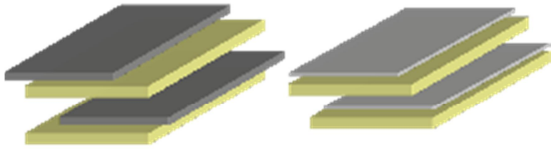
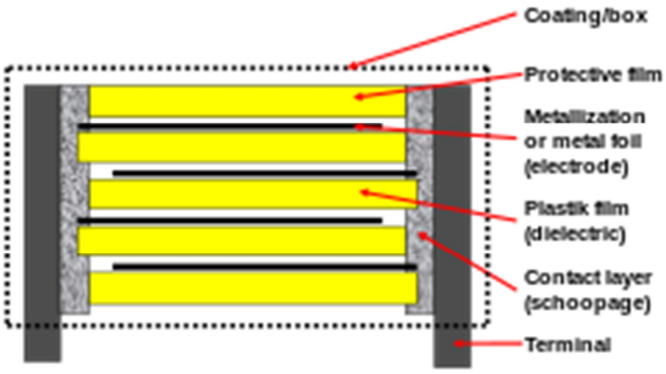
## ٧-٣ مكثفات الأفلام الرقيقة

### ٧-٣ -١ مقدمة:

إكتسبت المعدات الإلكترونية الحديثة القدرة على التعامل مع مستويات الطاقة التي كانت في السابق حكرا على مكونات "الطاقة الكهربائية"، وأصبح التمييز بين تصنيفات الطاقة "الإلكترونية" و"الكهربائية" أقل٠ في الماضي، كانت الحدود الفاصلة بين المجالين تقريبا في القدرات الكهربائية الفعالة قيمتها ٢٠٠ فولت – أمبير ، ولكن إلكترونيات الطاقة الحديثة يمكن التعامل مع كميات متزايدة من الطاقة٠




الشكل (٧-٤٧ ) مقارنة تخطيطية لمكثف الأفلام الرقيقة مقابل المكثفات الممعدنية

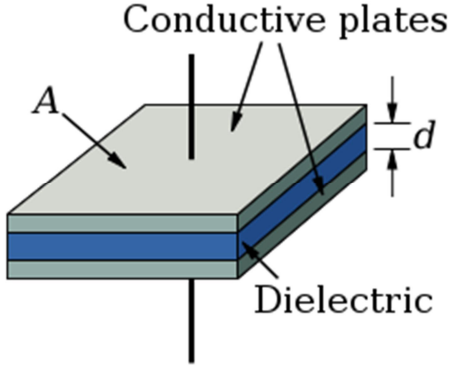



الشكل (٧-٤٨) مقطع عرضي لمكثف فيلم رقيق من مادة عازلة

هناك نوعين مختلفين من المكثفات البلاستيكية، مع تكوينات مختلفة للأقطاب:

- مكثفات الفيلم الرقائق أو مكثفات الشرائح المعدنية مصنعة من نوعين من الأفلام البلاستيكية مثل المواد العازلة٠ كل منها مغطاة بشريحة معدنية رفيعة عادة من الألومنيوم كأقطاب توصيل٠ من مزايا هذا التكوين سهولة التوصيل الكهربائى الى شريحة القطب المعدنى وقدرته لتحمل كثافة التيار الكهربائى العالى٠

• يتم تصنيع مكثفات الفيلم المعدنى بآليتين فيلم بلاستيك كمادة عازلة• يتم ترسيب طبقة رقيقة جدا حوالى ٠٣•و• ميكرومتر سمك بتقنية ترسيب الألومنيوم (فى محيط مفرغ من الهواء) على أحد جانبى الشريحة لإستخدامها كأقطاب معدنية• ومن مزايا هذا التكوين معالجته الذاتية فى حالات إنهيار المادة العازلة أو غلق الدائرة بتلامس القطبين وبالتالى لا تتسبب فى تدمير المكثف• يمكن بهذا التصميم الأساسي تصنيع مكثفات عالية الجودة مثل مكثفات بدون عيوب[١] وإنتاج المكثفات الحرجة[٢] بقيم سعة كبيرة تصل الى ١٠٠ ميكرو فاراد أو أكثر وفى بعض الحالات القليلة مكثفات عالية الكفاءة الحجمية[٣] بالمقارنة لتكوينات الفيلم الرقيق• ومع ذلك من عيوب التكوينات المعدنية عدم تحملها للزيادات المرتفعة للتيار•




الشكل (٧-٤٩) وضع مادة عازلة بين لوحى المكثف كل منها له نفس المساحة وبينهما مسافة

ميزة رئيسية أخرى لمكثفات الفيلم الحديث تتمثل فى كيفية البناء الداخلي وإتصالة المباشر بالأقطاب الكهربائية على كلا من الطرفين• هذه الوصلات تقلل من طول مسارات التيار بأكملها للقطب الداخلىً • هذا التكوين يتمتع بسلوك توصيل عدد كبير من المكثفات

---

[١] في سوق تنافسية للإلكترونيات، فلسفة قيمة العيوب صفر لنيتشيكون "zero-defect" Nichicon's ليضمن إمكانية تحمل المكونات للتطبيقات المتنوعة. يتميز أسلوب نيتشيكون بمجموعة متنوعة من المكثفات المقدمة بما في ذلك تلك المستخدمة فى التركيبات السطحية•

[٢] مكثفات بوليستر المعدنية الملفوفة تستخدم فى أغراض عامة فى كل من تطبيقات التيار المباشر والمتردد• وهى مكثفات جافة ، غير قطبية . ليس لها خاصية الحث وهى بجودة حجوم ذات تكلفة منخفضة•

