Peralatan Otomatis Pengukur Resistansi Lembar dan Konsentrasi Dopan Lapisan Tipis Difusi pada Wafer Silikon
Program Riset PPMI STEI 2026-Riset KK

Dr. Ir. Irman Idris, M.Sc [1], Dr. Ir. F. Ihsan Hariadi, M.A.Sc [1], Dr. Ir. M. Amin Sulthoni, S.T, M.T, IPU [1], Dr. Ir. Akhmadi Surawijaya, M.Eng [1], Gilang Mardian K, S.Si, M.Si [2], Ahmad Khumedillah Irfa'I S.T [2]
[1] Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, [2] Pusat Mikroelektronika ITB

Latar Belakang dan Tujuan

Wafer silikon adalah salah satu bagian terpenting bagi bidang/industri semikonduktor karena sebagian besar teknologi semikonduktor yang kita kenal saat ini berbasis pada material ini. Wafer yang berperan sebagai substrat ikut menentukan kualitas atau karakteristik divais yang dibuat di atasnya.
Ada beragam parameter yang bisa dinilai untuk menentukan kualitas wafer, salah satunya adalah sifat kelistrikan. Resistivitas adalah adalah salah satu parameter yang paling mendasar yang menunjukkan bagaimana karakteristik wafer dalam menghantarkan arus. Selain itu, nilai resistivitas juga dapat digunakan untuk mengestimasi nilai doping dari wafer.
Salah satu tantangan yang dihadapi dunia riset semikonduktor adalah keterbatasan sarana penunjang riset, salah satunya adalah instrumen karakterisasi. Penelitian ini bertujuan unuk menghasilkan instrument "Four Point Probe" (FPP) untuk mengukur resistivitas wafer dan mengestimasi nilai doping. Instrumen Four Point Probe diharapkan dapat menjadi solusi untuk menunjang proses pendidikan dan riset semikonduktor skala lab agar proses Pendidikan dan riset dapat berjalan optimal.

Keyword: Doping, four point probe, resistivitas.

Metode, Pelaksanaan, dan Hasil

Penelitian dilakukan dalam tiga tahapan:
1. *Desain*
2. *Fabrikasi dan integrasi*
3. *Pengujian*

Desain

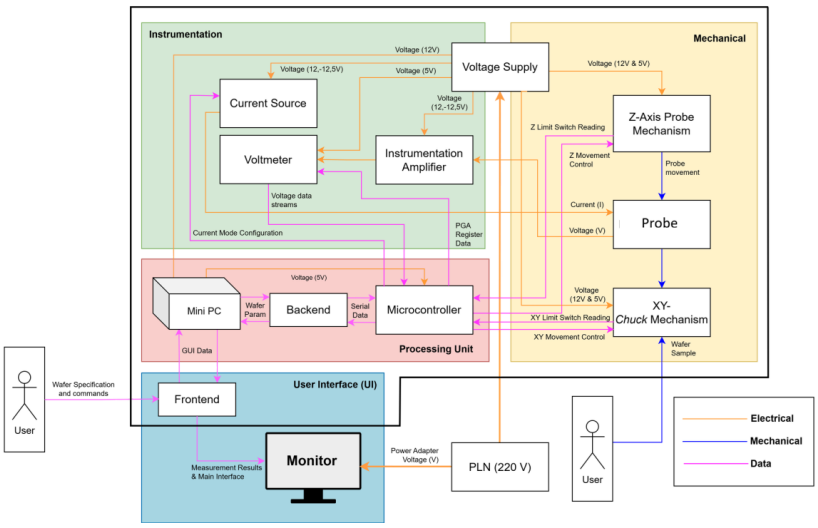
Four Point Probe pada penelitian ini didesain untuk memiliki karakteristik/fungsi berikut:

1. *Bersifat fully automated*
2. *Memiliki fungsi utama sebagai pengukur resistivitas dan estimasi nilai doping.*
3. *Memiliki fungsi tambahan berupa fitur pemetaan nilai doping.*

Data flow diagram (DFD), yang menunjukkan hubungan antar subsistem dalam sistem four point probe serta hubungan antara sistem four point probe dengan pengguna, dapat dilihat pada Gambar.1. Sementara itu, spesifikasi detil dari sistem four point probe yang akan dibuat dapat dilihat pada Tabel.1.

Fabrikasi dan Integrasi

Subsistem fisik difabrikasi dengan menggunakan 3D printing serta laser cutting. Subsistem instrumentasi dibuat dengan menggunakan komponen off-the-shelf yang ralatif terjangkau. Sementara itu, antarmuka dibuat dengan Bahasa pemrograman Python. Komponen utama Four Point Probe yang berupa empat buah probe sejajar dibeli dari Osilla. Hasil integrasi sistem fisik dapat dilihat pada Gambar 2, sementara tampilan antarmuka dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 1. Data flow diagram

Tabel 1. Spesifikasi SIstem

Spesifikasi	Nilai
Rentang resistivitas	0.01-30 Ωcm ± 5%
Rentang resistansi	0.03625-1000 Ω/sq ± 5%
Rentang nilai doping	1×10^{14}-5×10^{18} cm^{-3}
Pergerakan probe	• Gerakan maks. 10 µm/step • Kompresi probe maks. 0.5 mm • Akurasi Gerak X-Y ± 5 mm

Tabel 2. Hasil Pengujian

Spesifikasi	Nilai
Rentang resistivitas	0.79-13.68 Ωcm ± 5%
Rentang resistansi	0.17-371.15 Ω/sq ± 5%
Rentang nilai doping	3×10^{14}-1.9×10^{16} cm^{-3}
Pergerakan probe	• Gerakan rata-rata 2.5 µm/step • Kompresi probe rata-rata 0.48 mm • Akurasi rata-rata gerak X-Y ± 0.4 mm

Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua sampel wafer silikon, masing-masing tipe-n dan tipe-p. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa alat yang dibuat bisa mengukur resistivitas, resistansi, dan konsentrasi doping sesuai dengan rentang yang ditetapkan pada tahap desain sistem. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

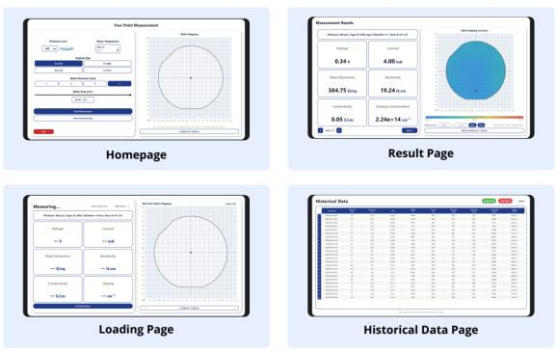
Luaran

Penelitian ini menghasilkan luaran berupa purwarupa sistem four point probe. Purwarupa ini selanjutnya digunakan untuk penelitian berkaitan dengan semikonduktor silicon yang hasilnya akan dipublikasikan pada jurnal internasional.

Penelitian ini didanai oleh PPMI ITB



Gambar 2. Hasil integrasi sistem



Gambar 3. Tampilan antarmuka