

Penentuan Struktur Permukaan dengan Menggunakan Kaedah Kapasitans

W. M. Daud W. Yusoff, Z. A. Talib
dan Mohd. Zaid Ismail

Jabatan Fizik

Fakulti Sains dan Pengajian Alam Sekitar

Universiti Putra Malaysia

43400 UPM Serdang, Selangor

Received: 27 September 1999

ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk membina sebuah pengimbas kapasitans yang mampu mendapatkan topografi mikro bagi permukaan sesuatu bahan. Kapasitans telah diukur menggunakan kaedah tiga terminal dengan teras kabel sepaksi sebagai prob dan logam di sekelilingnya sebagai elektrod pengawal untuk menghapuskan kesan medan elektrik pinggiran. Hasil-hasil yang telah diperolehi, jelas menunjukkan bahawa resolusi imej yang baik untuk spektroskopi dielektrik hanya akan didapati jika medium yang digunakan mempunyai nilai pemalar dielektrik yang tinggi dari sampel.

ABSTRACT

This work describes a method to obtain surface microtopography of a material by scanning its capacitance. Capacitance was measured by the three terminal method with the core of a coaxial cable used as the measuring probe while the sheilding wire acted as the guard electrode to eliminate the fringing field effect. From our results, we found that good image resolution is best obtained if the medium used has a high dielectric constant than the sample.

Kata kunci: Spektroskopi dielektrik, kaedah tiga terminal, topografi mikro bagi permukaan

LATARBELAKANG

Spektroskopi dielektrik merupakan suatu teknik tanpa ganggu-gugat yang mencirikan struktur serta sifat-sifat elektrik sistem-sistem heterogen. Telah diakui bahawa teknik ini terutamanya pada julat frekuensi radio dapat memberi maklumat-maklumat mengenai keheterogenan sesuatu sistem yang kompleks hasil dari kesebaran ketelusan ataupun kekonduksian ataupun dielektrik sistem terhadap frekuensi (Jonscher 1983). Keamatan dan frekuensi ciri kesebaran yang dipercayai berpunca dari pengutuban antaramuka atau lebih dikenali dengan nama mekanisma Maxwell-Wagner oleh cas-cas yang terbina di sempadan-sempadan di antara bahan-bahan yang berlainan mempunyai perhubungan yang kuat kepada struktur-struktur dan sifat-sifat elektrik fasa-fasa juzuk. Oleh yang demikian dengan menggunakan prob frekuensi yang bersesuaian, maka adalah berkemungkinan dapat membezakan di antara struktur yang berlainan di dalam sistem-sistem heterogen. Justeru itu, spektroskopi dielektrik mempunyai

potensi yang baik kepada penambahan keluarga mikroskop prob pengimbas untuk mendapatkan topografi mikro bagi permukaan-permukaan sesuatu bahan.

Hingga kini terdapat hanya beberapa kajian yang melibatkan penggunaan kaedah kapasitans bagi mendapatkan imej. Bugg dan King (1988) telah membuat kajian dengan mengimbas suatu permukaan secara mekanikal dan tanpa sentuhan. Prob yang digunakan adalah dawai tungsten tergores (etched) dengan diameter 20 μm . Peningkatan kapasitans yang diukur antara prob dan permukaan digunakan dalam sistem servo untuk tindakbalas automatik bagi pergerakan prob supaya ia sentiasa berada di atas sedikit dari permukaan. Sampel yang diletakkan dipermukaan sentiasa bergetar tetapi kedudukan prob akan sentiasa berada di atas sedikit dan tidak akan menyentuh sampel kerana telah dikawal oleh sistem servo. Prob digerakkan ke kawasan yang hendak diimbas dengan pengawalan komputer dan bacaan diambil di setiap koordinat untuk mendapatkan imej grafik. Asami (1994) pula telah menjalankan kajian untuk mendapatkan imej berdasarkan kepada nilai kapasitans tempatan (atau ketelusan) dan konduktan bagi rambut manusia berdiameter 74 μm , dawai tungsten berdiameter 100 μm yang disalut dengan resin epoksi, dan mikrokapsul polistirena.

