

MATERIAL UNTUK TRANSDUSER MESIN USG

M. Rosyid Ridlo

Pusat Penelitian Fisika LIPI
Kawasan Puspiptek Serpong Tangerang
Email: Rosyid325@gmail.com

Abstrak

Teknologi pencitraan pada system ultrasonografi telah berkembang dari awalnya yang dua dimensi (2D) menjadi 3D bahkan 4D dengan hasil citra yang jauh lebih baik dari sebelumnya. Kunci penting perkembangan tersebut disamping terletak pada system elektronik / teknologi digitalisasi informasi juga yang lebih penting adalah tergantung pada transduser ultrasonik yang dipakai. Bagaimanapun hebatnya teknologi digitisasi informasi kalau tidak didukung transduser beresolusi dan sensitivitas tinggi tidak akan menghasilkan citra berkualitas tinggi. Dalam makalah ini dibahas sensor berbasis bahan piezokomposit yang banyak digunakan pada probe ultrasonik dalam sistem ultrasonografi modern.

Kata kunci: ultrasonografi, transduser citra, serbuk nano PZT, piezokomposit

Abstract

Image processing technology in ultrasonography system has evolved from 2D to 3D moreover 4D with the image quality better compared previous generation. The significant key of the development is beside lies at electronics / information technology also more important is depend on transducers used in the system. How good in information/ digitalization technology if not supported by high resolution and sensitivity transducer will not produce high quality image. In this paper it will be discussed transducer based piezo composite materials used in ultrasonics probes in modern ultrasonograph system.

Key word: ultrasonography, image transducers, nano powder PZT, piezo composite.

1. PENDAHULUAN

Teknologi ultrasonografi dapat digolongkan sebagai metoda NDE (*non destruction evaluation*) yang memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk mencitrakan objek dalam tubuh tanpa pembedahan. Cara ini lebih aman bila dibanding metoda lain semacam penggunaan MRI atau CT sinar-X.[1]. Dari segi kualitas citra yang dihasilkan, penggunaan ultrasonik dari waktu ke waktu mengalami perkembangan yang signifikan. Satu hal penting diantara upaya perbaikan kualitas citra adalah melalui pemilihan material sensor yang sesuai dengan karakteristik sistem ultrasonografi. Pada awalnya digunakan PZT keramik monolitik sebagai material sensor. Material ini sangat unggul dalam sifat piezoelektrik dibanding material lain. Tapi disebabkan nilai impedansi akustik, Z , dan nilai factor kualitas, Q , yang tinggi, sensor ini kurang sensitive sehingga hasil gambar beresolusi rendah.

Peluang untuk meningkatkan kualitas citra terbuka ketika PZT digabung dengan bahan polimer, yang dikenal memiliki impedansi akustik yang lebih rendah, membentuk bahan komposit. Penggabungan ini cukup efektif untuk menurunkan nilai impedansi akustik dan factor kualitas. Dalam makalah ini, penulis mencoba memaparkan mengenai bahan komposit piezoelektrik dan perkembangan khususnya pada aplikasi medis.

2. KARAKTERISTIK TRANSDUSER ULTRASONOGRAFI

Beberapa persyaratan untuk menjadikan sensor ultrasonik berkualitas tinggi adalah sebagai berikut[2]:

1. Koefisien koping elektro - mekanik (K_t) tinggi. Nilai ini menunjukkan besar efisiensi konversi energi listrik ke ultrasonik. Efisien tinggi berarti makin sedikit energi yang terbuang pada proses konversi.
2. *Mechanical losses* (Q) rendah. Gelombang ultrasonik menjalar ke segala arah. Nilai Q rendah menunjukkan bahwa hanya terdapat gelombang pada suatu arah tertentu saja yang dominan. Lebar pulsa gelombang yang dihasilkan sensor menjadi lebih sempit atau lebar

pita frekwensi menjadi besar. Akibatnya sensor lebih dapat membedakan gelombang satu dengan yang lain dengan resolusi yang tinggi.

3. Impedansi akustik (Z) bernilai rendah. Seperti diketahui jaringan / otot memiliki nilai impedansi akustik sekitar 1,5 Mrayls. Agar terjadi penjalaran energi dari sensor ke jaringan tubuh impedansi sensor sedapat mungkin mendekati atau sama dengan 1,5 Mrayls. Bila nilainya berbeda jauh maka akan lebih banyak energi yang tidak dapat menembus jaringan tubuh. Sensor makin sensitive terhadap gelombang ultrasonik yang lemah.

3. TRANSDUSER PIEZOKOMPOSIT

Beberapa material yang memiliki sifat piezoelektrisitas : Quarts , Barium titanate, Lithium sulfat, Lithium niobate, Lead meta niobate, Lead zirconate titanate dan bahan bahan polimer semacam Polyvinilidene (PVDF), epoxy resin. Diantara bahan tersebut Lead Zirconate Titanate (PZT) memiliki nilai K_t yang paling tinggi 0,4 - 0,5 tapi nilai Q dan Z masing masing lebih besar dari 100 dan 30 (tabel1)[3].

