

ফ্ল্যাশ মেমোরির বিকল্পের খোঁজে মেমোরির ভুবনে আগামী দিনের যত বিপ্লব

জাভেদ জাহির/zaved.zaheer@gmail.com

বেশিদিন আগের কথা নয়, আপনি যদি বলতেন আপনার সম্পূর্ণ মিউজিক কালেকশন দু'আঙ্গুলের মধ্যে ধরা যায় এমন একটা মাত্র ডিভাইসের মধ্যে আটানো যাবে তাহলে আপনাকে নিয়ে হয়ত পরিহাস করতে সবাই। একই ঘটনা ঘটত যদি আপনি বলতেন আপনার কম্পিউটারের সমস্ত গুরুত্বপূর্ণ ফাইলকে চাবির রিং আকৃতির একটি মেমোরির মধ্যে ভরে রাখা যাবে, অথবা পকেট-সাইজ একটা ক্যামেরার মধ্যে সংরক্ষণ করা যাবে হাজার হাজার হাই রেজল্যুশন ছবি তাহলেও। অথচ মাঝখানে খুব বেশি সময় অতিবাহিত হয়নি, এখন এসব কথা বললে কেউ আর আপনাকে

১০০০টি পরমাণুর সমান আকারে নামিয়ে আনতে পারলে এটা সম্ভব বলে মত দিয়েছিলেন তিনি। এ আকারটা এমন একটা চতুষ্কোণের সমান যার প্রতি পাশের আয়তন মাত্র ৯ ন্যানোমিটার। আমাদের চিন্তারও বাইরে ক্ষুদ্র একটা আয়তন এটি, যার সঙ্গে তুলনা করলে একটি চুলের প্রস্থকেও বেশি মনে হবে। ফাইনম্যান মনে করতেন ২০০০ সালের মানুষ পেছন ফিরে তাকিয়ে অবাধ বিস্ময়ে ভাববে: ন্যানো আকৃতির কথা জানতে জানতে মানুষকে ১৯৬০ সাল পর্যন্ত অপেক্ষা করতে হয়েছিল কেন? আমরা খেয়াল করি বা না-ই করি, ফাইনম্যানের সেই

পরিহাস করবে বলে মনে হয় না। ফ্ল্যাশ নামে একটি মেমোরি প্রযুক্তিতে অবিশ্বাস্য উন্নতির কারণে অল্প জায়গায় বিপুল পরিমাণ উপাত্ত সংরক্ষণ সম্ভব হয়েছে। আর এ কারণেই মানুষ এখন আরো নতুন নতুন অসম্ভবের পায়ে সম্ভাবনার শেকল পরানোর চেষ্টা করছে। মানুষ ভাবছে: আমার সমস্ত চলচ্চিত্র সংগ্রহকে একটা মাত্র চিপে ভরে রাখার মত সেই মহা-চিপটা কোথায়? অথবা আমি জীবনে যত বই পড়েছি তার সবগুলো? ফ্ল্যাশের পক্ষে এ কাজ করা সম্ভব নয়। তবে বিশ্বের নানা প্রান্তে কম্পিউটার ল্যাবগুলোতে মেমোরি প্রযুক্তির ওপর এমন কিছু গবেষণা চালানো হচ্ছে যেগুলো আজকের আপাত অসম্ভবকেও সম্ভব করে তুলতে পারে। এসব 'সুপারমেমোরি' আজ থেকে ৫০ বছর আগে নোবেল জয়ী পদার্থবিদ রিচার্ড ফাইনম্যান-এর করা একটি ভবিষ্যদ্বাণীকে সত্যে প্রমাণিত করার জন্য আদাজল খেয়ে লেগেছে। আমেরিকান ফিজিক্যাল সোসাইটির একটা বক্তৃতা অনুষ্ঠানে 'দেয়ার ইজ পে-ন্ট অব রুম অ্যাট দ্য বটম' নামে একটি অবিস্মরণীয় ভাষণ দিয়েছিলেন ফাইনম্যান, যেখানে তিনি প্রশ্ন তুলেছিলেন, এনসাইক্লোপিডিয়া ব্রিটানিকার ২৪টা খণ্ডকে একটি পিনের মাথার সমান ছোট একটা জায়গায় রাখা কি কখনো সম্ভব হবে? প্রতি অক্ষরকে লেখার জন্য প্রতিটি বিন্দুকে