EKSPERIMEN

Gambarajah skema Pengimbas Mikroskop Dielektrik yang telah dibina di makmal ini ditunjukkan di Rajah 1. Pengukuran kapasitans diambil oleh prob M yang disambungkan ke punca positif dan plat yang disambungkan ke punca negatif, manakala sampel diletakkan di antara plat dan prob ini. Plat diperbuat daripada kuprum dengan dimensi 3 mm x 120 mm x 120 mm. Pentas translasi X-Y untuk menggerakkan prob diambil dari penggerak slaid sebuah mikroskop yang mampu memberikan pergerakan translasi 50 mm X 50 mm. Ketepatan pergerakan ini adalah 0.1 mm daripada skala vernier pada kedua-dua lengan X dan Y. Terdapat 1 tombol untuk pelarasan kedudukan paksi-X dan 1 tombol untuk pelarasan paksi-Y. Pentas translasi ini diskrukan pada kepingan logam yang telah dilekatkan pada tiang aluminium. Prob yang telah digunakan di dalam kajian ini ialah kabel sepaksi (coaxial) berdiameter 3.0 mm yang merupakan teras kuprum berdiameter 1 mm yang disaluti oleh penebat PVC (Polyvinyl chloride) manakala dilapisan paling luar dibaluti dengan kuprum P berketebalan 0.25 mm. Lapisan luar kuprum berfungsi sebagai elektrod pengawal untuk menghilangkan kesan-kesan medan elektrik pinggirannya supaya medan selari yang lebih seragam terbentuk di antara prob dengan plat.

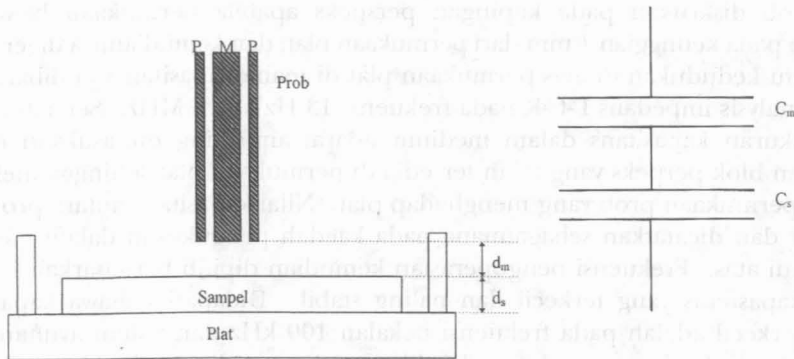
Disebabkan prob berada pada satu paras di atas sampel, maka terdapat ruang diantara sampel dan prob yang akan dipenuhi oleh suatu medium yang berlainan daripada sampel, maka kapasitans setara di beri sebagai

$$\frac{1}{C_{\text{setara}}} = \frac{1}{C_m} + \frac{1}{C_s} = \frac{C_m + C_s}{C_m C_s} \quad (1)$$

dengan C_m ialah kapasitans bagi medium dan C_s adalah kapasitans bagi sampel dan

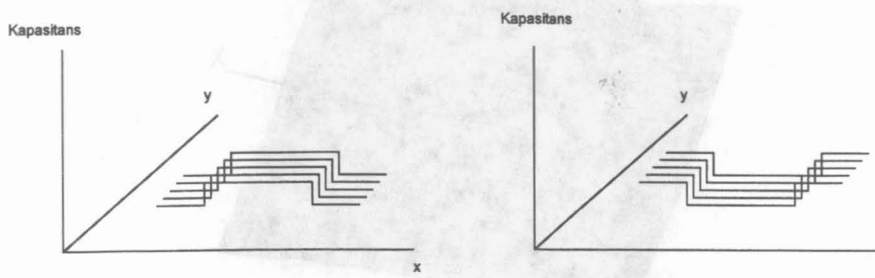
$$C_{\text{setara}} = \frac{\epsilon_{\text{setara}} A}{d_m + d_s} \quad (2)$$

