زيادة السرعة نقل المعلومات في ذاكرة الفقاعات المغناطيسية

د . وكاع فرمان محمد الجبوري

كلية الهندسة - جامعة الموصل

الخلاصة

لقد اصبحت تكنولوجيا الفقاعات المغناطيسية شائعة الاستعمال هذه الايام كذاكرة للحاسبات الالكترونية . ولكن هذه الفقاعات لاتزال تواجه مشكلة رئيسية وهي ان حركتها داخل الاغشية الرقيقة لاتزال متوسطة نسبيا" . ولقد تم في هذا البحث دراسة حركة الفقاعة , وحجمها وسرعتها . وقد استعملت سبائك لتحريك الفقاعة من نوع شيفرن غير متناظر . وتم توليد سيل مستمر من الفقاعات المغناطيسية وشوهدت تصرفاتها بدقة تحت المجهر .

لقد وجد ان حركة وحجم وسرعة هذه الفقاعات غير منتظم . وهنالك مناطق تحت سبائك الحركة تتخلف فيها الفقاعات عن اتجاه المجال المغناطيسي الذي يحركها بحيث تصل سرعة الفقاعات في هذه المناطق الى الحدود القصوى . لقد تم وضع بعض المقترحات والتي من شأنها تقليل تخلف الفقاعة وزيادة سرعتها وبذلك نستطيع اختصار زمن كتابة وقراءة المعلومات من والى هذا النوع من الذاكرات .

لقد اصبح استعمال ذاكرة الفقاعات المغناطيسية (1, 2, 3) جزاء اساسيا" في الحاسبات الالكترونية من الامور الشائعة والرخيصة الثمن . وقد حلت هذه الذاكرات بديلا" عن الذاكرات المغناطيسية التي تستخدم الاشرطة والاقراص والالباب المغناطيسية ذات السرع البطيئة والاجزاء المتحركة والحجوم الكبيرة .

ان الفقاعات المغناطيسية (Magnetic bubbles) تتألف من اسطوانات مغناطيسية توجد في اغشية رقيقة من الاورثوفرايت والكارنت . وان سمك اغشية الكارنت المستعملة في الوقت الحاضر حوالي 1 الى 4 ميكرون وان نصف قطر الفقاعة المغناطيسية يساوي تقريبا" سمك الغشاء الذي تتوفر فيه ، ولازالت المحاولات مستمرة لتقليص سمك الغشاء وبالتالي نصف قطر الفقاعة وذلك لزيادة كثافة خزن المعلومات في هذه الاغشية .

ان حفظ المعلومات في هذه الذاكرات يتم بواسطة استعمال الشفرة (فقاعة – لافقاعة) وهي التي توازي 1–0 في الذاكرات الرقمية . ان المسافة الدنيا التي تترك بين فقاعة

واخرى يجب ان لاتقل عن اربع مرات بقدر قطر الفقاعة وذلك لحصول التنافر المغناطيسي بين الفقاعات (4) .

لقد اطلق عليها ((الفقاعات المغناطيسية)) نتيجة لشكلها الذي يبدو كالفقاعة عندما تشاهد تحت المجهر .

فاذا أخذنا غشاءا مغناطيسيا" من مادة الكارنت وشاهدناه تحت المجهر لرأينا ان نصف مساحته ممغنطة باتجاه والنصف الاخر ممغنطة بالاتجاه المعاكس .

عند تسليط مجال مغناطيسي عمودي على سطح الغشاء فأن المقاطع الممغنطة بأتجاه المجال الخارجي تكبر بينما تصغر المقاطع الممغنطة عكس اتجاه المجال الخارجي . وهكذا اذا استمرت زيادة المجال الخارجي فأن المقاطع الممغنطة عكس المجال تصبح على شكل فقاعات . وغالبا" ما يطلق على المجال المغناطيسي العمودي بمجال الانحياز المغناطيسي (Magnetic biasfield) . اما اذا ازداد المجال العمودي اكثر من هذا الحد فأن الفقاعات تختفي تلقائيا" او تنهار ويسمى المجال في هذه الحالة بمجال الانهيار (Collapse field) .

ان الفقاعات المغناطيسية يمكنها الحركة داخل الغشاء وبموازاة سطحه وبسرعة عالية نسبيا" عندما يسلط عليها فرق جهد مغناطيسي (Magnetic field gradient) . وهناك عدة طرق

استعملت لتحريك الفقاعات المغناطيسية داخل الغشاء ولكن الشائع منها حاليا" هو طريقة استخدام المجال (field-access approach).وفي هذه الطريقة يتم تسليط مجال مغناطيسي دوار (Rotating magnetic field) بموازاة سطح الغشاء وبدورها يولد سلسلة من المواضع التي تجذب الفقاعة المغناطيسية اليها .

تتولد المواضع المغناطيسية الجاذبة تحت اشكال هندسية ترسب على سطح الغشاء وتتكون من سبيكة مغناطيس مطاوع تسمى بسمائك الحركة .

ولقد تم تصنيع عدة انواع واحجام من سمائك الحركة منها TI و YI و VV(5) التي يطلق عليها شيفرن (chevron) وقد تم تطويرها الى شيفرن غير متناظر (asymmetric chevron) (6) والذي هو مجال دراستنا في هذا البحث .