[٣] تستخدم الكفاءة الحجمية (Volumetric efficiency) لقياس أداء الوظائف الألكترونية لكل وحدات حجوم • تقاس جودة الحجوم فى المكثفات بخرج السعة – الفولت (CV product) وتحسب بضرب السعة (C) بمعدل أقصى جهد مقسومة على الحجم•

**الفردية على التوازي٠ وبالتالي تقليل الفقد فى المقاومه الداخلية[٤] والحث الطفيلى[٥]٠ التصميم الهندسى لتكوين مكثف الفيلم يقلل من الفقد فى المقاومه وأيضا من قيم الحث الطفيلى مما يجعلها مناسبة للتطبيقات مع زيادة قيم التيارات العالية (سنيبرس)[٦] وتطبيقات قدرات التيار المتردد أو فى تطبيقات الترددات العالية٠ ميزة أخرى لمكثفات الأفلام سهولة إختيار مواد مختلفة كثيرة لطبقات المادة العازلة للخصائص الكهربائية المطلوبة٠ مثل إستقرار وثبات السعة – وتطبيقاتها فى درجات الحرارة المختلفة أو القدرة على الصمود مع تطبيقات الجهد العالي جداً٠ تستخدم مكثفات فيلم البولي بروبلين بالتحديد بسبب إنخفاض الفقد الكهربائى وسلوكها الشبه خطى مع نطاق واسع من الترددات وكذلك فى دوائر مرشحات الترددات العالية البسيطة كما تقدم مكثفات البوليستر حلول منخفضة التكاليف بإستقرار بعيد المدى بما يسمح بإستبدال مكثفات التنتالوم مرتفعة التكلفة٠ المعاملات فى مكثفات الأفلام الرقيقة من البلاستيك قادرة على التعامل مع إرتفاعات التيارات العالية والعالية جداً٠ القيم النموذجية للسعه لمكثفات الأفلام الرقيقة المستخدمة فى الإلكترونيات تتراوح بين ١٠٠ بيكو فاراد الى الميكرو فاراد٠ كما أن الخصائص الميكانيكية الفريدة لمكثفات الأفلام البلاستيكية في بعض التكوينات الخاصة تسمح بإستخدامها في مكثفات ذات أبعاد كبيرة جداً٠ وتستخدم مكثفات الفيلم الكبيرة كمكثفات الطاقة في منشآت الطاقة الكهربائية والمصانع لقادرتها على تحمل الطاقة المرتفعة جداً أو مرتفعة الجهد٠ يمكن أن تصل قوة العزل فى هذه المكثفات لنطاق جهد مكون من أربعة أرقام٠ يعتمد إستخدام المواد المختلفة للأفلام على تغيرات فى درجة الحرارة مقابل التردد٠**

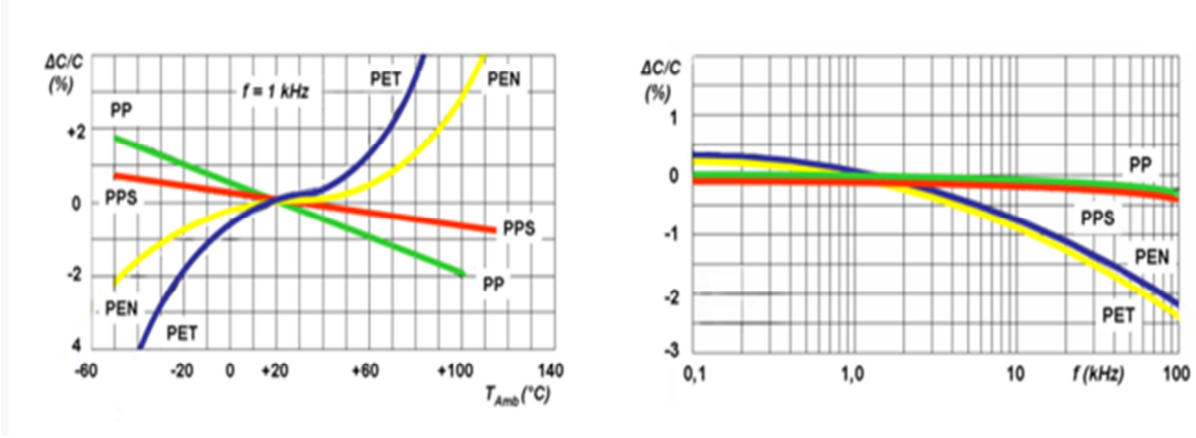
---

[٤] المعاملات الطفيلية للمكثف ، والتى تكافئ مقاومة على التوالى (ESR) **equivalent series resistance** والحث، والتى تؤثر فى أسلوب أداء المكثف فى الدائرة

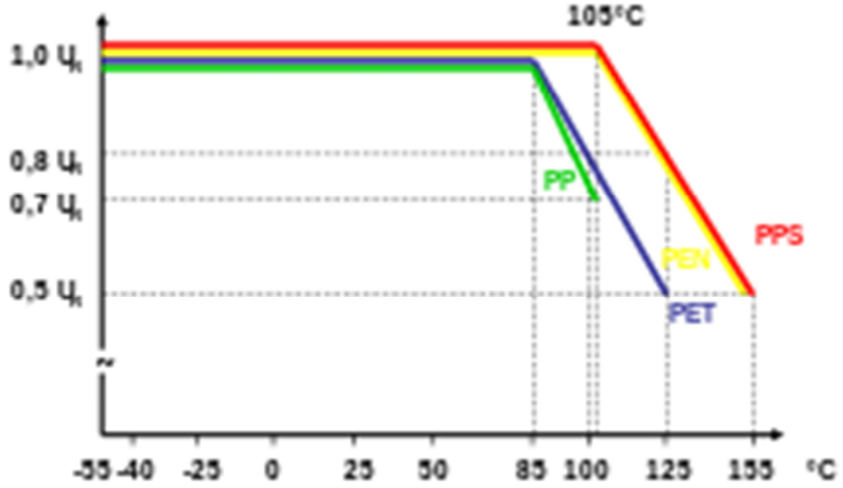
[٥] يسبب الحث الطفيلى فى المكثف شرارة فى شكل الموجة