Penentuan Struktur Permukaan dengan Menggunakan Kaedah Kapasitans



Rajah 1. Gambarajah skema menunjukkan Mikroskop Pengimbas Kapasitans yang telah dibina. Probnya terdiri daripada elektrod pengukur (M) dan elektrod-elektrod pengawal (P) dan diletakkan 1 mm dari permukaan sampel. Di sebelah kiri pula ditunjukkan kapasitans-kapasitans yang wujud di antara prob dan sampel

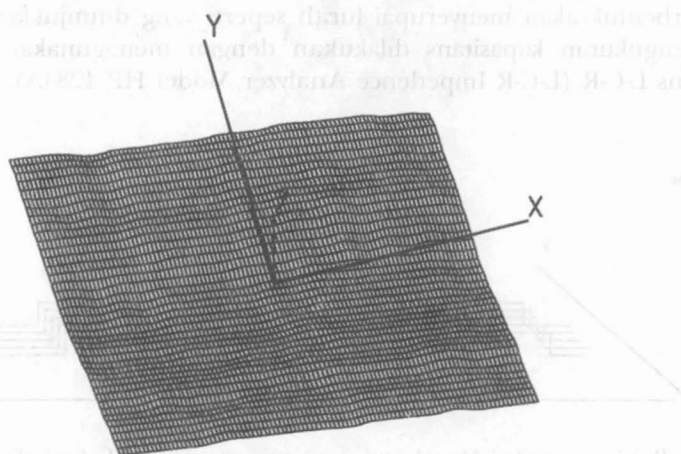
dengan ϵ_{setara} ialah ketelusan gabungan medium dan sampel, A ialah keluasan prob, d_m ialah jarak di antara prob dan sampel dan d_s ialah jarak di antara sampel dan plat. Apabila medium yang dipilih mempunyai ketelusan yang jauh lebih rendah daripada sampel sehingga $C_m \ll C_s$, kita dapati $C_{\text{setara}} \approx C_m$. Oleh kerana jarak di antara prob dengan sampel adalah lebih kecil daripada jarak prob dengan plat, maka dari psm. (2) kita dapati bahawa nilai kapasitans akan lebih tinggi pada sampel daripada kawasan kelilingnya dan imej, jika kita beranggapan bahawa sampel adalah homogen, akan berbentuk bukit seperti yang ditunjukkan pada Rajah 2a. Jika medium yang digunakan diganti dengan medium yang mempunyai ketelusan yang sangat tinggi berbanding dengan sampel sehingga $C_m \gg C_s$, maka $C_{\text{setara}} \approx C_s$ dan kita dapati bahawa nilai kapasitans akan lebih rendah pada sampel daripada kawasan kelilingnya dan imej yang akan terbentuk akan menyerupai lurah seperti yang ditunjukkan pada Rajah 2b. Pengukuran kapasitans dilakukan dengan menggunakan penganalisis impedans L-C-R (L-C-R Impedance Analyzer Model HP 4284A).



Rajah 2. Rajah (a) menunjukkan bentuk imej yang akan diperolehi daripada sampel homogen empat segi jika kapasitans medium lebih rendah daripada kapasitans sampel, sementara (b) pula menunjukkan imej apabila kapasitans medium lebih tinggi daripada sampel

Prob diskrukan pada kepingan perspeks apabila permukaan bawahnya berada pada ketinggian 1 mm dari permukaan plat, dan kemudiannya digerakkan ke suatu kedudukan di atas permukaan plat di mana kapasitansnya dibaca dari penganalisis impedans L-C-R pada frekuensi 13 Hz ke 13 MHz. Setelah selesai pengukuran kapasitans dalam medium udara, air suling dimasukkan dalam kawasan blok perspeks yang telah tersedia di permukaan plat sehingga melepasi paras permukaan prob yang menghadap plat. Nilai kapasitans antara prob-plat diukur dan dicatatkan sebagaimana pada kaedah pengukuran dalam medium udara di atas. Frekuensi pengoperasian kemudian dipilih berdasarkan kepada nilai kapasitans yang terkecil dan paling stabil. Didapati bahawa kapasitans yang terkecil adalah pada frekuensi bekalan 100 kHz dan voltan ayunan 1V.

