

Pengaruh Konsentrasi Hidroflour Terhadap Gugus Fungsi Permukaan Silikon Berpori

Wa Ode Sitti Ilmawati*, Wa Ode Sitti Musnina, Muhamad Handoyo Sahumena

*Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Halu Oleo, Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu Kendari 93232

Abstrak

Penelitian tentang silikon berpori (*porous silicon*-PS) yang dibuat dengan cara anodisasi wafer silikon [111] tipe-p dalam larutan asam hidroflour (HF) telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh konsentrasi larutan HF terhadap gugus fungsi permukaan PS. Konsentrasi larutan HF bervariasi yaitu 20%, 40%, dan 48%. Waktu anodisasi berlangsung selama 40 menit. Selama proses anodisasi digunakan magnetik stirer untuk menjaga homogenitas larutan HF. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan bahwa konsentrasi larutan HF memengaruhi gugus fungsi permukaan PS yang ditunjukkan dengan munculnya gugus SiH_n. PS yang dianodisasi dalam larutan HF 20% dan 40% menunjukkan letak gugus SiH_n yang relatif sama.

Kata kunci: Wafer silikon, silikon berpori, *porous silicon* (PS), asam hidroflour (HF), gugus fungsional, FTIR

1. Pendahuluan

Gejala fotoluminesens ditemukan pada silikon berpori (*porous silicon*-PS) [1]. Kemudian ditemukan gejala elektroluminesens pada rangkaian berbasis PS [2, 3]. Sejak saat itu banyak ahli berminat meneliti material ini.

Ciri utama PS adalah struktur pori berukuran nanometer dan adanya hidrogen pada lapisan permukaan PS [4]. Atom Si dan H berikatan dalam bentuk SiH_n (n=1, 2, dan 3) merupakan pusat rekombinasi radikal yang berperan pada fotoluminesens dan elektroluminesens. Keberadaan gugus Si-H_n pada material berbasis Si diteliti menggunakan spektrometer *fourier transform infrared* (FTIR) [5]. SiH muncul pada bilangan gelombang sekitar 2197 cm⁻¹-2087 cm⁻¹, 979 cm⁻¹, dan 661 cm⁻¹; SiH₂ muncul pada bilangan gelombang sekitar 906 cm⁻¹ [6]. SiH₃ hadir pada bilangan gelombang sekitar 2140 cm⁻¹ [7].

Keunggulan PS adalah mudah direproduksi, murah, dan mengemisi cahaya pada daerah biru dan hijau [2]. Gejala fotoluminesens dan elektroluminesens PS memungkinkan material ini dimanfaatkan sebagai bahan dasar piranti optoelektronik. Sifat reflektifnya menunjukkan PS berguna bagi rangkaian fotovoltaiik dan fotodetektor [8].

Gole berhasil membuat sensor gas berbasis PS bersensitivitas tinggi, sumber tegangan kecil, murah dan dapat diaplikasikan pada lingkungan, makanan dan biomedis [9]. Saat ini PS telah dikembangkan sebagai

biosensor pada alat pengukur gula darah yang dapat beroperasi pada suhu kamar [10].

PS menunjukkan karakteristik arus-tegangan (*I-V*) yang tidak linear [11]. Resistivitas PS $\rho_{\text{psi}} 10^4 \Omega\text{m}$, memberikan daya hantar cukup tinggi sehingga dapat diaplikasikan sebagai bahan dasar LED [6].

Grigoras dan Pacebutas menggunakan metode galvanostatik untuk pembentukan permukaan PS. Wafer Si dihubungkan dengan kutub positif sumber arus dan logam emas (Au) dihubungkan dengan kutub negatif. Larutan elektrolit yang digunakan adalah asam hidroflorida [12].

Lavine membandingkan hasil FTIR permukaan wafer silikon dan PS. Puncak serapan sekitar 669 cm⁻¹ diidentifikasi sebagai SiH, puncak serapan sekitar 912 cm⁻¹ diidentifikasi sebagai SiH₂. Puncak serapan sekitar 2089-2112 cm⁻¹ diidentifikasi sebagai stretching SiH_n. Puncak serapan yang sudah ada sebelum anodisasi menunjukkan gugus Si-Si pada 621 cm⁻¹ dan Si-O-Si pada 1105 cm⁻¹ [13].