ولكي يتم فهم النتائج بصورة واضحة دعنا نناقش نظريا" حركة الفقاعة على شيفرن غير متناظر كما مبين في الشكل (1). لقد تم افتراض ان مغناطيسية الفقاعة متجهة الى الاسفل (من القارئ بأتجاه الصفحة) وان الغشاء ممغنطا" بالاتجاه الاعلى (من الصفحة باتجاه القارئ) . ان الفقاعة في هذه الحالة تنجذب نحو الاقطاب الموجبة . ويتم ذلك بتسليط مجال

مغناطيسي دوار وبموازاة سطح الغشاء وسيكون الحركة فتتولد مواضع مغناطيسية او بؤر تحت السيكة تكون فيها قيم المجال المغناطيسي العمودي اقل مما يجاورها وهذا يدفع الفقاعة على الانجذاب والاستقرار في تلك المواضع .

عندما يدور المجال المغناطيسي عكس عقرب الساعة كما في الحالة من أ الى ب فأن الفقاعة تتحرك من الركبة (Apex) الى الزاوية اليمنى للذراع الصغير .

وهكذا تتحرك الفقاعة بهذا الاتجاه من اليسار الى اليمين كلما دار المجال المغناطيسي حيث تتقفز الفجوة الموجودة بين السيكتين لتستقر تحت الزاوية اليسرى للذراع الكبير كما في الحالة من ت الى ث .

ان جميع الفقاعات تتحرك دورة كاملة عندما يدور المجال المغناطيسي 360 درجة كما في الحالة من أ الى ج . وطبقاً لهذا القول النظري فأن سرعة المجال المغناطيسي تحدد سرعة الفقاعة . ان هذا القول صحيح مادام تردد المجال المغناطيسي واطئاً" (بحدود 100 كيلو هيرتز في هذا الحالة والسبب في ذلك يعود الى أن سرعة الفقاعة تحددها تحركية جدار الفقاعة المعقد مغناطيسياً" (7) .

المكتبة المركزية لجامعة بغداد
(قسم المجلات)

الجانب النظري :

ان حجم وحركة الفقاعة المغناطيسية في اجهزة الخزن الالكترونية ليس منتظما ويتغير لعدة اسباب اهمها حجم وشكل ونوعية شبكة الحركة . وبما ان الفقاعة تبدأ في التخلف عن اتجاه المجال المغناطيسي الدوار كلما زادت سرعتها وان حجمها يبدأ في التضاؤل فأنها ربما تتعرض للانهيار (Collapse) في بعض نقاط المسار . ولذلك فسوف ينقلب الرقم 1 الى صفر ومثل هذا الخطأ لايحدث في الترددات المتوسطة بل في الترددات العالية وحدوثه يؤدي الى كارثة حسابية .

ان جدار الفقاعة المغناطيسية يتعرض لقوة احتكاك كبيرة عند تحركه داخل الغشاء المغناطيسي وذلك لان اتجاه مغناطيسية الفقاعة يجب ان يدور بمقدار 180 درجة عند تحركه . فلو اعتبرنا ان نصف قطر الفقاعة لايتغير فأن قوة الاحتكاك التي تعاكس حركة الفقاعة يمكن كتابتها على الشكل التالي (8) :

$$F_S = 2\pi M_S rh \left(\frac{V}{\mu} + 4 \frac{H_c}{\pi} \right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

حيث F قوة الاحتكاك و M مغناطيسية التشبع و r_s نصف قطر الفقاعة و h سمك الغشاء و V_s سرعة الفقاعة و μ تحركيه جدار الفقاعة و H القوة القسرية . فاذا كان نصف قطر الفقاعة r_c ثابتا" وتحركت الفقاعة تحت فرق جهد مغناطيسي (ΔH) ثابت فأن المعادلة (1) تصبح :

$$V = \frac{1}{2}\mu \left(\Delta H - 8 \frac{H_c}{\pi} \right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

ولكن عندما يزداد فرق الجهد على طرفي الفقاعة عن حد معين فأن سرعة الفقاعة تزداد بشكل مفاجئ وتصل الى حد يسمى بذروة السرعة (V_p) ، بحيث لاتعتمد سرعة الفقاعة على زيادة فرق الجهد . ولقد استطاع احد العلماء (9) حساب ذروة سرعة الفقاعة (V_{pl}) وفق المعادلة التالية :

$$V_{pl} = 24 \gamma A/hk^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

حيث γ هي النسبة الجايرومترية (gyrometric ratio) و A هو ثابت التبادل (exchange Constant) و h سمك الغشاء و k هو ثابت احادي المحور غير المتناظر (Unuaxial anisotropy constant) . ولقد تم ايضا" حساب

سرعة الاشباع (V_s) التي غالبا" ماتتراوح بين 2 الى 10 متر /ثانية في اغشية الكارنت وفق المعادلة التالية (9) :

$$V_s = 7 \gamma A/hK^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\ldots (4)$$

بالنسبة لذروة السرعة فقد اشتقت علاقة رياضية ثانية (10) هي :

$$V_{p2} = 16.5 \gamma A/hK^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\ldots (5)$$

حيث V_{p2} هي ذروة السرعة للفقاعة في هذه المعادلة وهي تساوي ثلثي ذروة السرعة المشتقة في المعادلة (3) .

ومن خلال اجراء بعض التجارب العملية لقياس سرعة الفقاعات المغناطيسية وجد العالم لوى Leeuw (11) ان السرعة القصوى للفقاعة (Vp) يمكن التعبير عنها وفق المعادلة التجريبية التالية :

$$V_{p3} = 0.4 \pi M_s \gamma A^{\frac{1}{2}} / K^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\ldots (6)$$

حيث V_{p3} تمثل ذروة السرعة او السرعة القصوى للفقاعة وتتناسب طرديا" مع مغناطيسية تشبع الغشاء ($4\pi M_s$) .