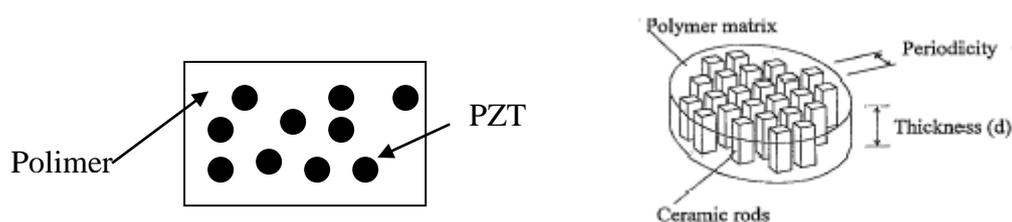
Tabel 1. Karakteristik piezoelektrik berbagai material

Karakteristik	PZT	Barium titanate	PbNb2 O6	Lithium sulfat	Lithium Niobate	PVDF	Quartz
Kopling elektro mekanik	0,4-0,5	0,33	0,38	0,38	0,47	0,1	0,1
Impedansi akustik	30	27	20,5	11,2	34	2-4	15,2
Faktor Q	27	350	15	>1000	>1000	<15	>10000

Optimasi terbaik adalah dengan menggabungkan beberapa material sehingga dapat diperoleh karakteristik yang diinginkan. Data penelitian menunjukkan bila PZT dengan struktur tertentu dicampur dengan bahan polimer menghasilkan nilai nilai mendekati persyaratan ideal.

3.1. Struktur konektivitas Piezokomposit

Struktur konektivitas piezokomposit sederhana adalah 0-3, yang dalam hal ini butiran PZT, sebagai filler, dikelilingi oleh matriks polimer. Struktur lainnya diantaranya adalah 1-3 dan 2-2, Struktur 1-3 piezokomposit yang banyak dipakai dalam system ultrasonografi digambarkan seperti gb1. Sensor berbentuk plat yang didalamnya terdapat jajaran batang batang keramik tegak lurus sumbu datar dan ruang diantara batang batang itu diisi matrik polimer [4].



Gambar 1. struktur 0-3 dan 1-3 piezokomposit

Model ini cukup memberi dampak pada penurunan faktor Q . Karena keberadaan polimer dengan Z yang lebih rendah dapat meredam gelombang ultrasonic arah radial sejajar bidang sensor. Akibatnya gelombang yang searah ketebalan sensor tidak akan terganggu oleh gelombang yang lain.

Dipihak lain impedansi polimer juga berkontribusi terhadap penurunan impedansi sensor. Data beberapa penelitian memperlihatkan nilai Q turun dari 27 menjadi 7 pada PZT berstruktur 1-3 dan Z turun dari 30 menjadi 9 Mrayls (tabel 2) [2].

Tabel 2. Perubahan karakteristik piezoelektrik akibat perubahan struktur dan komposisi

Karakteristik	PZT monolitik	1-3 piezo komposit
Kopling elektrik-mekanik Kt	0,4 – 0,5	0,6
Impedansi akustik Z	30	9
Faktor Q	27	7

3.2. Teknologi Fabrikasi

Metoda fabrikasi standar yang digunakan industri penghasil sensor adalah *dice and fill* [1,2,4]. Untuk membuat jajaran batang, pada permukaan plat keramik dilakukan proses dicing yaitu pembuatan alur alur dengan kedalaman dan arah tertentu. Arah tersebut dibuat saling tegak lurus. Setelah terbentuk jajaran batang dengan dimensi lebar dan tinggi tertentu, kemudian diisi (*filling*) ruang antaranya dengan matrik polimer. Proses dicing dilakukan menggunakan diamond blade / wire saw diameter ketebalan sekitar 50 mikron. Dengan teknik ini tinggi maksimum batang sekitar 250 mikron, sedang lebar batang terkecil sampai 50 mikron atau rasio $w/t = 1/5$ (gambar 2). Untuk membuat rasio yang lebih kecil dari itu cukup sulit dilakukan, batang akan cepat rusak akibat sifat kerapuhan material keramik yang tinggi dengan mendapat getaran blade saw.



Gambar 2. Contoh citra SEM, PZT yang telah dilakukan *dice and fill*

Untuk memperkecil dimensi batang, pada proses dicing tidak hanya dilakukan dengan blade saw tapi banyak peneliti mencoba dengan alat bantu lain semisal laser ablation, ultrasonic cutting, jet machining hingga cara kimia menggunakan *wet etching*. Teknik lain untuk mengatasi keterbatasan dice and fill ialah apa yang dikenal dengan *lost silicon mold process* [2,5]. Metoda ini menghasilkan lebar dan tinggi batang masing masing hingga mencapai 7 mikron dan 90 mikron. Dalam proses ini *mold silicon* disiapkan dengan teknik LIGA (*lithography, galvanofoming*) dimana radiasi sinar x synchrotron sangat diperlukan.