PS merupakan salah satu subjek penelitian yang menarik untuk dikembangkan. PS dihasilkan dari anodisasi wafer silikon dalam larutan HF. Hasilnya tergantung pada resistivitas wafer Si, rapat arus, konsentrasi HF, ukuran pori, porositas dan tekstur material. Pada kesempatan ini penulis akan membahas pengaruh konsentrasi larutan HF terhadap gugus fungsi PS.

2. Metode Penelitian

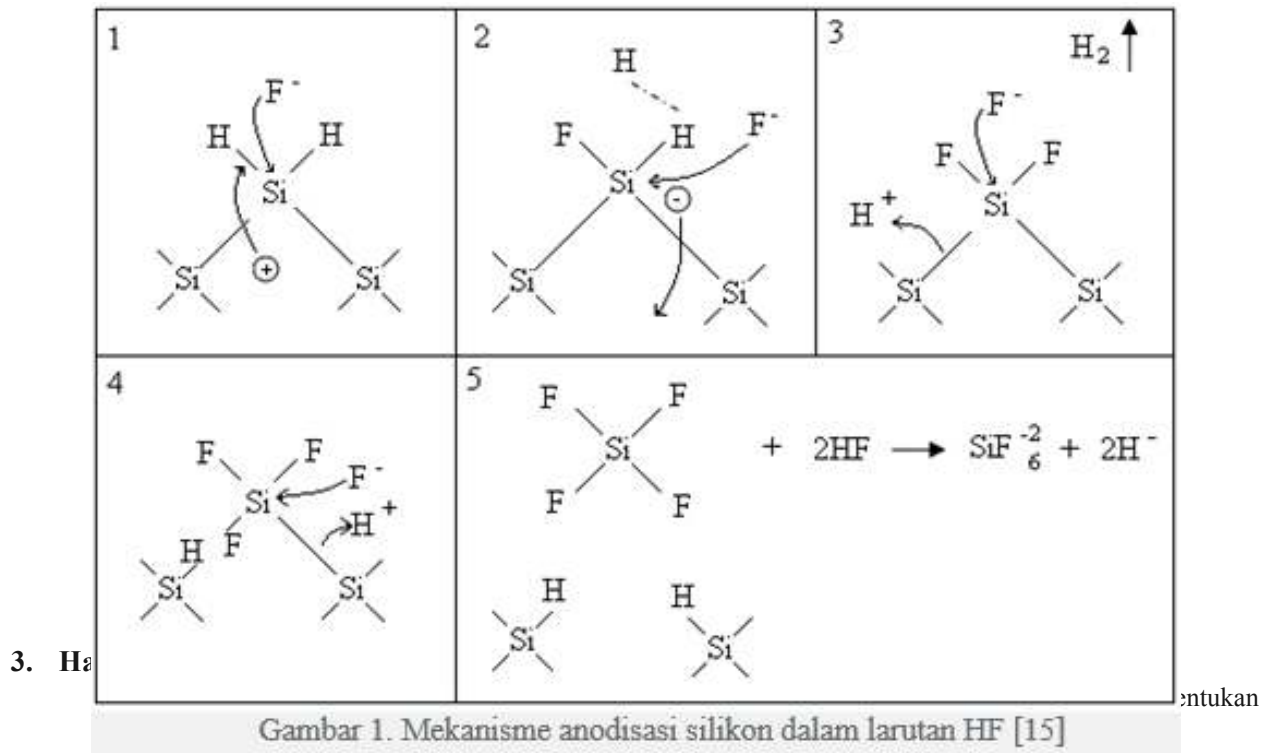
Wafer silikon tipe-p berukuran 2 cm x 2 cm sebagai substrat. Pelat platina berukuran 2 cm x 2 cm sebagai katoda. Elektrolit berupa larutan HF dengan tiga konsentrasi berbeda, yaitu 48%, 40%, dan 20%. Teflon sebagai wadah elektrolit dan tempat pembentukan pori. Labu takar dengan ukuran maksimal 100 ml untuk mengukur volume larutan HF. Catudaya 0-60 mA sebagai sumber arus. Stirring bar berfungsi mengaduk larutan HF selama proses anodisasi. Kabel penghubung untuk menghubungkan alat elektronik yang digunakan. Proses anodisasi dilakukan menggunakan metoda galvanostatik [12].