من هذا العرض النظري المبسط اصبح واضحا" ان الفقاعة المغناطيسية تبقى ساكنة في الغشاء الى أن تتجاوز القوة المسلطة على طرفيها (ΔH) القوة القريبة (H_c) . بعدها تبدأ الفقاعة بالتحرك بسرعة منتظمة داخل الغشاء وتتناسب هذه السرعة طرديا" مع فرق الجهد المغناطيسي المسلط على طرفيها كما هو موضح في المعادلة (2) . وعند زيادة فرق الجهد المغناطيسي عن حد معين فأن سرعة الفقاعة تزداد بشكل مفاجيء لايعتمد على فرق الجهد المغناطيسي . كذلك فقد اصبح واضحا" بأن ذروة السرعة للفقاعة وبالتالي حجمها تعتمد على خواص الغشاء المغناطيسية (K, γ, A) وبدروها تتأثر بنوعية وحجم وشكل السبائك المغناطيسية المرسبة على سطح الغشاء لكي تنظم حركة الفقاعة وتكون مناطق خزن المعلومات في الغشاء .

الحسابات العملية

ان اغشية الكارنت شفافة ويمكن للضوء المرئي من المرور خلالها . وقد استعمل ضوء الليزر لمشاهدة الفقاعات المغناطيسية بواسطة المجهر . لقد شوهدت الفقاعات المغناطيسية الداكنة اللون وهي تتحرك تحت خط سيرها بينما كان سطح الغشاء فاتح اللون ان التركيب الكيمياوي لاغشية الكارنت التي درست في هذا البحث هو :

(Y SmLuca)3 (Ge Fe)5 O12 . وسمك الغشاء هو 4 ميكرون والمجال العمودي لانهيار الفقاعات هو 12000 امبير/متر . لقد صنعت سبيكة الحركة من النيكل (بنسبة 87%) والحديد (بنسبة 13%) وبسمك 0.35 ميكرون وسمك العازل بينهما وبين سطح الغشاء المغناطيسي هو 0.75 ميكرون ، على شكل شيفرن غير متناظر قائم الاضلاع كما مبين في الشكل 1 . ان الفجوة بين السبيكتين هو 1.5 ميكرون وسقط المسافة بين نهاية احد اضلاع السبيكة ونهاية الضلع المناظر في السبيكة المجاورة (دورة كاملة) هو 13 ميكرون .

لقد تم اجراء الحسابات العملية وذلك بتوليد سيل مستمر من الفقاعات في مسار الحركة ومشاهدة تصرفها . لقد كان اتجاه دوران المجال المغناطيسية عكس عقرب الساعة وبذلك فأن الفقاعة تتحرك من اليسار الى اليمين اي من الذراع الكبير الى الذراع الصغير للسبيكة نفسها ثم تقفز الفجوة الى السبيكة المجاورة .

ان حدود عمل هذه الذاكرة موضح في الشكل 2 (أ و ب) لترددين مختلفين هما 100 و 520 كيلوهرتز . في الجزء أ من الشكل 2 رسم الحد الاعلى في فشل الفقاعة او عجزها عن التقدم الى الامام في مسار الحركة وبالتالي انهيارها او اختفائها .

ان المنطقة التي تختفي فيها الفقاعة هي منتصف الذراع الصغير ، وذلك لتولد مجالاً" مغناطيسياً" عمودياً" عالياً في هذه المنطقة يؤدي الى انسياب الفقاعة . كذلك يتبين في هذا الجزء من الشكل ان مجال عمل الذاكرة يقل كلما زاد التردد . ففي حين تستطيع الفقاعة الحركة الى حدود 11800 أمبير/متر في تردد 100 كيلوهيرتز فأن هذا الحد ينخفض الى 10220 امبير/متر في تردد 520 كيلوهيرتز .

يوضح الجزء ب من الشكل 2 الحد الادنى في فشل الفقاعة في ان تحافظ على شكلها . فقد شوهدت الفقاعة الواحدة وهي تتمدد على اكثر من سبيك حركة واحدة وبالتالي لايمكن كتابة الرقم 0 . ان حساب الحدود الدنيا والعليا للمجال المغناطيسي العمودي والدوار الذي يمكن ان تعمل فيه مثل هذا النوع من الذاكرات ضروري جداً" . ومثل هذه الحدود تسمى حدود عمل (Operating margins) الذاكرة . ولكل ذاكرة حدود عمل معينة في كل تردد ويفضل ان يعين منتصفها . وفيما يخص هذه الذاكرة فأن منتصف حدود العمل للمجال المغناطيسي العمودي هو 9600 أمبير/متر و 3200 امبير/متر بالنسبة للمجال المغناطيسي الدوار .

حركة الفقاعة المغناطيسية

من خلال مشاهدة حركة الفقاعة المغناطيسية على سبيكة الحركة نوع شيفرن فير المتناظر يتبين بأن حركتها غير منتظمة وكذلك فأن حجمها يتغير من مكان الى آخر في السبيكة . ومن هذه الدراسة امكن تحديد المناطق التي يتضاءل فيها حجم الفقاعة وربما تتعرض فيها الى الانهيار . كذلك تحديد المناطق التي يكبر فيها حجم الفقاعة ويؤدي بها الى الانتشار الى اكثر من سبيكة واحدة .

لقد تم مشاهدة حركة الفقاعة في ترددين مختلفين هما 100 و 520 كيلو هيرتز وتسجيل هذه الحركة كما مبين في الشكل (3) . تحت مجال مغناطيسي عمودي مقداره 9600 امبير/متر ومجال مغناطيسي دوار مقداره 3200 امبير/متر وتعد هذه القيم افضل منطقة تعمل فيها هذه الذاكرة بكفاءة عالية .