[٦] تستخدم السنوبريات (Snubbers) عادة فى النظم الكهربائية ذات حمل حث (loadinductive ) حيث الانقطاع المفاجئ (sudden interruption) فى سريان التيار الذى يسبب لإرتفاع فى الجهد خلال عنصر تبديل التيار

توضح الأشكال التالية سلوك سعة المكثف مع درجات الحرارة ومع الترددات لأفلام من مواد مختلفة٠



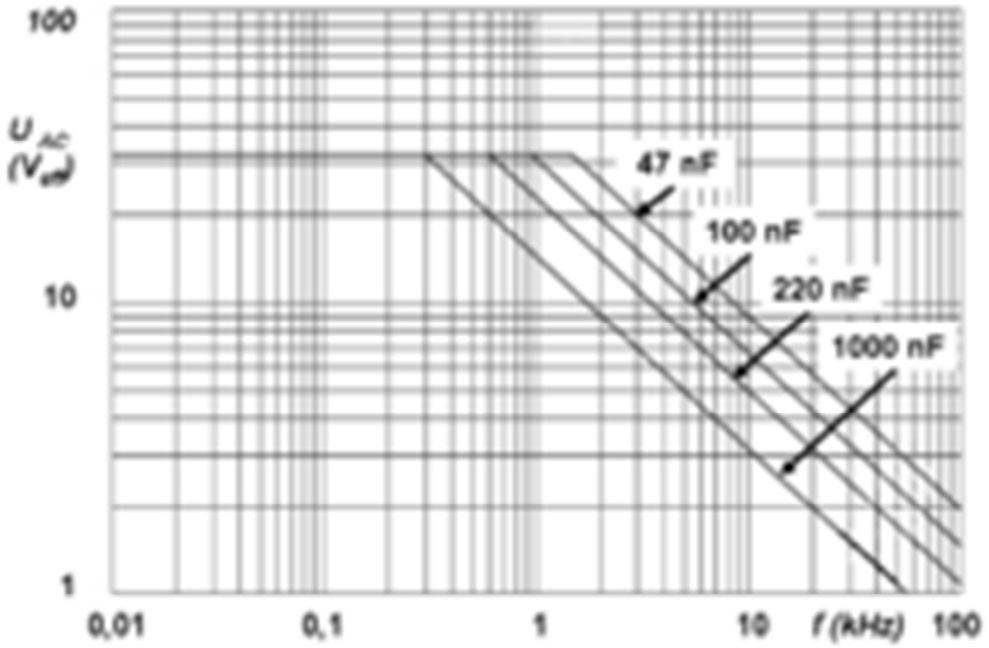

الشكل (٧-٥٠) السعة كدالة لدرجة الحرارة والتردد، للمكثفات الفيلم الرقيق من مواد مختلفة




الشكل (٧-٥١) معدلات الجهد بين القيمة القصوى لدرجة الحرارة لأنواع (PEN, PPS،PP, PET )

قيم جهد التيار المستمر ($V_R$) يمثل أقصى قيمة جهد أو قيمة الذروة من نبضات الجهد الكهربائي أو مجموع جهد التيار المستمر وقيمة جهد الذروة للتيار المتردد الممكن تطبيقه بشكل مستمر على المكثف عند أى درجة حرارة٠ يتناقص جهد الإنهيار لمكثفات الفيلم مع زيادة درجات الحرارة٠ عند إستخدام مكثفات الأفلام عند درجات حرارة بين معدل درجة الحرارة العليا ودرجة الحرارة المقدرة ($V_C$)٠ يتم تطبيق قيم المعدلات على كل من تطبيقات جهد التيار المستمر وجهد التيار المتغير٠ يستخدم بعض المنتجين منحنيات معدلات مختلفة

للمكثفات القائمين على إنتاجها بالمقارنة بالمنحنيات العامة الواضحة فى الشكل على اليمين٠ القيمة القصوى المسموح بها لجهد التيار المتردد المضاف يسمى معدل جهد التموج والذى يعتمد على تردد القيم القياسية المستخدمة كما تحدد الحالات التالية بصرف النظر عن نوع المادة العازلة للفيلم٠ مكثفات الأفلام ليست مستقطبة ومناسبة للتعامل مع جهد التناوب٠ لأن جهد التيار المتردد مصنفة كقيمة الجذر التربيعى فيجب أن يكون جهد التيار المتردد الاسمي أصغر من تصنيف الجهد للتيار المستمر٠




الشكل (٧-٥٢) منحنيات الجذر التربيعى للجهد المتغير كدالة للتردد، لأربع قيم مختلفة السعة

يوضح الجدول القيم النموذجية لجهد التيار المستمر والجهد الأسمى للتيار المتردد في الجدول أدناه:

| تصنيف جهد التيار المستمر والقيمة الاسمية ٥٠/٦٠ هرتز لجهد التيار المتردد (فولت) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تصنيف جهد التيار المستمر | ٥٠ | ٦٣ | ١٠٠ | ٢٥٠ | ٤٠٠ | ٦٣٠ | ١٠٠٠ | ١٦٠٠ | ٢٠٠٠ |
| الجهد الأسمى للتيار المتردد | ٣٠ | ٤٠ | ٦٣ | ١٦٠ | ٢٢٠ | ٢٥٠ | ٣٥٠ | ٥٥٠ | ٧٠٠ |