Pembentukan permukaan PS dilakukan dengan cara membenamkan wafer silikon dan logam platina ke dalam larutan HF 48%. Wafer silikon dihubungkan dengan kutub positif dan logam platina dihubungkan dengan kutub negatif sumber arus konstan 60 mA. Sumber arus diaktifkan dan anodisasi dilakukan selama 40 menit [14]. Sampel dikeluarkan, dicuci dengan aquades, dikeringkan di udara terbuka, dan disimpan dalam kotak tertutup. Berikutnya sampel PS dibuat dengan konsentrasi larutan HF 40% dan 20%.

PS dikarakterisasi menggunakan spektrometer *Fourier Transformation Infrared* (FTIR) tipe 8201 PC Shimadzu. Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi permukaan PS.

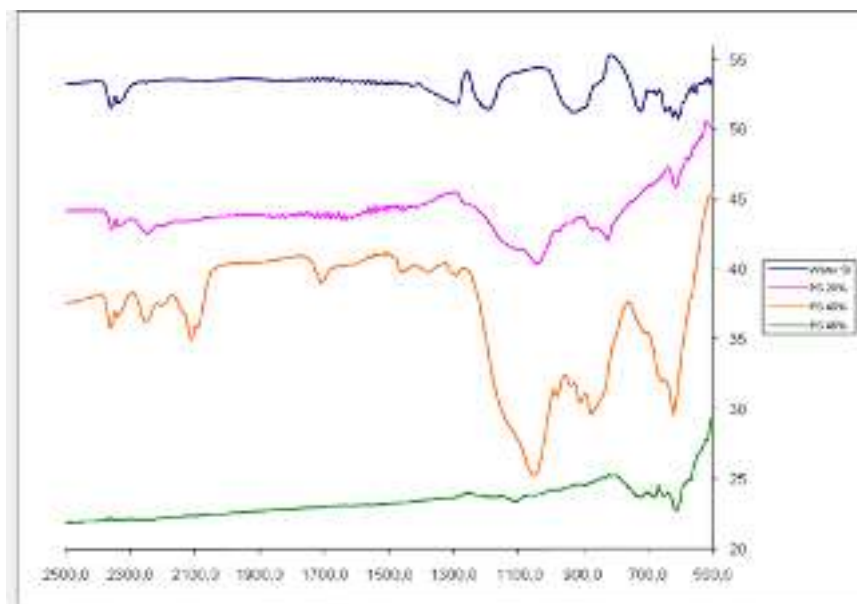
Permukaan wafer Si mudah bereaksi dengan hidrogen, namun sukar bereaksi dengan ion F^- selama tidak ada hole pada permukaan wafer silikon karena elektronegativitas H di sekitar Si dan induksi polarisasi rendah. Jika hole mencapai permukaan wafer silikon maka ikatan Si-H dapat bereaksi dengan ion F^- dan membentuk ikatan Si-F (langkah 1 Gambar 1). Karena pengaruh polarisasi ikatan F, ion F^- lain dapat bereaksi, mengikat molekul H_2 dan menginjeksikan satu elektron ke katoda (langkah 2). Akibat induksi polarisasi gugus Si-F, rapat elektron Si-Si menjadi rendah dan ikatan lemah ini akan bereaksi dengan HF atau H_2O (langkah 4 dan 5), sehingga atom-atom permukaan silikon tetap berikatan dengan hidrogen. Jika dalam reaksi ini atom silikon terlepas dari permukaan wafer silikon akan terbentuk lubang berukuran atomik. Perubahan geometri permukaan akan mengubah distribusi medan listrik pada permukaan tersebut. Permukaan menjadi tidak homogen [15].

Ketika wafer silikon dianodisasi, gas hidrogen terus menerus muncul dari permukaannya. Hasil FTIR telah membuktikan keberadaan ikatan hidrid pada permukaan PS, dalam bentuk Si-H, Si-H₂, dan kemungkinan ada Si-H₃. Konsentrasi permukaan Si-H bertambah dengan meningkatnya tegangan anodik. Ikatan Si-H tidak berperan langsung terhadap penjumlahan dinding pori, namun berperan langsung terhadap pembentukan pori yang menghalangi pembentukan oksida. Dengan demikian transfer muatan



Spektrum FTIR permukaan wafer Si dan tiga sampel PS ditunjukkan pada Gambar 2. Spektrum tersebut diinterpretasikan pada Tabel 1. Spektrum FTIR menunjukkan perbedaan gugus fungsi permukaan wafer silikon dan permukaan PS. Anodisasi menggunakan larutan HF 20% dan 40% menyebabkan terbentuk puncak-puncak serapan baru dan terjadi pergeseran puncak serapan. Interpretasi spektrum FTIR dilakukan mengacu pada berbagai hasil penelitian [5, 6, 7, 13, 16, 17, 18, 19].