من الواضح انه توجد منطقتان تحت سبيكة الحركة يصبح فيهما حجم الفقاعة اقل ما يمكن وهما عندما يكون اتجاه المجال حوالي 30 درجة و 195 درجة . ومن مراجعة الشكل 2 بصورة دقيقة يتبين بأن هذين الاتجاهين هما :

عندما تقفز بين سبيكتي الحركة وتستقر تحت الطرف الايسر للذراع الكبير . وعندما تكون تحت الركبة .

والسبب في ذلك هو شدة المجال المغناطيسي العمودي في هاتين المنطقتين نتيجة لضعف المجال المغناطيسي الموضعي المتولد ، والذي يعاكس المجال المغناطيسي العمودي . ان اقل حجم تصله الفقاعة هو عند الاتجاه 195 درجة في تردد 520 كيلو هيرتز بحيث يبلغ قطر الفقاعة عند هذا الاتجاه 2.4 ميكرون وهو قريب جداً من قطر انهيار الفقاعة .

كذلك فأن الفقاعة تتمدد الى اقصى مايمكن في منطقتين آخريين هما في اتجاهي 120 و 270 درجة في التردد 100 كيلو هيرتز واتجاهي 125 و 285 درجة في التردد 520 كيلو هيرتز وهاتان المنطقتان هما منتصف ذراعي السبيكة .

من الواضح بأنه يتكون مجال مغناطيسي في هاتين المنطقتين يضعف المجال المغناطيسي العمودي ويؤدي بالتالي الى تمدد الفقاعات . ان اكبر طول تصله الفقاعة عندما تكون تحت الذراع الصغير وعند الاتجاه 270 درجة في تردد 100 كيلو هيرتز ، ويكون طول قطرها الاعظم 11 ميكرون وهو ما يعادل تقريباً ثلاث اضعاف قطر الفقاعة الاعتيادية في مثل هذه الاغشية .

كذلك يتبين من الشكل 3 ان طول قطر الفقاعة الاعظم يقل كلما زاد التردد والسبب في ذلك يعود الى تخلف الفقاعة عن

اتجاها المجال المغناطيسي الدوار وسرعها في منطقة مجال مغناطيسي عمودي اشد كثافة فيما لو سارت متزامنا مع اتجاها المجال المغناطيسي الدوار .

لقد تم رسم موقع مركز الفقاعة على سبيكة الحركة مع اتجاها المجال المغناطيسي الدوار ولترددين مختلفين هما 100 و 520 كيلو هرتز كما في الشكل 4 ولقيم المجال المغناطيسي الدوار والعمودي المبين في الشكل 3 . من الشكل اعلاه يتبين انها توجد منطقتان على السبيكة تقل فيهما حركة الفقاعة وتبدو كانها مستقرة ، هما مدخل الذراع الكبير ومنتصف الذراع الصغير . وفي دراسة سابقة (12) لوحظت مناطق الاستقرار نفسها عند نهايتي الذراعين على الرغم من ان الدراسة تمت على سبيكة شيفرن متناظر ذي زاوية مقدارها 120° بين الذراعين .

ان زمن استقرار الفقاعة في الشكل 4 يقل كلما زاد التردد . والسبب في ذلك يعود الى زيادة تخلف الفقاعة عن اتجاها المجال المغناطيسي كلما زاد التردد ، وبذلك يقل الوقت المتاح للفقاعة لكي تستقر في نهايتي الذراعين . كذلك يلاحظ ان تخلف الفقاعة يزداد عندما تقفز بين سبيكتين (زاوية الاتجاه صفر ولغاية 60 درجة) او عندما تسير من

منتصف الذراع الكبير لغاية الذراع الصغير (زاوية الاتجاه من 150 ولغاية 270 درجة) . ومن المتوقع انه عند زيادة تردد المجال المغناطيسي عن هذا الحد او ربما اكثر قليلا" فأن الفقاعة لن تسير متزامنة مع اتجاه المجال وسوف تضيع المعلومات المخزونة في هذه الذاكرة .

مما تقدم نستطيع ان نستخلص حقيقتين اساسيتين وهما :

اولا" ان تخلف الفقاعة عن اتجاه المجال المغناطيسي يزداد بزيادة تردد المجال .

ثانيا" ان النقطة او المنطقة التي لاتستطيع الفقاعة الثبات فيها لاتعتمد على التردد او مقدار المجال المغناطيسي الدوار بل تعتمد على شكل وتصميم سبيكة الحركة . وهكذا اصبح واضحا" ان منتصف الذراع الصغير في السبيكة هو المنطقة التي تتعرض فيها الفقاعة للتخلف وبالتالي للانهيار ولذلك فأنني اقترح اضافة نقطة او منطقة انحناء في منتصف الذراع كي تجذب الفقاعة اليها وتقلل من زاوية تخلفها .

حساب سرعة الفقاعة المغناطيسية

في الشكل 5 تم رسم السرعة الانية للفقاعة مع المسافة الفعلية التي تقطعها الفقاعة تحت سبيكة الحركة وفي

الترددين 100 و 520 كيلو هيرتز لقيم المجال المغناطيسي الدوار والعمودي نفسها وقد وضعت في الشكل 3. لقد تم حساب السرعة الانية للفقاعة من ناتج قسمة المسافة الفعلية التي تقطعها الفقاعة تحت شبكة الحركة على الزمن المستغرق لقطع تلك المسافة . كذلك فقد تم تعيين موقع الفقاعة على المحور السيني بواسطة الاطر الابجدية التي تحدد الموقع الفعلي للفقاعة على شبكة الحركة . اما الخطان المتقطعان فيمثلان معدل سرعة الفقاعة على شبكة الحركة عندما تسير بصورة منتظمة في الترددين 100 و 520 كيلو هيرتز .