তথ্য কণিকা

আমাদের পৃথিবীর ২৫০ মিলিয়ন বছরে হয় এক গ্যালাকটিক বর্ষ। মিল্কিওয়ে ছায়াপথের চারপাশে আমাদের গোটা সৌরজগতের একবার ঘুরে আসতে এ পরিমাণ সময় লাগে।

ভবিষ্যদ্বাণীর পর গত কয়েক দশকে ন্যানো প্রযুক্তির গবেষণায় অবিশ্বাস্য সব উন্নতি সাধিত হয়েছে। বর্তমানে বাণিজ্যিকভাবে প্রচলিত ফ্ল্যাশ ড্রাইভে এক বিট পরিমাণ তথ্য সংরক্ষণ রাখতে দৈর্ঘ্যে ৪০ ন্যানোমিটার পরিমাণ জায়গার পরিমাণ হয়। ৬৪ গিগাবিট পরিমাণ উপাত্ত সংরক্ষণ করতে পারে এমন ফ্ল্যাশ চিপও বাজারে এসে গেছে। তবে ফাইনম্যান যে ধরনের ডাটা স্টোরেজের কথা বলেছিলেন সেটি একটি মাত্র চিপের মধ্যে টেরাবাইট পরিমাণ ডাটা সংরক্ষণ করতে পারবে। এই আপাত অসম্ভবকে সম্ভব করতে হলে ফ্ল্যাশের চাইতেও ভাল মেমোরি স্থাপত্য প্রয়োজন হবে। আবার এ ধরনের স্টোরেজ ডিভাইসে সংরক্ষিত ডাটাকে পড়তে এবং লিখতে হলে নির্ভরযোগ্য লিখন-পঠন মাধ্যমেরও দরকার হবে, এবং লেখা-পড়ার কাজটি করতে হবে অত্যন্ত দ্রুত - ন্যানোসেকেন্ড সময়ের মধ্যে। আবার এই মেমোরিকে একই সঙ্গে হতে হবে ধারাবাহিকভাবে নির্ভরযোগ্য, ডাটাকে একবার লেখা হলে অন্তত বছর দশেক যেন সেটি হেসে খেলে টিকে থাকে সেটাও নিশ্চিত করতে হবে। বোঝাই যাচ্ছে, চ্যালেঞ্জটা মোটেই ছোট নয়। উপরের সবগুলো কাজই করতে পারবে এমন প্রযুক্তি আর যাই হোক, ফ্ল্যাশ নয়। আর ফ্ল্যাশ মেমোরি এখন এতটাই ভালভাবে প্রতিষ্ঠিত হয়ে

গেছে যে সেটিকে হটিয়ে নতুন মেমোরির জনমনে জায়গা করে নেয়াও খুব সহজ হবে না। তাই বলে অগ্রগতি ও উদ্ভাবনের গতিওতো থেমে নেই বা থাকবে না। বর্তমানে মেমোরি চিপস-এর বাজারের আর্থিক মূল্য ২০ থেকে ৩০ বিলিয়ন ডলার। কাজেই এ খাতে নতুন নতুন আইডিয়া নিয়ে আসার মত মানুষ বা প্রতিষ্ঠানের অভাব হবে না। আসুন, আমরা বরং মনোযোগ নিবদ্ধ করি আগামী দিনে মেমোরির ভুবনে উল্টে পাল্টে দিতে পারে এরকম কিছু মহা-মেমোরি প্রযুক্তির সঙ্গে, যারা ফ্ল্যাশের উত্তরাধিকারী হয়ে মাতাবে আগামী বিশ্বকে।

এমর্যাম (MRAM)