40% lebih tajam daripada permukaan PS 20%, sementara pada puncak sekitar $2337,6 \text{ cm}^{-1}$ permukaan PS 20% lebih tajam daripada permukaan PS 40%. Puncak serapan sekitar $2248,8 \text{ cm}^{-1}$ dan $2252,7 \text{ cm}^{-1}$ mempunyai puncak (*shoulder*) pada bilangan gelombang sekitar $2202,6 \text{ cm}^{-1}$. Gugus SiH pada permukaan PS 40% lebih banyak dan puncak serapannya lebih tajam daripada permukaan PS 20%.



Gambar 2. Spektrum Wafer Silikon dan PS yang dianodisasi menggunakan larutan HF

Tabel 1. Interpretasi gugus permukaan Wafer Si dan PS 20%, PS 40%, dan PS 48% yang dianodisasi larutan HF sesuai [4] berikut:

No	Wavenumber (cm⁻¹)	Wafer Si	PS 20%	PS 40%	PS 48%	Gugus Fungsional
1	2924	2984,7	2922,8	2924,1	-	Stretching Si-H
2	2850	2777,3	2857,5	2811,8	-	Stretching Si-CH
3	2100	-	2545,8 dan 2242,4	2247,7 dan 2202,6	-	Stretching Si-Si
4	2110	-	-	2115,3	-	Stretching Si-Si
5	2087	-	-	2098,9	-	Stretching Si-Si
6	1190-1110	-	1807,4	-	-	Si-O-Si
7	1070	-	1029,9	1059,1	-	Si-O-Si
8	947	932,5	947,1	947,1	-	Stretching Si-H
9	904	-	-	914,8	-	Stretching Si-H
10	893	-	-	897,4	-	Stretching Si-H
11	827	-	-	821,5	-	Si-Si-D
12	698	664,1	-	661,8	673,9 dan 651,9	Stretching Si-Si
13	604	604,9	-	604,9	-	Stretching Si-Si
14	428	416,6	415,1	421	413	Si-Si

Spektrum FTIR permukaan PS tersebut menunjukkan pengaruh konsentrasi larutan HF terhadap gugus fungsi, terutama pada sampel yang dianodisasi dalam larutan HF 20% dan 40%. Pada bilangan gelombang sekitar $2360,7 \text{ cm}^{-1}$ serapan permukaan PS

Gugus SiH pada permukaan PS 48% hanya sedikit karena persiapan sampel diperkirakan tidak maksimum sehingga banyak puncak serapan yang tidak nampak.

Gugus O-Si-O pada bilangan gelombang sekitar $825,5 \text{ cm}^{-1}$ berdekatan dengan gugus SiF (815 cm^{-1}).

Bentuk flourin pada permukaan PS belum diketahui secara pasti. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa gugus SiF_3 muncul di dinding pori [20], sedangkan SiF dan SiF_2 berada di permukaan PS [21]. Flourin sangat mudah digantikan oleh ikatan Si-OH ketika bersentuhan dengan air di ruang terbuka. Proses ini yang terjadi di daerah serapan sekitar $825,5 \text{ cm}^{-1}$, yaitu kedudukan flourin dalam ikatan digantikan dengan oksigen ketika PS dicuci dengan aquades. Pada permukaan PS ditemukan HF dan SiF_6^{2+} , yang berarti bahwa flourin hanya berasal dari sisa elektrolit dalam pori [22].

4. Kesimpulan

Konsentrasi larutan HF mempengaruhi gugus fungsi permukaan PS, pada PS 20% dan PS 40% menunjukkan letak gugus SiH_n yang relatif sama. Sementara, pada permukaan PS yang dianodisasi dengan larutan HF konsentrasi 48% menunjukkan serapan hanya terjadi di sekitar $678,9 \text{ cm}^{-1}$, $651,9 \text{ cm}^{-1}$, dan 613 cm^{-1} .