من الواضح انها توجد عدة مناطق تحت شبكة الحركة تصل فيها سرعة الفقاعة الى الذروة لكلا الترددين . ونقصد بذروة السرعة عندما تزيد على نصف معدل السرعة في ذلك التردد . تصل ذروة السرعة الى 6 متر / ثانية في تردد 100 كيلو هيرتز بينما تتجاوز 30 متر/ثانية في تردد 520 كيلو هيرتز . كذلك نلاحظ ان السرعة تنخفض كثيرا" بعد هذه الذروات لتصل الى حد السكون كما يتبين في النقطة د لتردد 100 كيلو هيرتز ،بينما تنخفض السرعة الى 3.6 متر / ثانية لتردد 520 كيلو هيرتز في تلك النقطة .

ان ذروتي السرعة في تردد 100 كيلو هيرتز تحدثـــان في المنطقة بين ت ـ ث وكذلك المنطقة بين خ ـ د . اما في تردد 520 كيلو هيرتز فتوجد ايضا" ذروتان في منطقتين تتخلفـــان قليلا" عما شوهد في تردد 100 كيلو هيرتز ، وهذا امر طبيعـي نتيجة تخلف الفقاعة في الترددات العالية . ومن الملاحـــظ ايضا" بأن هناك ذروة حدثت في تردد 520 كيلـــو هيرتز فـــي المنطقة (ت) لم تشاهد في تردد 100 /كيلو هيرتز ومن المتوقع ان هذه الذروة قد حدثت في تردد 100 كيلو هيرتز ولكنها تحدث في منطقة أ المتقدمة عندما تقفز الفقاعة بين سيكتي الحركة .

لقد تم حساب السرعة القصوى للفقاعة نظريا" باستخـدام المعادلات 3 و 5 و 6 وطريقة الحساب موضحة في المصـــدر 13 ، فوجد انها تساوي 30 متر / ثانية في المعادلة 3 و 21 متر / ثانية في المعادلة 5 و 23 متر/ثانية في المعادلة 6 . وواضح من الشكل 6 وفي تردد 520 كيلو هيرتز ان الذروة القصـــوى للسرعة هي 30.4 متر / ثانية وهي قريبة جدا" من النتيجـــة التي حسبت في المعادلة 3 . وبما انه لم يكن باستطاعتنا في هذه التجربة من تحريك الفقاعة في تردد اكثر من 520 كيلـــو هيرتز نتيجة لصعوبات في الدائرة الكهربائية ، سوف نحـــاول

التغلب عليها في البحث القادم , فأنه من المتوقع الحصـــول على سرعة اكبر من التي سجلت في هذا البحث .

اما لماذا تتجاوز السرعة العملية قيمة السرعة التـــي حسبت في المعادلة 3 فيعود الى ان سبيكة الحركة نفسها تولـد مجالا" " مغناطيسا " دوارا" نتيجة للفعل المتبادل بيـــن سبيكة الحركة والفقاعة التي تحتها . وهذا يوضح عدم حصـــول ذروة سرعة متميزة عندما تقفز الفقاعة بين السبيكتين وذلـك لعدم وجود سبيكة فوقها .

الاستنتاجـــــات

لقد تمت دراسة الحدود العليا والدنيا التي تعمل فيهـا ذاكرة الفقاعات المغناطيسية بكفاءة عالية فوجد انها حوالي 2300 امبير/متر من المجال المغناطيسي العمـودي في تردد 100 كيلو هيرتز وان هذه الحدود تقل بزيادة التردد .

كذلك تمت دراسة حجم الفقاعة وحركتها فوجد انهما غيـر منتظميـن اذا ان حجم الفقاعة يتقلص عندما تستقر تحت الطرف الايسر للذراع الكبير او تحت الركبة وفي هاتين المنطقتيـــن تتعرض الفقاعة للانهيار اذا زاد التردد كثيرا" . كذلك وجـد بأن حجمها يتمدد كثيرا" عندما تكون في منتصـــــف اي من

الذراعين . ان حجم الفقاعات يتناقص كلما زاد التردد والسبب هو زيادة تخلف الفقاعة عن اتجاه المجال المغناطيسي الدوار وسيرها في منطقة مجال مغناطيسي عمودي اشد كثافة فيما لو سارت متزامنة مع اتجاه المجال المغناطيسي .

كذلك يتبين ان زاوية تخلف الفقاعة لاتعتمد على قيمة المجال الدوار واتجاهه بل تعتمد على شكل سبيكة الحركة ، وان منتصف الذراع الصغير هو المنطقة التي تتعرض فيها الفقاعة الى اقصى تخلف . كذلك لوحظ ان الفقاعة تستقر كثيرا" تحت مدخل الذراع الكبير ومنتصف الذراع الصغير ، بينما تسير بانتظام بين هاتين المنطقتين .

وعند حساب سرعة الفقاعة وجد انها غير منتظمة وانها تتجاوز القيم النظرية التي حسبت سابقا" وقد عزى السبب في ذلك الى التفاعل المغناطيسي المتبادل بين السبيكة والفقاعة المغناطيسية نفسها .