سريان تيار متردد مع التيار المستمر يسمى تموج التيار[٧] يسبب شحن وتفريغ دوري للمكثف مسببا حركة تذبذبية فى القطبية الكهربائية للمواد العازلة ينتج عن فقد فى العازل وهو مكون أساسي للمقاومة الداخلية للمكثف وتنتج حرارة نتيجة لسريان التيار المتردد٠ أقصى قيمة لمربع لجذر الجهد المتغير عند تردد ما يسمى جهد التيار المتردد المصنف ($V_{R\ AC}$)٠ ١ يتم حساب الجهد الكهربي المتردد المصنف بحيث ترتفع درجة الحرارة الداخلية من ٨ الى ١٠ درجات حرارة مطلقة التى تحدد الحد الأقصى المسموح به لمكثفات الفيلم كما يزداد الفقد بزيادة الترددات٠ يتم تصمم مكثفات الأفلام للتشغيل المستمر للجهد المتغير عند ترددات منخفضة ٥٠ أو٦٠ هرتز ولموثوقيتها فى حالة حدوث فشل بسبب تلامس قطبيى المكثف لا يحدث فشل ذريع فى التطبيقات نتيجة تأثير الهالة[٨] بتأين الهواء المحيط بالمكثف لذلك تنتج ظاهرة الموصلية التى تسمح بتفريغ جزئى على السطح المعدنى للفيلم الذى يسبب تبخير محلى للمعادن٠ ويتكرر حدوثه مسببا فقد أو إضمحلال فى السعة فى خلال عامين٠ حددت القياسات الدولية إضمحلال السعة بنسبة ١٠% لكل ١٠٠٠ ساعة تشغيل حوالى ٤٠ يوم تشغيل متواصل٠ وصممت بعض المكثفات لتخفيض هذه الظاهرة٠ أحداها على حساب الزيادة في حجم المكثف والتكلفة لمكثف يعمل عند جهد متردد ٢٠٠ الى ٢٤٠ فولت بتكوين داخلى لجزئين على التوالى كل منها يعمل عند جهد ١٠٠ الى ١٢٠ فولت تيار متردد الغير كافى ليسبب ظاهرة تأين الهواء المحيط٠

---

[٧] المعنى المتعارف عليه لمصطلح التموج (ripple) فى الهندسة الكهربائية هو الإختلاف الدوري المتبقي (residual periodic variation) منخفض القيمة لقيم خرج التيار المباشر المتبقى فى مصدر القوى والتى تمثل دخل من مصدر تيار متردد٠ ويرجع هذا تموج ناقصة قمع الموجي التناوب داخل وحدة الإمداد بالطاقة التذبذب (ripple) نتيجة الى ويرجع هذا التموج لنقص القمع لموجات التيار المتردد داخل وحدة الإمداد بالطاقة٠

[٨] فى الكهرباء ، تفريغ كورونا ( corona discharge) هو تفريغ كهربائى نتيجة لتأين سوائل حول موصل المشحون كهربائيا٠ يحدث تفريغ الكورونا تلقائيا (Spontaneous corona discharges) بشكل طبيعى فى تظم الضغط العالى فى حالة عدم مراعاة التحكم فى شدة المجال الكهربائى٠ تحدث الكورونا عندما يكون شدة معدل جهد المجال الكهربائى حول الموصل مرتفع للغاية ليكون منطقة توصيل ولكنها ليست كافية لحدوث إنهيار كهربائى أو نحناء للكائنات القريبة (objects to nearbyarcing)

**٧-٣ -٢ مقدمة نظرية السعة الخطية[٩]**

**يتجمع حقل كهربائي حول الإلكترونات نتيجة للمجال الكهربائى الذى ينبع من داخل كل إلكترون٠ يتسبب الحقل الكهربائي فى تنافر الإلكترونات مع بعضها البعض أو يؤدي لتجاذب بروتون وإلكترون لبعضهما٠ يمكن إستخدام هذه الخاصية والمعروفة بمصطلح "القوة فى مسافة" لتخزين الشحنات في المكثفات ومن ثم إستخدام الشحنات المخزونة لأداء العمل٠**

- **آلية السعة فما هي السعة؟ هى مفهوم بسيط**

**بوضع علامة على حجم مفرغ معين ثم تخزين الإلكترونات في ذلك الحجم فإن الإلكترونات سوف تتنافر مع بعضها ومحاولة إجبار بعضهم البعض مرة أخرى للخروج من وحدة التخزين والتى تكسبها قوة لجعل إلكترونات إضافية تدخل فى الحجم المفرغ مضادة للتنافر المتبادل وتتدفق الإلكترونات الإضافية٠ وبالتالى يمكن تخزين قدر من الشغل في وحدة التخزين تلك بإجبار الإلكترونات في وحدة التخزين والحصول على قدر من الشغل عندما يسمح للإلكترونات بالتدفق الى الخارج ويتبين أن القوة المطلوبة لتخزين الشحنات في وحدة التخزين هى مقدار الجهد على مكثف٠ يمكن تحديد كمية الطاقة التى تم تخزينها فى الحجم المفرغ بضرب مقدار الجهد فى عدد الإلكترونات وبقسمة عدد الإلكترونات التى أجبرت على الدخول فى وحدة التخزين على قيمة الجهد الذي يمثل محاولة خروج الإلكترونات نحصل على نسبة تسمى سعة للتخزين٠ وبعبارة أخرى، إذا كان الجهد الذى يمثل القوة المطلوبة لخروج الإلكترونات من وحدة التخزين يساوى ١ فولت في عدد ١٠ إلكترونات ، نحصل على قيمة السعة وفى وحدة تخزين أخرى إذا كان الجهد الذى يمثل القوة المطلوبة لخروج الإلكترونات يساوى ١ فولت في عدد ٢٠ إلكترون ، نحصل على قيمة سعة تساوى ضعف السعة فى الحالة الأولى٠ عادة ، يتكون المكثف من لوحين متوازيين من مادة موصلة مفصولين عن بعضهما بمسافة٠ إذا كانت المسافة بين اللوحين منطقة مفرغة بينهما، يمكن تحديد عدد الإلكترونات التى يتم تخزينها على اللوحين بالمعادلة:**