ফ্ল্যাশ মেমোরির অগ্রযাত্রার পথে বহুদিন ধরেই বড় ধরনের একটি চ্যালেঞ্জ হয়ে দাঁড়িয়ে আছে 'ম্যাগনেটোরিজিস্টিভ র্যানডম অ্যাকসেস মেমোরি' বা MRAM। ১৯৯০-এর দশক থেকে বেশ অনেকগুলো প্রতিষ্ঠান এমর্যাম প্রযুক্তির বিকাশে কাজ করে চলেছে। এমর্যাম চিপ চৌম্বক উপাদানের দুটি পাতলা স্তর বা লেয়ারের মধ্যে



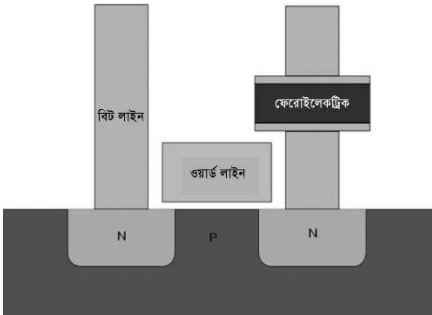
এমর্যাম 'রিড' করার প্রক্রিয়া: বিটের মধ্যে দিয়ে বিদ্যুৎকে প্রবাহিত করা হয়েছে এবং বিটের রেজিস্ট্যান্স বোঝার চেষ্টা করা হচ্ছে

তথ্যকে সংরক্ষণ করে। প্রতিটি লেয়ারই অনেকগুলো সেল (cell)-এ বিভক্ত। এর মধ্যে একটা লেয়ার হচ্ছে স্থায়ীভাবে চৌম্বকায়িত, যার চৌম্বকায়নের গতিপথ কখনোই পরিবর্তিত হয় না। আর অন্যটি হচ্ছে একটি সাময়িক চুম্বক যার চৌম্বকায়নের মাত্রাকে ছোট একটি চৌম্বক ক্ষেত্র বা বৈদ্যুতিক সার্কিট ব্যবহার করে ১৮০ ডিগ্রি পর্যন্ত পাল্টানো যেতে পারে। এই দুই লেয়ারের চৌম্বকায়নের আপেক্ষিক অবস্থাই ঠিক করে দেয় একটা বিট ১ নাকি ০-তে সেট করা আছে। চৌম্বকায়নের এই ব্যবহারই একই সঙ্গে এমর্যামের শক্তি ও দুর্বলতা। শক্তি, কারণ চৌম্বকায়ন খুবই দ্রুতগতির এবং এটিকে নিয়ন্ত্রণ করাও সহজ। এর ফলে মাত্র এক ন্যানোসেকেন্ডের মত সময়ে মেমোরিতে ডাটাকে রিড/রাইট করা যায়। আর এটা একটা দুর্বলতাও, কারণ একটা সেলে চৌম্বকায়নকে পরিবর্তিত করা হলে সেটি আশেপাশের অন্য সেলেও প্রভাব ফেলে। এমর্যাম প্রযুক্তি নিয়ে গবেষণা দ্রুতগতিতে এগিয়ে চলেছে বটে, তবে

চৌম্বকায়নের সঙ্গে সৃষ্ট সমস্যাগুলো বিজ্ঞানীরা এখনও দূর করতে পারেননি। এ সমস্যাটি বর্তমানে এমর্যামের আকারকে ৩২ মেগাবাইটের মধ্যেই সীমাবদ্ধ রেখেছে, যা সেরা ফ্ল্যাশ ডিভাইসের সামর্থ্যের প্রায় এক হাজার ভাগের এক ভাগ। হিটাচি এবং তোশিবার মত ইলেকট্রনিক্স কোম্পানিগুলো এমর্যাম প্রযুক্তিকে আরো উন্নত ও শক্তিশালী করার জন্য প্রচেষ্টা চালিয়ে যাচ্ছে। এ প্রচেষ্টা কতটুকু ফলপ্রসূ হয় তা সময়ই বলে দেবে।