Meski mampu menghasilkan dimensi batang keramik yang lebih kecil metoda ini cukup mahal dan lebih rumit. Namun keuntungannya dengan struktur yang jauh lebih kecil sensor menjadi lebih lentur. Karakter ini dibutuhkan terutama untuk membuat *focusing sensor* dan pembuatan sensor dengan teknologi *phased array*. Dengan model *phased array* pengolahan data digital jauh lebih mudah dan akurat[6]

4. NANO PIEZOKOMPOSIT

Material keramik berbasis Lead Zirconate Titanate (PZT) dengan struktur 1-3 PZT/Epoxy resin piezokomposit umum digunakan sebagai sensor citra. Struktur ini tersusun atas batang batang sejajar PZT berukuran μm tegak lurus sumbu dasar yang disekelilingnya diisi bahan polimer sebagai matrik. Jenis ini memiliki Kt, Z dan Q masing masing sekitar 0,4-0,6 , 9 Mrayls dan 7 dengan resonant frequency di bawah 10 MHz.

W.Thamjaree et al mencoba mengkombinasikan struktur 0-3 dengan 1-3 dengan menghasilkan nilai Z yang turun hingga mencapai 4 Mrayls [7]. Struktur 0-3 mengandung arti serbuk PZT tersebar secara acak dalam epoxy. Nilai ini mendekati nilai Z jaringan tubuh yaitu 1,5 Mrayls yang berarti lebih banyak gelombang ultrasonic yang dapat menembus tubuh. Di pihak lain Zhang De Qing et al meneliti 0-3 piezokomposit menggunakan serbuk nano PZT [8,9]. Pengukuran d_{33} (konstanta piezoelektrik)- nilai yang berbanding lurus dengan Kt, menunjukkan nilai 40 pC/N, melebihi apa yang didapat Thamjaree yaitu 25 pC/N.

Penelitian awal yang sedang dilakukan di P2F-LIPI mencoba memfabrikasi dan karakterisasi kombinasi struktur 0-3 dengan 1-3 PZT/epoxy resin menggunakan serbuk nano PZT. Dengan hipotesis: kombinasi struktur ini telah terbukti dapat menurunkan nilai Z secara signifikan. Dengan butiran yang lebih kecil menjadikan material ini lebih mudah dilakukan dicing, memiliki atenuasi yang rendah pada penggunaan frekwensi tinggi. Karakteristik ini diperlukan bila sensor berbentuk *phased arrays elements*. Dengan demikian sensor dapat dimanfaatkan untuk mecitrakan organ organ yang terletak lebih dalam meski dengan dimensi yang lebih kecil. Dengan kata lain sensor dapat diaplikasikan untuk bidang yang lebih luas seperti dermatology, ophthalmology, intravascular atau untuk citra binatang berukuran kecil.

5. KESIMPULAN

Material PZT monolitik meski memiliki sifat piezoelektrisitas yang unggul, masih belum cukup mampu digunakan sebagai sensor ultrasonik beresolusi dan sensitivitas tinggi sebab nilai Q dan Z cukup tinggi. Penggabungan PZT dengan polimer membentuk struktur 1-3 piezokomposit cukup efektif untuk menurunkan nilai factor kualitas dan impedansi akustik sensor. Dengan butiran lebih kecil/ ukuran nano menjadikan material ini lebih mudah dilakukan dicing serta memiliki atenuasi yang rendah pada penggunaan frekwensi tinggi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] W.A.Smith, " Composite piezoelectric materials for medical ultrasonic imaging transducers", Proc.1986 IEEE int symposium on appl. of Ferroelectric pp 249-256.
- [2] K. Nakamae, " Development of high resolution and wide band piezoelectric composite for ultrasonic probe", SEI Technical review, no 57, jan 2004
- [3] <http://www.ndt.net/article/platte2.html>.
- [4] K.K Shung et.al, " Piezoelectric material for high frequency medical imaging application", J.Electroceramic (2007) 19:139-145
- [5] Shinan Wang et al, "Lost silicon mold process for PZT microstructure", advances materials 1999,11 no 10
- [6] Stephane Michau et al, " Piezocomposite 30 MHz linier array for medical imaging design challenges and performances evaluation of 128 elements array", 2004 IEEE ultrasonics simposium
- [7] W.Thamjaree et al, " Fabrication of combination 0-3 and 1-3 connection PZT/epoxy resin composite", Appl.Phys.A81,1419-1422,2005
- [8] Zhang De Qing et al, " Structural and electrical properties of PZT/PVD piezoelectric nanocomposite prepared by cold press and hot press" China.phys.lett,vol 25,no 12 (2008) 4410.
- [9] Zhang De Qing et al, "Synthesis and mecanism research of an ethylene glycol based sol gel method for preparing PZT nanopowders," J Sol gel Sci Tech (2007)
- [10] Qiguo Huang et all, "Design and fabrication of high frequency single directional planar under water ultrasound transducer", J.Sensors,vol 19 (2019) 4336