---

[٩] الفصل الأول : نظريةالمكثفات الخطية (Joe T. Evans, Jr.)

السعة = معامل العزل مضروب فى حاصل قسمة المساحة على السمك

المعادلة ( ٧-١٠ ) $C = \varepsilon_o \bullet A / t$

حيث : ($\varepsilon_o$) معامل العزل الكهربائى للفراغ ويساوى ٨و٨٤ x ١٠$^{-١٤}$ فراد / سم و(A) مساحة المكثف بالسنتيمتر المربع و(t) سمك المكثف بالسنتيمتر٠ الشكل الهندسى المرتبط بالمكثف وخصائصه٠ مع ملاحظة أن السعة تتناسب طرديا مع مساحة لوحى المكثف ٠ كما تتناسب السعة عكسيا مع المسافة بين لوحى المكثف٠ كما أن معامل العزل الكهربائى ($\varepsilon_o$) لا يعتمد على أبعاد الشكل الهندسى للمكثف٠ يشير معامل العزل الكهربائى ($\varepsilon_o$) الى قيمة قوة التنافر بين الإلكترونات وهو معامل قويً وهو أحد العناصر المنظمة للكون٠ بإستخدام ثابت (C) يمثل عدد الإلكترونات المخزونة فى المكثف عند قيمة جهد (V) هو:

المعادلة ( ٧-١١ ) $C = Q = N \times e \quad volt$

(Q) إجمالي الشحنات بوحدة الكولوم و(N) عدد الإلكترونات و(e) شحنة الإلكترون الواحد٠ الكولوم هو مقياس لعدد الإلكترونات ويساوى ٦.٢٥ × ١٠ $^{١٨}$ إلكترون٠ وبالتالى شحنة إلكترون واحد تساوى ٦و١x ١٠$^{-١٩}$ كولوم٠ كما أن وحدة الفراد تمثل السعة وتعريفها

المعادلة ( ٧-١٢ ) 1 Farad = 1 Coulomb / 1 Volt

ولمزيد من الإيضاح

- قيمة السعة لكل ترانزستور في الكمبيوتر المكتبي تقدر بفيمتو واحد تقريبا ٠ لذا، يحتاج عند جهد يساوى ٣ فولت فولت حوالي ٣ فيمتو كولوم فى كل مرة سواء للتشغيل أو إغلاق التشغيل٠
- طول الترانزستور أقل من نصف ميكرومتر في الطول ( ٥و٠x١٠$^{-٦}$ متر) أيضا يمكن أن يوصف هذا الطول بطول ٥٠٠ نانومتر٠
- أحد أنواع الفيروسات التي يمكن أن يوقف عمل الكومبيوتر هو حوالي ١٠٠ نانومتر
- بعض الخلايا الحية حوالي ١ ميكرومتر وبعضها أصغر أو أكبر
- شعر الإنسان في المتوسط حوالي ١٠٠ ميكرومتر في القطر
- بطاقة الإئتمان القياسية هو ما يقرب من ٧٥٠ ميكرومتر أو ٠.٧٥ ملم، في السمك

- طول مكثف فيروليكتريك القياسية المتوفرة مع جهاز "إيدو إلمشع"[١٠] ١٢٠ ميكرومتر طول على جانب واحد و٨٠ ميكرومتر طول على الجانب الآخر بمساحة ١٠ ميكرومتر مربع وهذا ما يعادل ٠.٠٠٠١ ملليمتر مربع٠ سمك المكثف ٢٦٠ نانومتر وسعة إجمالية ما يقارب ١ نانوفاراد ٠
- أطراف عنصر التوصيل (تو-١٨)[١١] للمكثفات فيرو الكهربائية المشعة ٠.٢ ملليمتر في القطر ولها سعة حوالي ١ بيكو فاراد ٠

وفقا للمعادلة (٧ – ١١) أعلاه، إذا طبقنا فولت ١ إلى مكثف ١ نانو فاراد ، يمكن تخزين ١ نانو كولوم في هذا المكثف٠ للتأكد من صغر مقدار الشحنة ، يستخدم موقد المطبخ الكهربائي القياسي تيار كهربائى حوالي ٢٠ أمبير لتسخين عنصرتسخين الموقد٠ ومن تعريف الأمبير هو تدفق كولوم واحد من الشحنات كل ثانية فى الدائرة ٠ لذلك، يستخدم موقد المطبخ ٢٠ كولوم في الثانية الواحدة لتسخين الموقد٠ من جهه أخرى، سيتم تخزين ١ نانو كولوم في واحد من المكثفات الفيرو كهربائية أثناء إختبار التباطؤ٠ يستخدم كمبيوتر المكتب ٣ فيمتو كولوم فقط إلى تشغيل أو إيقاف تشغيل لكل ترانزستور واحد ومن خلال عملية حسابية بالحاسوب الشخصي.