Daftar Pustaka

- Canham, LT. 1990. *Silicon Quantum Wire Array Fabrication by Electrochemical and Chemical Dissolution of Wafers*. Appl. Phys. Lett. 57, 1046.
- Steiner, P. Kozlowski, F. Lang, W. 1993. *Light-Emitting Porous Silicon Diode with an Increased Electroluminescence Quantum Efficiency*. Appl. Phys. Lett. 62, 2700.
- Koshida, N. Koyama, H. 1992. *Nanotechnology* 3, 192.
- Beale, MIJ. Benjamin, JD. Uren, MJ. Chew, NG. Cullis, AG. 1985. *Journal Crystallin Growth*. 73,622.
- Tsai, C. Li, KH. Kinosky, DS. Qian, RZ. Hsu, TC. Irby, JT. Banerjee, SK. Tasch, AF. Campbell, JC. Hance, BK. White, JM. 1992. *Correlation Beetween Silicon Hydride Species and Photoluminescence Intensity of Porous Silicon*. Appl. Phys. Lett. 60 (14).
- Vinegoni, C. Cazzanelli, M. Pavesi, L. 2000. *Porous Silicon Mocracaviti*. Pittsburgh.
- Behren, J. Ucer, KB. Tsybeskov, L. Vandyshev, JV. Fauchet, PM. 1995. *Properties of Ultrathin Films of Porous Silicon*. J.Vac. Sci. Technol. B 13 (3).
- Strehlke, S. 1997. *The Porous Silicon Emitter Concept Applied to Multicrystalline Silicon Solar Cells*, Thin Solids Films, V. 297, p. 291-295.
- Gole. 2002. www. Physics. Gatech. Edu/people (faculty) jgole.html-76k
- Tika, I.N. 2014. *Modifikasi Elektroda Biosensor –Enzim Lipase Termostabil dengan Silikon Berpori untuk Penentuan Digliserida pada Serum Darah*. Prosiding Seminar Nasional Kimia, ISBN : 978-602-0952-00-3. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya 20 September 2014.
- Smith, RL. Collins, SD. 1992. *Porous silicon formation mechanisms*. J. Appl. Phys. 71 (8).
- Grigoros, K. Pacebutas, V. 1996. *Porous Silicon Fabrication Technique for Large Area Devices*. Semiconductor Physics Institute. Lithuania.
- Lavine, JM. Sawan, SP. Shieh, YT. Bellezza, AJ . 1993. *Role of Si-H and Si-H₂ in Photoluminescence of Porous Si*. Appl. Phys. Lett. 62 (10).
- Ilmawati, W.S., 2006, *Analisis Gugus Fungsional dan Resistivitas Permukaan Silikon Berpori*, Skripsi, FMIPA Unhalu, Kendari.
- Lehmann, V. Gosele, U. 1990. *Porous silicon formation : A quantum wire effect*. Appl. Phys. Lett. 58 (8)
- Miyazaki, S. Shiba, K. Sakamoto, K. Hirose, M. 1992. *Structural Characterization And Luminescence of Porous Si*. Optoelectronics-Devices and Technologies Vol. 7 No. 1. pp. 95-102.
- Pivac, B. Rakvin, B. 1994. *Paramagnetic Centers at and Near The Si/SiO_x Interface in Porous Silicon*. Appl. Phys. Lett. 65 (25).
- Prokes, SM. Carlos, WE. Bermudez, VM. 1992. *Luminescence and Defect Density Measurements in Porous Silicon: Evidence for Hydride Based Model*. Appl. Phys. Lett. 61 (12).
- Robinson, MB. Dillon, AC. George, SM. 1993. *Porous Silicon Photoluminescence versus HF Etching: No Correlation with Surface Hydrogen Species*. Appl. Phys. Lett. 62 (13).
- Zoubir, NH. Verguat, M. Delatour, T. Burneau, A. 1994. Appl. Phys. Lett. 65, 8.
- Banerjee, S. Narasimhan, KL. Sardesai, A. 1994. Phys. Rev. B 49, 2951.
- Petit, D. Ozanam, F. Devreux, F. 1997. Appl. Phys. Lett. 70, 191.