References المصـــــــــادر

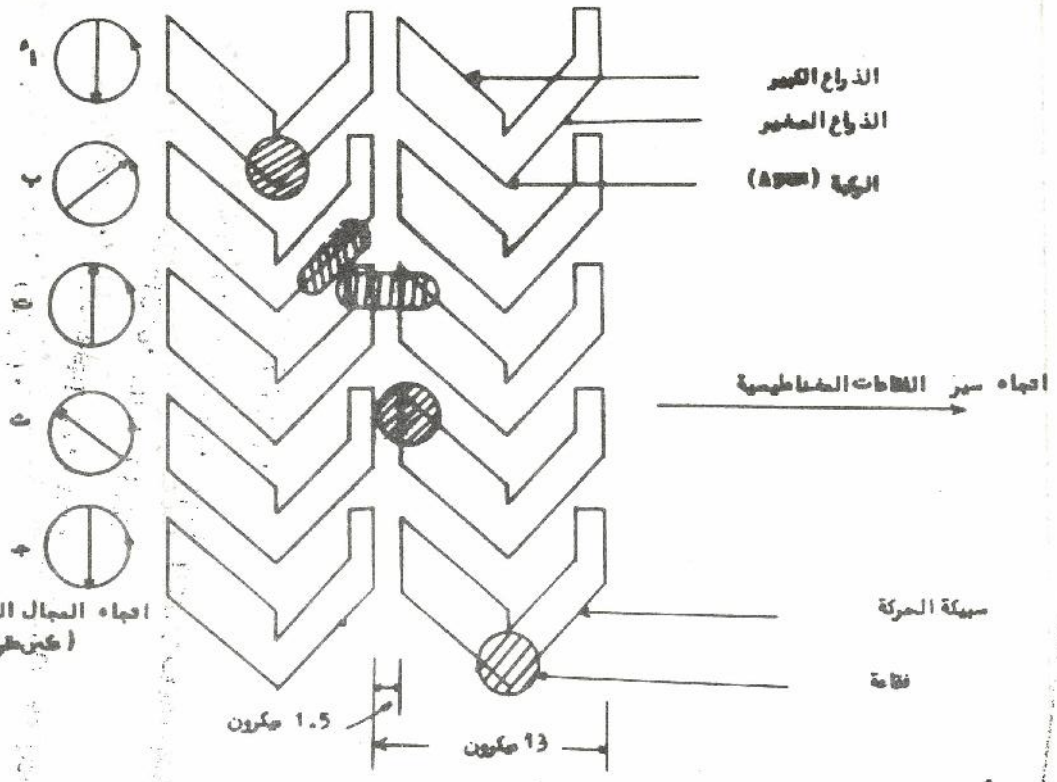
1. A. H. Bobeck and H. E. D. Scovil, Scientifc American, Vol. 224, P. 78 (1971).
2. W. F. Mohamad, ph. D. Thesis, chapter I and II Manchester University, (1980).
3. الدكتور وكاع فرمان الجبوري مجلة الصناعة العدد الثالث , صفحة 30 (1986) .
4. A.A. Thiele, J. Appl. Phys., Vol.41, P. 1139, (1970).
5. A. J. Perneski, IEEE Trans. Magn., Vol. MAG-5,P.554, (1969).
6. P. I. Banyhard and J. L. Smith, IEEE Trans. Magn., Vol. MAG-12, P. 614, (1976).
7. W. J. Tabor et. al., Bell Sys. Tech. J., Vol. 51, P. 1427, (1972).
8. Z. Aziz et. al., IEEE Trans. Magn., Vol MAG-11, P. 1133, (1975).
9. J. C. Slonczewski, J. Appl. Phys., Vol. 44, P. 1759, (1973).

10. A. P. Malozemoff et. al., AIP Conf. Pro. 29, P. 58, (1976).

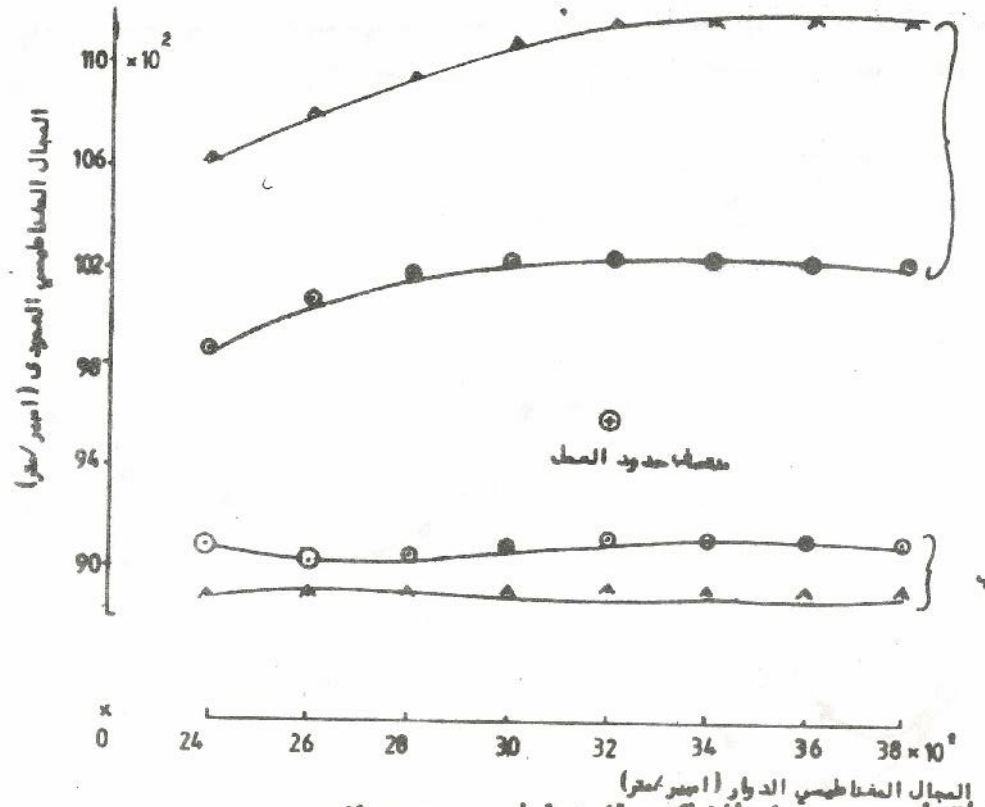
11. F. H. de Leeuw, IEEE Trans. Magn., Vol, MAG-14, P. 596, (1978).