٢٠ كولوم = ٢٠ x ٢٥و٦ x ١٠ $^{١٨}$ إلكترون = ٢٥و١ x ١٠ $^{٢٠}$ إلكترون

١ نانو كولوم = ١ x ١٠ $^{-٩}$ x ٢٥و٦ x ١٠ $^{١٨}$ إلكترون = ٢٥و٦ بليون إلكترون

---

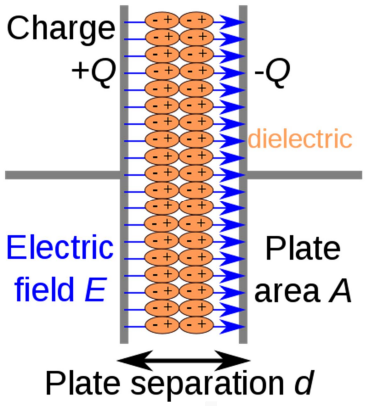
[١٠] الإختصار(EDU) هى لأداة تعليمية فريدة للعلم والتعليم الهندسي المشعة (Radiant EDU) وهى أداة اختبار تعمل بكامل طاقتها لخصائص السيراميك الغير خطية مثل تلك المستخدمة في أجهزة الإستشعار الصناعية والمحركات. تقيس حلقات التباطؤ للمكثفات الفيروكهربائية المشعة المغلفة صنعت خصيصا للمختبر. يوفر الإشعاع مجموعة كاملة من البرامج التعليمية لتوجيه الطالب لفهم المواد الغير خطية، ومجموعة من التجارب الموصى بها للطلاب للعمل مع المكثفات الفيروكهربائية٠

[١١] صمم لوحة مأخذ التوصيل (Radiant Socket Board) المشع لسهولة توصيل المكثفات الفيروكهربائية فى أربع أطراف لجهاز الإختبار(TO-18) ٠ كل جهاز إختبار (TO-18) يشتمل على مكثفين على التوازى فى طرف واحد٠ كذلك، وضعت االلوحة بطريقة للحفاظ على عزل خطوط الإشارة والحفاظ على الحد من تأثير الضوضاء لكابلات ربط مأخذ التوصيل للوحة لجهازإختبار الفيرو كهربائية ويمكن كذلك عزل المقدمة فى حالة توصيل الجهاز (TO-18) ٠

١ فمتو كولوم = ١ x ١٠ $^{-١٥}$ x ٦و٢٥ x ١٠ $^{١٨}$ إلكترون = ٦٢٥٠ إلكترون

يبدو أن تشغيل الترانزستور لا يحتاج الى طاقة. نتذكر أن شريحة الكمبيوتر قد تشتمل على مائة مليون ترانزستور (أو ١ ×١٠$^{٨}$) لإيقاف تشغيل الكومبيوتر ومثلها لإعادة التشغيل في الثانية فى المتوسط. لذلك يمكن أن تستخدام رقائق الكمبيوتر قدر من التيار يساوى :

- التيار = مجموع الشحنات لكل مرة
- التيار = عدد الترانزستورات فى الكومبيوتر x معدل تحويل كل ترانزستور من التشغيل الى عدم التشغيل في الثانية x ٣ فمتو كولوم لكل تبدبل x إلكترونات / كولوم.
- التيار=١ × ١٠$^{٨}$ × ١ ×١٠$^{٨}$ × ٣ x ١٠ $^{-١٥}$ x ٦و٢٥ x ١٠ $^{١٨}$ إلكترونات/ثانية
- التيار = ٨٧٥و١ x ١٠ $^{٢٠}$ إلكترونات لكل ثانية = ٣٠ أمبير




الشكل ( ٧-٥٣) نموذج تخطيطي لمكثف فيروليكتريك

سوف تحترق رقائق الكمبيوتر إذا لم يكن لديها مروحة أو وسائل تبريد لشريحة الكومبيوتر. يتضح أن السعة تتبع بشكل صارم عدد الإلكترونات التى تتحرك داخل وخارج المكثف عند كل تغيير في الجهد عبر المكثف. المكثفات الفيرو كهربائية [١٢] فريدة من نوعها حيث أنه ليس كل من الإلكترونات الداخلة الى المكثف تخرج منه ؛ هذه الخاصية تستخدم فى صناعة الذاكرات التى تشتمل على مكثف فيروليكتريك.

---

[١٢] مكثف فيروكهربية هو مكثف يستند إلى مادة فيروكهربية . وفي المقابل، المكثفات التقليدية تستند على أساس المواد العازلة للكهرباء. وتستخدم العناصر الفيروكهربية في الإلكترونيات الرقمية كجزء من ذاكرات الوصول العشوائي الفيروكهربية (ferroelectric RAM ) ، أو في مجال الإلكترونيات التناظرية كالمكثفات الانضباطية (فاراكتور)- tunable capacitors (varactors

- **التابت النسبى للعزل**

**يمكن زيادة السعة للمكثف عن طريق وضع مواد داخل بين لوحى المكثف٠ وهذا يعني إدخال إلكترونات أكثر في المكثف عند جهد محدد إذا لم يكن بين لوحى المكثف سوى الفراغ٠ بالإعتماد على درجة حرارة الغرفة أو درجة حرارة الجسم والتى تتكون من الإلكترونات مع البروتونات في الذرات والجزيئات٠ عند شحن المكثف، فإن الجزيئات والذرات داخل المكثف تتأثر بخطوط القوة للحقل الكهربائي المنبثق عن الشحنات المجبرة للدخول الى المكثف٠ تسرى الإلكترونات في الجزيء أو الذرة في إتجاه واحد بسبب خطوط القوة الناتجة كما تسرى البروتونات في الإتجاه المعاكس٠ وبطبيعة الحال، ليس من المطلوب فصل الإلكترونات عن البروتونات وبالتالى نستخدم جهود منخفضة في المكثفات٠ وكمثال فإن البرق الذى يحدث في الطبيعة عند تجاوز جهد "التمزيق"[١٣]٠**

