul à haute fréquence d'échantillonnage. Le processeur peut prendre deux fois moins de temps pour exécuter la même quantité de travail que les processeurs précédents, et cela est important, car il est nécessaire d'effectuer des ajustements rapides en temps réel sur le système d'asservissement pour maintenir l'actionneur sur la piste de données incroyablement étroite.

Les disques durs comptant aujourd'hui plus d'un million de pistes par pouce, même les bruits ambiants peuvent compromettre la précision de l'actionneur. Le processeur d'asservissement de Seagate, qui fonctionne à intervalles de picosecondes, traite jusqu'à 4 milliards de bits par seconde, exécutant des algorithmes complexes pour contrer les perturbations potentielles et maintenir la précision de suivi du disque en effectuant les mouvements exacts requis pour les actionneurs à trois étages des têtes de disque.

Le contrôleur de Seagate comprend un frontal analogique à canal de lecture entièrement personnalisé qui échantillonne à des fréquences supérieures à 4 GHz, soit l'équivalent d'un nouvel échantillon tous les quarts de nanoseconde. Ces améliorations de traitement ne compromettent pas l'efficacité énergétique.

Le passage d'une puce de 28 nm à une puce de 12 nm est un autre pas en avant, qui permet de réduire son coût et la consommation d'énergie. Cette évolution de la technologie des procédés est cruciale pour l'intégration d'un plus grand nombre de transistors dans la même surface de puce, la réduction des exigences en matière de tension et l'amélioration du profil de consommation d'énergie.

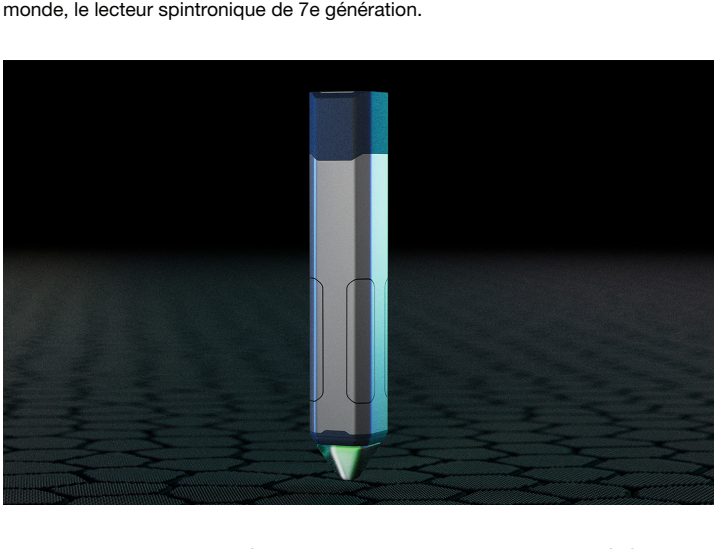
L'architecture RISC-V joue un rôle central en offrant une personnalisation qui facilite les tâches de calcul spécifiques aux applications, y compris les simulations et l'entraînement sur les modèles d'apprentissage automatique. En outre, l'utilisation d'architectures de sécurité ouvertes ouvre la voie à la circulation sécurisée des données, considération importante dans le paysage actuel centré sur les données.

De plus, des modifications propres à Mozaic 3+, telles que l'atténuation des « sauts de mode », renforcent la fiabilité et les performances du disque, garantissant que les disques durs d'entreprise phares de Seagate conservent leur avantage parmi les solutions de stockage haute densité.

En centralisant l'ensemble du processus, de la conception à la fabrication, Seagate s'assure un contrôle direct sur l'intégration et la performance de son silicium, ce qui fait d'elle le seul fabricant de disques durs à disposer de telles capacités.

Lecteur spintronique de 7e génération

Les grains de données écrites plus petits ne sont utiles que s'ils peuvent être lus. Intégré avec les sous-composants du graveur plasmonique, le lecteur devait également évoluer. Intégrant la technologie quantique, Mozaic 3+ inclut l'un des capteurs de lecture de champ magnétique les plus petits et les plus sensibles au monde, le lecteur spintronique de 7e génération.



L'une des principales caractéristiques du lecteur spintronique de 7e génération est sa largeur de piste très étroite, qui garantit une lecture précise à partir de la piste concernée tout en réduisant la diaphonie sur les pistes avoisinantes.

À la base, le lecteur s'appuie sur la magnétorésistance à effet tunnel, phénomène de mécanique quantique au cours duquel la résistance électrique d'une jonction tunnel magnétique (MTJ) change en fonction de l'orientation relative des couches magnétiques séparées par une barrière isolante. La conception du lecteur assure une lecture magnétique haute résolution, réduisant les interférences entre les pistes, ce qui est essentiel pour lire avec précision les bits enregistrés plus petits et plus denses dans les disques Mozaic 3+ par rapport aux disques durs traditionnels.