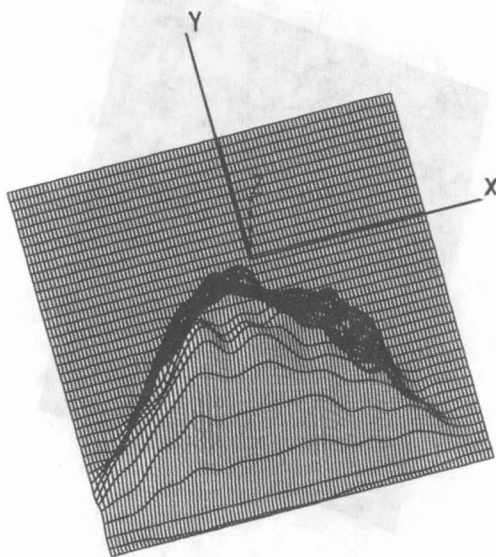
Imbasan ke atas permukaan plat dibuat dalam medium udara bermula dari kedudukan [0,0] dengan anjakan 1 mm bagi setiap pengukuran. Pada setiap koordinat, nilai kapasitans yang diukur dicatatkan. Pergerakan prob adalah dalam kawasan translasi 20 mm x 20 mm. Imej berdasarkan kepada data yang diambil diplotkan di Rajah 3. Sekeping kertas segitiga (sampel) kemudian diletakkan di permukaan plat. Nilai kapasitans antara prob-sample-plat diambil dalam kawasan imbasan 20 mm x 20 mm. Air suling kemudiannya dimasukkan dalam kawasan blok perspeks di permukaan plat sehingga paras air suling melepasi beberapa milimeter permukaan prob yang menghadap plat. Sebelum dilakukan sebarang pengukuran, permukaan prob yang menghala ke plat dipastikan bebas dari sebarang gelembung udara dan juga tiada gelembung udara wujud di permukaan atas maupun di permukaan bawah sampel tersebut. Dengan kaedah yang sama seperti dalam medium udara, kapasitans antara prob-sampel-plat diukur dalam kawasan translasi 20 mm x 20 mm. Satu bendasing (sekeping transparensi kecil) kemudian diletakkan di bawah sampel dan nilai kapasitans bagi prob-sampel-bendasing-plat dicatatkan (dengan memastikan tiada gelembung udara terbentuk di permukaan sampel atau di bawah sampel).



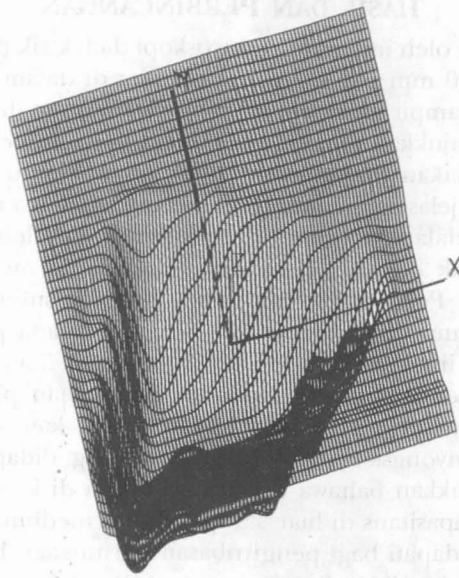
Rajah 3. Rajah menunjukkan imej bagi imbasan mikroskop kapasitans tanpa sampel di dalam medium udara