ফের্যাম বা এফইর্যাম (FeRAM)

‘ফেরোইলেকট্রনিক র্যানডম অ্যাকসেস মেমোরি’ বা ফের্যামকে ফ্ল্যাশের নিকটাত্মীয় বলা যায়। ফ্ল্যাশের মত এটিও বৈদ্যুতিক ইফেক্ট ব্যবহার করে ট্রানজিস্টর-সদৃশ একটি কাঠামোকে নিয়ন্ত্রণ করে। তবে মুক্ত ইলেকট্রনের প্রবাহকে নিয়ন্ত্রণ করার বদলে এটি ব্যবহার করে এক বিশেষ ধরনের ক্রিস্টালে প্রাপ্ত ইলেকট্রিক চার্জকে, যা ফেরোইলেকট্রিক্স নামে পরিচিত। ফেরোইলেকট্রিকে ছোট, বহিস্থ ইলেকট্রিক ফিল্ড ক্রিস্টালের পজিটিভ ও নেগেটিভ চার্জ করা আয়নকে প্রভাবিত করার মাধ্যমে তাদের স্থান পরিবর্তন করাতে পারে। এর ফলে সৃষ্টি হয় এক ধরনের ধারাবাহিক, সামঞ্জস্যপূর্ণ মেরুকরণের



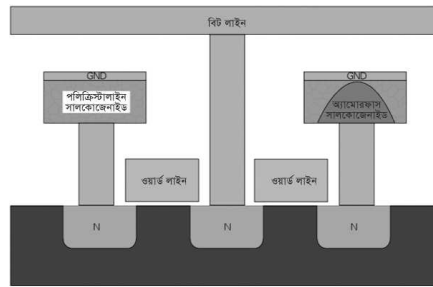
ফের্যাম সেলের কাঠামো

(polarization)। উর্ধ্বমুখী ও নিম্নমুখী মেরুকরণই হচ্ছে ফেরোইলেকট্রিক বিটের ১ এবং ০। ক্রিস্টালে অল্প একটু ভোল্টেজ প্রবাহিত করার মাধ্যমে এতে বাড়তি চার্জ প্রয়োগ করা যায়, ফলে মেরুকরণ পাল্টে যায় এবং পাল্টে যায় বিটগুলোও। এ প্রক্রিয়াও বেশ দ্রুত, সংঘটিত হতে এক ন্যানোসেকেন্ডের চাইতেও কম সময় লাগে, শক্তিও লাগে খুব কম। আর এ দুটোই হচ্ছে ফের্যামের সবচেয়ে ইতিবাচক দিক। কিন্তু এমর্যামের মতই, ফের্যামেরও শক্তিটাই তার সবচেয়ে বড় দুর্বলতা। ফের্যাম চার্জভিত্তিক। ফেরোইলেকট্রিকে যথেষ্ট পরিমাণ গতি সঞ্চয় করতে হলে কাছাকাছি কোথাও বাড়তি চার্জ সংরক্ষণের ব্যবস্থা করতে হবে। আর এ কারণে প্রতিটি ফের্যাম মেমোরি সেলের সঙ্গে একটা করে ক্যাপাসিটর সংযুক্ত করে দিতে হয়। ফলে অনর্থক উলে-খযোগ্য পরিমাণ জায়গা নষ্ট হয়। আর এ কারণেই ফের্যাম কখনও ফ্ল্যাশের মত গিগাবিট

রেঞ্জে যেতে পারবে না বলে মনে করেন অনেক গবেষক। তবে কম শক্তি ব্যয় করে বলে ফের্যামের এক ধরনের গ্রহণযোগ্যতা আছে, বিশেষ করে যেখানে সামর্থ্যের চাইতে আর্থিক দিকটাই বড় হয়ে দাঁড়ায় সেখানে এর প্রয়োগ সহজেই করা যায়। আর এ কারণে তোশিবার মত প্রতিষ্ঠান ফের্যাম গবেষণায় যথেষ্ট শ্রম ও অর্থ ব্যয় করে চলেছে। ২০০৯-এ ফেব্রুয়ারিতে তারা ফের্যাম-এর একটি প্রোটোটাইপ উদ্ভাবন করে যার ধারণক্ষমতা ছিল ১২৮ মেগাবাইট।