Le lecteur comprend une pile complexe de couches intégrées dans l'ensemble tête de lecture. Cette pile comprend différentes couches magnétiques et non magnétiques, chacune jouant un rôle spécifique dans le processus de lecture. Les couches travaillent en collaboration pour convertir les signaux magnétiques des bits enregistrés en signaux électriques, qui sont ensuite traités et décodés pour récupérer les données stockées.

La composition et les propriétés de la pile magnétique ont été méticuleusement sélectionnées pour offrir des performances optimales. Les couches magnétiques comprennent la couche libre (FL), qui est sensible aux champs magnétiques externes provenant des données enregistrées, la couche de référence (RL) qui conserve une orientation magnétique stable et la couche antiferromagnétique synthétique (SAF) qui agit comme un tampon pour empêcher l'orientation magnétique de la couche RL d'influencer la couche FL.

Pour préparer la pile du lecteur à la technologie Mozaic 3+, les matériaux et l'épaisseur des couches sont sélectionnés en fonction de leur stabilité thermique et de leur résistance aux fluctuations de température pendant le processus d'écriture. La couche barrière de la jonction tunnel, constituée d'oxyde de magnésium (MgO), est soumise à une oxydation contrôlée afin d'ajuster la sensibilité et l'efficacité du lecteur.

La pile du lecteur est construite à l'aide d'un procédé de dépôt à chambres multiples dans des conditions de vide continu pour éviter toute contamination. La précision requise lors du processus de superposition des couches exige un contrôle précis de l'épaisseur de chaque couche, ce qui est crucial pour les performances du lecteur.

La conception innovante de la pile Seagate optimise la sensibilité et le rapport signal/bruit, ce qui permet une lecture précise des supports en alliage de platine en super-réseau de Seagate et facilite l'obtention de densités de données plus élevées dans les disques durs Mozaic 3+.

Au-delà du cloud : l'avenir des applications gourmandes en données

La technologie Mozaic 3+ de Seagate jouera un rôle essentiel pour répondre aux exigences croissantes des applications gourmandes en données. Les efforts pour augmenter la densité surfacique sont motivés par la création exponentielle de données dans de multiples secteurs, des centres de données d'entreprise aux centres de données cloud, ce qui nécessite des solutions de stockage de données plus efficaces et plus rentables.

Les applications gourmandes en données qui bénéficieront des avancées en matière de densité surfacique comprennent les modèles d'apprentissage automatique qui nécessitent de vastes ensembles de données pour la formation, les services de flux vidéo qui doivent stocker et diffuser du contenu 4K et 8K, et les bases de données de recherche médicale qui accumulent des séquences génomiques à grande échelle.

La plate-forme Mozaic 3+ de Seagate est prête à offrir ces avancées non seulement pour les centres de données ultra-évolutifs et cloud, mais également pour toute une gamme de produits de stockage.

Au fur et à mesure de l'intégration de cette technologie dans les diverses gammes de disques durs Seagate, telles que IronWolf Pro, SkyHawk et Exos, ses avantages se répercuteront sur diverses applications, des environnements multicloud et cloud hybrides aux besoins de stockage de capacité élevée et moyenne. Les applications gourmandes en données de toutes sortes s'appuieront de plus en plus sur des solutions haute capacité efficaces que seule la technologie Mozaic 3+ permet.

Mozaic 3+ de Seagate est plus qu'une avancée technologique, c'est la promesse de soutenir la croissance inexorable de l'univers numérique. Les technologies de densité surfacique de la plate-forme seront essentielles pour soutenir la croissance continue des applications à forte intensité de données, en favorisant le développement de nouveaux services et l'expansion des services existants.

À l'avenir, la capacité à stocker, consulter et exploiter de grandes quantités de données sera essentielle pour stimuler l'innovation et exploiter tout le potentiel de l'ère numérique. Avec le lancement de Mozaic 3+, Seagate ne se contente pas de suivre le rythme de l'explosion des données, elle donne le ton en faisant progresser les solutions de stockage vers un horizon où le potentiel des données est sans limite.

1. IDC Storagesphere. 2024 vs. 2025 install base, IDC Datasphere, 2024 vs. 2025 Incremental New Data Generated.
2. Augmentation de la capacité de 16 à 30 To (ou de 1,78 To/plateau à 3 To/plateau) en comparant le disque Exos X16 à Exos 30 To Mozaic, la puissance maximale en fonctionnement et le poids.
3. Disque Mozaic 3+ de 30 To comparé à un disque PMR conventionnel de 16 To. Le carbone incorporé comprend les émissions générées lors de l'extraction des matières premières, de la fabrication/de l'assemblage des produits et du transport des matériaux de l'extraction à la fabrication et de la fabrication aux clients.