**الشكل ( ٧-٥٤)**

**فيكون التأثير النهائى أن جميع الشحنات داخل الذرة أو الجزيء تصبح منفصلة بمسافة قصيرة ، فينشأ مكثف نانو خارج الذرة أو الجزيء٠**

---

[١٣] **ما هي التيارات الكهربائية داخل عملية تفريغ برق؟ فهى متغيرة جداً.. لكنها مرتفعة!٠ متوسط ذروة التيار فى العاصفة الضوئية (البرق) حوالى ٣٠,٠٠٠ أمبير٠ ولكن بعض التفريغ ، لا سيما تلك التي تحدث داخل السحاب، هي فقط عدة آلاف أمبير٠ على الجانب الآخر يحدث البرق، أحياناً عند ٣٠٠,٠٠٠ أمبير أو أكثر٠ يمكن أن يتراوح الجهد الكهربائى المشارك في التفريغ الضوئى (البرق) إلى ٢٠٠ مليون فولت٠**

ينحاز عدد كبير من مكثفات النانو[١٤] الذى يصل فى العدد الى تريليونات عكس إتجاه المكثف الكبير حيث أنها تلغي بعض من تأثيره. وهذا يسمح بدخول شحنات أكثر إلى داخل المكثف الكبير عند نفس قيمة الجهد. كل مادة توضع بين لوحى المكثف لها تأثير مختلف. نسبة عدد الإلكترونات التي تدخل الى المكثف مع أو بدون مادة داخل المكثف تسمى المعامل النسبي للعزل. إذا كان المعامل النسبي للعزل يساوى (٢) وبالتالى يمكن إدخال ضعف عدد الإلكترونات في المكثف عند نفس الجهد فى حالة وجود فراغ بين لوحى المكثف. ثابت العزل الأساسي للكون هو نتيجة الفراغ ، وبالتالى فإن معاملى العزل للفراغ وللمادة الموضوعة بين لوحى المكثف يحددان السعة الحقيقية للمكثف.

المعادلة ( ٧-١٣ ) $\varepsilon_{total} = \varepsilon = \varepsilon_o \bullet \varepsilon_r$

من أحد التطبيقات الشائعة الإستخدام للمكثفات يوميا. يمكن تخزين المعلومات في مكثف وقد يكون المكثف مشحون أو غير مشحون ، وبالتالى يشير كل من الرقمين ( "١" أو "٠" ) إلى اللغة التماثلية لأجهزة الكمبيوتر. ولقراءتها، رغم ذلك، يجب تفريغ المكثف لمعرفة ما إذا كان هناك أي شحنات موجودة وهذا يدمر البيانات الموجودة داخل المكثف ويجب إعادة كتابة البيانات مرة أخرى بعد إنتهاء عملية القراءة حيث تعتبر البيانات "ديناميكية". وحيث أنه في الواقع أن ذاكرات الوصول العشوائية الديناميكية[١٥] هي فى الأساس فى أجهزة الكمبيوتر الحديثة بمعنى عند إعطاء أمر الى الكمبيوتر قيمته ١ جيجا بايت ، فمعنى ذلك :

$$٨ \times (١٠٢٤ \times ١٠٢٤) \times ١٠٢٤ = ٨٥٨٩٩٣٤٥٩٢$$

مصطلح بايت رقم مفرد يساوى ( ١ أو ٠ ) وهناك ثمانية بت من البيانات في البايت الواحد

---

[١٤] مكثف نانو المدمج من الفونونات المتماسكة المشكلة بمرايا تداخل عالية الجودة بالأبعاد الذرية لمواد أشباه الموصلات الفوقية (materials atomic-scale semiconductor meta). تظهر محاكاة ديناميكية الجزيئيات أن مكثف نانو يخزن موجات شعرية متماسكة أحادية اللون ذات الترددات العالية (تيراهيرتز) monochromatic coherent terahertz lattice waves التى يمكن إستخدامها لتجميع الفونون المنبعثة من الفونونات المتماسكة.

[١٥] ذاكرة الوصول العشوائي الديناميكية (DRAM) هى نوع من ذاكرة الوصول العشوائي تخزن كل بت من البيانات في مكثف منفصل داخل دوائر المتكاملة. يمكن أن يكون المكثف أما فى حالة شحن أو تفريغ.

ويشتمل مصطلح الجيجا بايت على (١٠٢٤ x ١٠٢٤) بايت حتى يمكن للمكثفات الصغيرة في جهاز الكمبيوتر إجراء البرامج والبيانات الخاصة مع تشغيل التطبيقات٠ الشيء المدهش حول هذه المكثفات أن سمكها فقط حوالي ٢٠ ذرة وكل شريحة تشتمل على بيليون من هذه المكثفات، وليس فى أى منها أية عيوب٠ فتخيل كيفية مراقبة الجودة فى صناعة أشباه الموصلات التى يجب إتباعها لجعل هذه الذاكرات تعمل بقليل من التكلفة للمستخدم٠

- الثابت النسبى للعزل للمكثفات الخطية

تسمى المكثفات حتى الآن بالمكثفات الخطية٠ حيث أن جميع المعاملات ثابتة ونحصل على معادلة خط. مستقيم٠

$$\varepsilon o \bullet (A / t) \bullet Volts = Q \quad \text{المعادلة ( ١٤-٧ )}$$