12. T. Kobayashi et. at., IEEE Trans. Magn., Vol. MAG-12,P. 202, (1976).

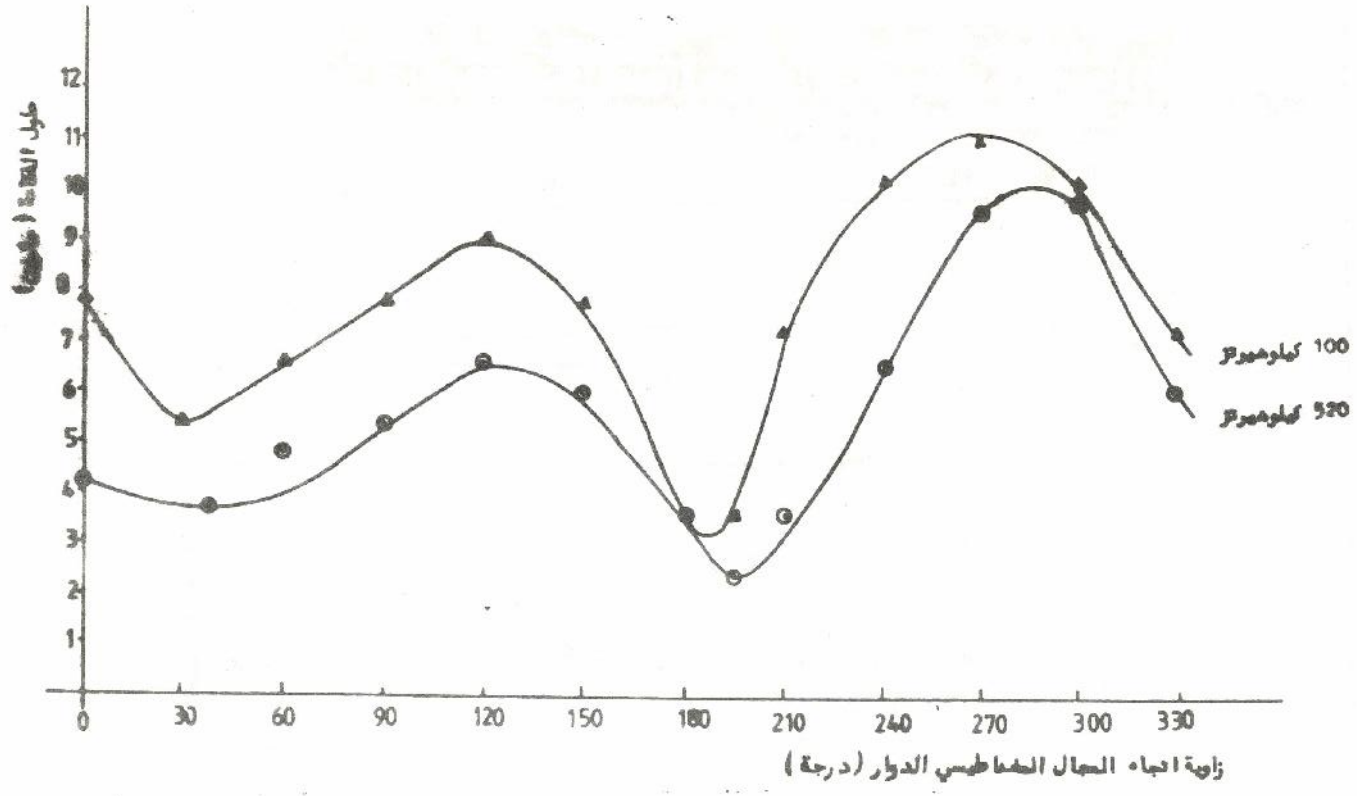
13. W. D. Doyle et. al., IEEE Trans. Magn, Vol. MAG-14, P. 303, (1978).