HASIL DAN PERBINCANGAN

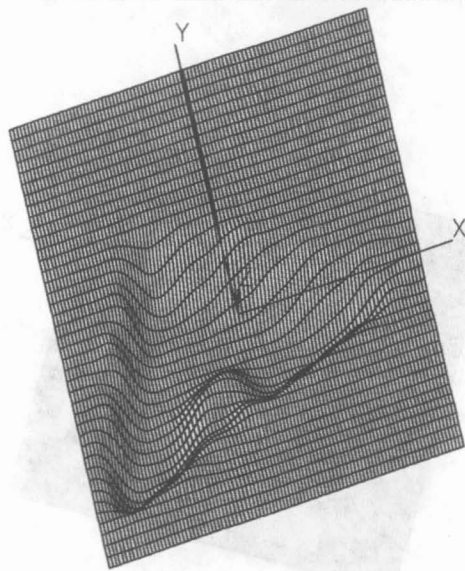
Imej yang dihasilkan oleh imbasan spektroskopi dielektrik di sepanjang kawasan translasi 20 mm x 20 mm pada permukaan plat di dalam medium udara dan air suling di dapati hampir sama seperti yang ditunjukkan di Rajah 3. Permukaan yang diimbas menunjukkan terdapat beberapa kawasan berlekuk dan berbukit yang kecil menandakan permukaan yang tidak begitu sekata yang dapat dipamerkan dengan jelas dengan menggunakan kedua-dua medium. Pengimbas prob-sampel-plat di dalam medium udara ditunjukkan oleh Rajah 4. Imej yang didapati adalah tidak begitu jelas tetapi telah dapat menunjukkan kawasan sampel yang jelas. Pengimbas dalam medium air suling dijalankan untuk melihat kesan medium yang digunakan. Imbasan pada permukaan bersama sampel memberikan imej grafik yang lebih baik. Rajah 5 memberikan gambaran yang sangat jelas mengenai sampel di atas permukaan plat. Bentuk sampel yang ditunjukkan dalam imej grafik adalah dalam kawasan lekuk ke bawah (berlurah) dan menyongsang dari keputusan yang didapati dalam medium udara. Ini menunjukkan bahawa kapasitans setara di kawasan sampel adalah lebih rendah dari kapasitans di luar sampel dalam medium air suling. Rajah 6 adalah hasil yang didapati bagi pengimbasan permukaan bersama sampel dan bendasing di dalam air suling. Bendasing yang digunakan adalah sejenis plastik yang mempunyai nilai dielektrik yang lebih tinggi daripada kertas tetapi jauh lebih rendah daripada air suling. Imej grafik yang dihasilkan telah dapat menunjukkan dengan jelas kedudukan bendasing di bawah permukaan sampel. Dalam kawasan lurah itu terdapat satu kawasan yang lebih tinggi dari dasar lurah. Ini adalah kawasan bendasing dan kapasitans di kawasan ini adalah lebih besar dari kapasitans di luar kawasan bendasing.



Rajah 4. Imej bagi imbasan yang diperolehi dalam medium udara bagi sampel kertas segi tiga



Rajah 5. Imej bagi imbasan yang diperolehi dalam medium air suling bagi kertas segi tiga



Rajah 6. Imej bagi imbasan yang diperolehi dalam medium air suling apabila secebis plastik bulat di bawah sampel kertas segi tiga

RUMUSAN

Dari hasil-hasil yang telah dibincangkan di atas, jelas menunjukkan bahawa resolusi imej yang baik untuk spektroskopi dielektrik hanya akan didapati jika medium yang digunakan mempunyai nilai pemalar dielektrik yang tinggi. Medium yang mempunyai nilai dielektrik yang tinggi seakan-akan mempunyai sifat amplifikasi kepada imej yang akan dihasilkan. Walaubagaimanapun, jika kepekatan ionnya tinggi pengkutuban akan berlaku di dalam medium itu sendiri selain daripada sampel yang berada di dalamnya dan ini akan memberi maklumat atau bentuk imej yang salah kepada penggunaannya. Daripada penyelidikan-penyelidikan awalan yang telah kami lakukan, medium air suling sahajalah yang dapat memberi gambaran bentuk sampel yang hampir tepat. Resolusi imej yang lebih tinggi juga boleh didapati jika anjakan sisi dapat di kurangkan kepada mikrometer dan pengimbasan dan pengrekodan data sekaligus dengan menggunakan kawalan komputer.

RUJUKAN

- ASAMI, K. 1994. The scanning dielectric microscope. *Meas. Sci. and Tech.* **5**: 589-592.
- BUGG, C. D. and P. J. KING. 1988. Scanning capacitance microscopy *J. Phys. E: Sci. Instr.* **21**: 147-151.
- JONSCHER, A. K. 1983. *Dielectric relaxation in solids*. London: Chelsea Dielectric Press. London.