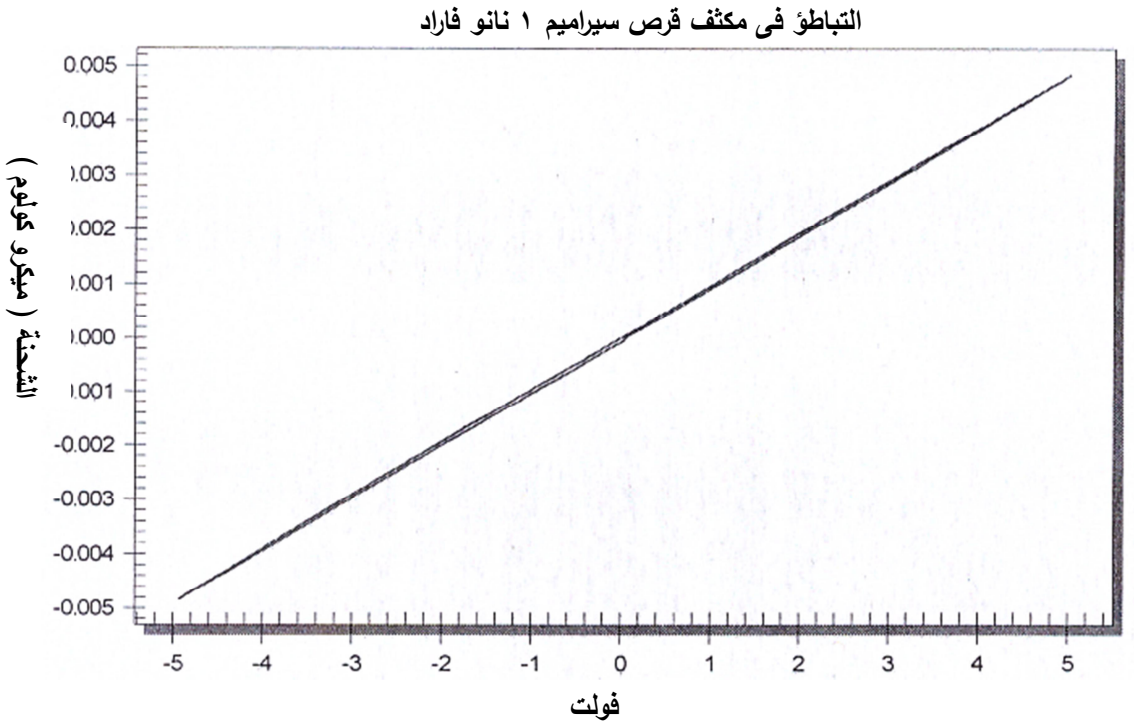
$$b + mX = Y \quad \text{المعادلة ( ١٥-٧ )}$$

الثابت (m) يمثل ميل الخط المستقيم والمقدار (b) يساوى نقطة تقاطع المحور ص عند الصفر لأن المكثف دائماً يتم تفريغه عند قيمة صفر فولت إذا كان من الممكن٠ لذا، فى حالة توصيل قدر من الجهد الى مكثف خطى وملاحظة كم عدد الشحنات التى تتجه داخل أو خارج المكثف ورسم منحنى يمثل النتائج، يجب أن نحصل على خط مستقيم وفقا للمعادلة (١٤-٧ )٠ يوضح المنحنى قيمة الشحنات تقريبا ٠.٠٠٥ كولوم ، والتي تساوى ٥.٠ نانو كولوم٠ تولدت هذه الشحنات عند جهد يساوى ٥ فولت – لذا، فإن السعة تساوى:

السعة = الشحنة مقسومة على الجهد = ٥ نانو كولوم / ٥ فولت = ١ نانو فاراد

علما بأن المحور الرأسي لهذا المنحنى بوحدات الشحنة عادة، جهاز الإختبار الفيرو كهربائى يقوم بتقسيم الشحنة المقاسة على مساحة وتخطط النتيجة بوحدات "الاستقطاب"٠ عند القيام بذلك، يمكن مقارنة مكثفات ذات أحجام مختلفة على نفس الرسم البياني. على سبيل المثال، مكثف ١.٠ نانو فاراد عند جهد ١ فولت يعطى شحنة قدرها ١ نانو كولوم ٠ إذا رسمنا خواص المكثفين على نفس الرسم البياني، سوف نرى البيانات الخاصة بالمكثف

١.٠ ميكرو لكن البيانات الخاصة بالمكثف ١.٠ نانو فاراد ، كونها أصغر من ١٠٠٠ مرة على المحور السينى للرسم البياني ٠ إذا تم تصنيع المكثفات من نفس المواد فإن معامل العزل لكل منهما واحد وأيضا سمك كل منهما متساوى ، والفرق الوحيد بينهما فستكون مساحة كل منهما ٠




الشكل (٧-٥٥ ) علاقة الشحنة بالجهد فى المكثف الخطى

وبقسمة قيم الشحنة التى تم قياسها للمكثفين على مساحة كل منهما ينبغي أن تتطابق كل منهما على الآخر في الرسم البياني٠ بقسمة الشحنة على المساحة ، يمكن الحصول على وحدات من "الاستقطاب" الإفتراضي ميكرو كولوم/سم$^{٢}$ أو ميكرو كولوم لكل سم مربع٠ تستخدم المكثفات مثل ١.٠ نانو فاراد بالمليارات حول العالم كل سنة فى صناعة أجهزة الكمبيوتر، والسيارات، والساعات، أجهزة التلفاز، أجهزة الراديو، المواقد، والغسالات، وغيرها ٠