পিসির্যাম (PCRAM)

অত্যন্ত ক্ষুদ্র জায়গার মধ্যে বেশি পরিমাণ উপাত্তকে সংরক্ষণ করার কথা যখনই আসে তখন গিরগিটির মত নিজের ভোল পাল্টে ফেলতে সক্ষম



দুটি পিসি-র্যাম মেমোরি সেল। একটি সেল স্বল্প-রেজিস্ট্যান্সের স্ফটিকায়িত অবস্থায় আছে, অন্যটি উচ্চ রেজিস্ট্যান্সের অনিয়তাকার অবস্থায় আছে

একটি প্রযুক্তির কথা বলেন অনেকেই। এটির নাম ‘ফেজ চেঞ্জ র্যানডম অ্যাকসেস মেমোরি’ বা পিসির্যাম। রিরাইটেবল সিডি এবং ডিভিডিতে যে প্রযুক্তি ব্যবহৃত হয় পিসির্যামেও ব্যবহৃত হয় অনেকটা সে প্রযুক্তিই। পিসির্যাম তথ্যকে সংরক্ষণ করে উপাদানের পারমাণবিক কাঠামোতে, দুটো ভিন্ন পর্যায় বা phase-এ। একটি হচ্ছে নির্দিষ্ট আকারবিহীন বা অনিয়তাকার ফেজ, যেখানে পরমাণুগুলোকে নির্দিষ্ট কোনো ধরনে বিন্যস্ত করা হয় না, আর দ্বিতীয়টি হচ্ছে একটি শৃঙ্খলাবদ্ধ, স্ফটিকায়িত ফেজ। স্ফটিকায়িত অবস্থাটি হচ্ছে বিদ্যুৎ পরিবাহী, আর অনিয়তাকার অবস্থাটি হচ্ছে মূলত একটি অন্তরক (insulator)। পিসির্যামে এই উপাদানটিকে দুটো ইলেকট্রড-এর মধ্যে রাখা হয়। ইলেকট্রড-এর ওপর লেজার রশ্মি বা বিদ্যুৎ প্রবাহ প্রবাহিত করার মাধ্যমে দুই ফেজের অবস্থাকে পাল্টানো হয়। বিদ্যুতের পাল্সটি যদি দীর্ঘ হয় তাহলে উপাদানটি নিজেকে স্ফটিকায়িত অবস্থায় নিয়ে যায়, আর পাল্স ক্ষুদ্র হলে উপাদানটি সঙ্গে সঙ্গে শীতল হয়ে অনিয়তাকার অবস্থায় চলে যায়। পিসির্যামও সমস্যামুক্ত নয়। মেমোরি উপাদানকে কয়েকশ ডিগ্রি সেলসিয়াসে উত্তপ্ত করার জন্য প্রচুর পরিমাণে শক্তি প্রয়োজন হয়, তবে ডিভাইসটি আকারে যত ছোট হবে প্রয়োজনীয় শক্তির পরিমাণও তত কমতে থাকবে। পিসির্যামের ক্ষেত্রে ফাইন্যান্সের কথাটা সবচেয়ে সত্যি, অর্থাৎ