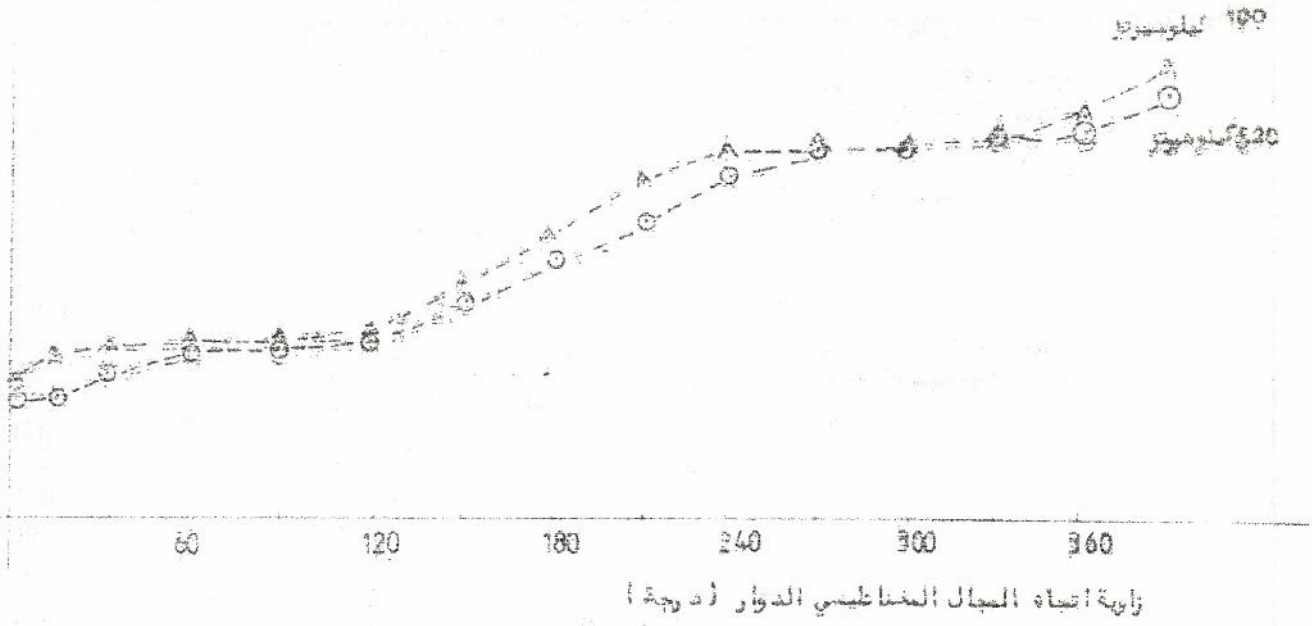
الشكل 1 : حركة الفقاعة على سبيكة حركة نوع شيفرون غير متناظر (Asymmetric chevron)



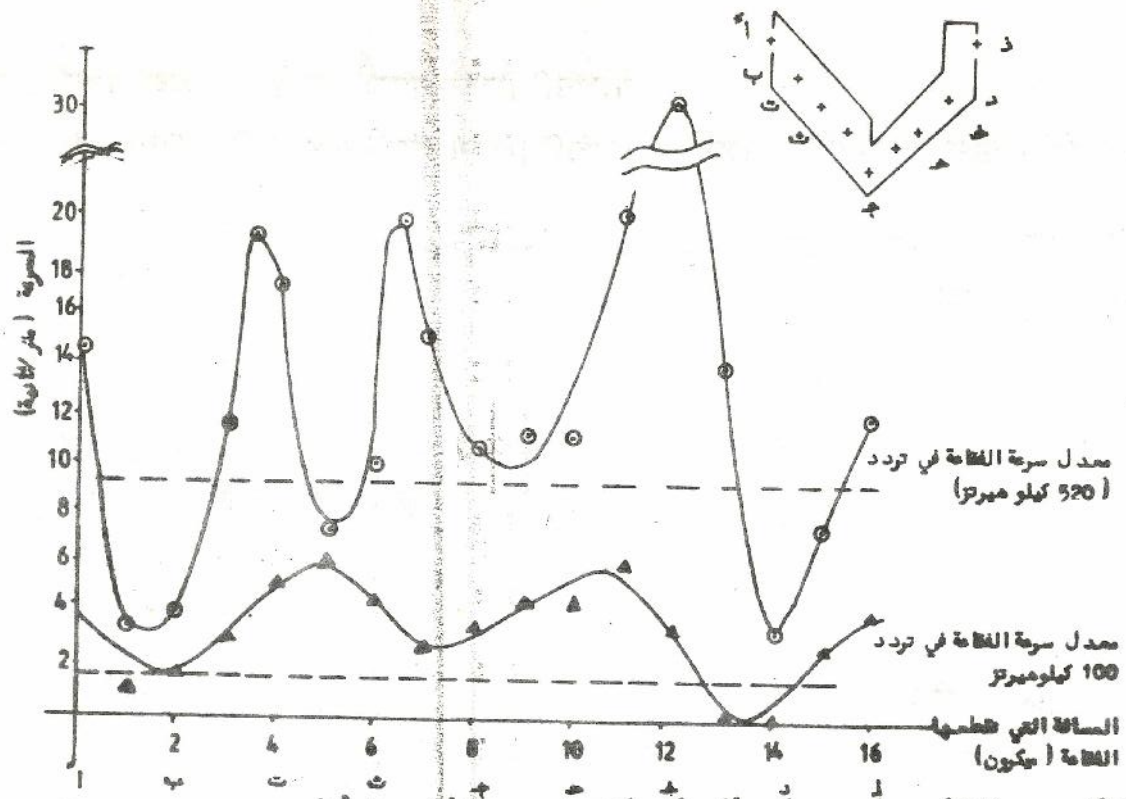
الشكل 2 : مناطق او حدود عمل الذاكره المغناطيسيه تحت التجربه
(ا) الحد الاعلى لعمل الذاكره (ب) الحد الادنى لعمل الذاكره •
100 كيلو هيرتز △ △ △ △ △ ـــ 520 كيلو هيرتز ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙



الشكل 3 : تغير طول القفاعة مع تغير اتجاه المجال المغناطيسي الدوار عند ترددين مختلفين
المجال المغناطيسي العمودي 9600 امبير/متر والمجال المغناطيسي الدوار 3200 امبير/متر



الشكل ٩ : حركة مركز القطاعة لترددين مختلفين ، المجال المغناطيسي العمودي 9600 أمبير / متر
والمجال المغناطيسي الدوار 3200 أمبير / متر



الشكل 5 : أسرعة الفقاعة على سبيكة الحركة لترددين مختلفين هما : 100 و 520 كيلو هيرتز لقيم المجال المغناطيسي العمودي الدوار نفسها في الشكل 3 .