একেবারে নিম্নস্তরে এখানে ধারণক্ষমতা প্রচুর (plenty of room at the bottom)। অনিয়তাকার এবং স্ফটিকায়িত অবস্থাসমৃদ্ধ একটি মেমোরি ইউনিট তৈরি করতে খুব কম পরিমাণ অ্যাটমেরই প্রয়োজন হয়। অনেক গবেষকই মনে করেন, পিসির্যাম প্রযুক্তিতে মাত্র ৫ ন্যানোমিটার প্রস্থের মেমোরি ইউনিট তৈরি করা খুবই সম্ভব, যদিও এটি ফ্ল্যাশ মেমোরির সর্বোচ্চ ধারণক্ষমতার ১০ ভাগের ১ ভাগ। পিসির্যামের আরেকটি শক্তিশালী দিক হচ্ছে, এর অবস্থা পরিবর্তন তথা সুইচিং গতি অসম্ভব দ্রুত। পিসির্যামে ১ ন্যানোসেকেন্ডের সুইচিং গতি আনা সম্ভব বলে মনে করেন বেশির ভাগ গবেষক। অনেক প্রতিষ্ঠানই পিসির্যামের উন্নয়নে কাজ করছে, যার মধ্যে স্যামসাং অন্যতম। সম্প্রতি তারা ৫১২ মেগাবাইট ধারণক্ষমতাসম্পন্ন পিসির্যাম মেমোরি চিপ উদ্ভাবন করেছে।

আরর্যাম (RRAM)

পিসির্যামের পাশাপাশি ‘রেজিস্টিভ র্যানডম অ্যাকসেস মেমোরি’ বা আরর্যাম নামে আরেকটি প্রযুক্তিও অত্যন্ত ক্ষুদ্র পর্যায়ে বিপুল পরিমাণে উপাত্ত ধারণের সম্ভাবনা জাগিয়েছে। পিসির্যাম যেখানে পদার্থের আণবিক কাঠামোতে উত্তাপ প্রবাহিত করার মাধ্যমে অবস্থার পরিবর্তন আনে, আরর্যাম সেখানে নির্ভর করে বিদ্যুৎরাসায়নিক প্রতিক্রিয়া (electrochemical reaction)-র ওপর, যে প্রতিক্রিয়া কিছু কিছু স্ফটিকায়িত বস্তুর বন্ধন-কাঠামো (bond structure)-কে পাল্টে দেয়। আরর্যামের মূল উপাদান হচ্ছে এক ধরনের প্রাকৃতিকভাবে অন্তরিত অক্সাইড। উপরেলি-খিত স্ফটিকে বেশি পরিমাণে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করা হলে স্ফটিকের সঙ্গে অক্সিজেন পরমাণুকে আটকে রাখে যে ইলেকট্রন বন্ধন, তা ভেঙে যায়। আর তখন স্ফটিক থেকে বিচ্ছিন্ন অক্সিজেন স্ফটিকের গায়ে রেখে যায় অতি ক্ষুদ্র ছিদ্র এবং বাড়তি কিছু ইলেকট্রন। এসব ছিদ্র সাধারণত সারিবদ্ধ অবস্থায় থাকে এবং ছিদ্রের এই সারি স্ফটিকের গায়ে সৃষ্টি করে অত্যন্ত সংকীর্ণ, বিদ্যুৎ পরিবাহী কিছু চ্যানেলের। ভোল্টেজকে উল্টে দিলে অক্সিজেন অ্যাটম এই চ্যানেলের মধ্য দিয়ে আঙুপিছু করতে থাকে এবং স্ফটিককে বারবার একটি অন্তরিত অবস্থার মধ্যে নিয়ে যায়। এই reversible transition সামঞ্জস্যপূর্ণ একটি মেমোরি অবস্থা তৈরি করে যাকে কেবলমাত্র সঠিক বিপরীতধর্মীতা-সমৃদ্ধ (polarity) উচ্চ ভোল্টেজের বিদ্যুৎ প্রবাহের মাধ্যমেই অবস্থা পরিবর্তন করানো যায়। এই অবস্থা পরিবর্তনের মাধ্যমেই কনডাকশন অন এবং অফ করার মাধ্যমে কাজ করে আরর্যাম। এইচপিএস বিশ্বের খ্যাতনামা কয়েকটি প্রতিষ্ঠান আরর্যাম নিয়ে গবেষণা চালিয়ে যাচ্ছে। এতে শক্তি অনেক কম লাগে বলে এটি বিজ্ঞানী ও প্রযুক্তি তাত্ত্বিকদের আগ্রহ ধরে রাখতে সক্ষম হয়েছে। ■