

Protokoll Halbleiterdetektoren

Paul Posch, Herbert Valerio Riedel, Dominik Steineder

22. April 2008

Es wurden an den Teststrukturen der Halbleiterdetektoren für das Experiment CMS eine Strom-Spannungs-Messung, eine Kapazitäts-Spannungs-Messung sowie die Messung der Zwischenstreifenkapazität durchgeführt. Die Messergebnisse werden in Diagrammen präsentiert und liegen im letzten Abschnitt auch in Form von Tabellen vor. Aus den gemessenen Größen wurden sowohl die Dicke der Siliziumsensoren als auch deren Widerstand bestimmt.

1 Allgemein

Es wurde folgende Teststruktur vermessen:

CMS-6INCH-CUT OFFS
CMS-W7B
Serial No. 30221450401830
Lot No. SWB64717

2 Strom-Spannungs-Messung

2.1 Einstellungen an der SMU (Source measure unit)

Compliance: $4\mu A$

Integrationszeit: linecycle period

Trigger: continous

2.2 Aufbau

Es wird mittels Triax-Kabel die Backplane des Detektors unter Hochspannung gelegt. Die Low-Leitung wurde mit der Bias-Line des Detektors verbunden um den Dunkelstrom über den gesamten Detektor zu bestimmen. Die Bias-Line ist über Polysiliziumwiderstände mit den einzelnen Streifen verbunden. Das Signal wird bei der Low-Leitung am ersten Ring abgenommen. Der Schaltplan ist in Abbildung 1 skizziert.

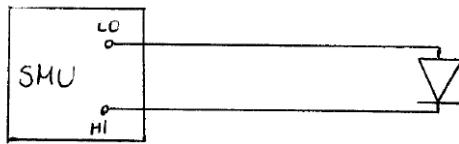


Abbildung 1: Schaltplan, Strom-Spannungs-Messung

2.3 Messung

Temperatur: 23.8 °C

Luftfeuchtigkeit: 32.1%

Der Strom verhält sich in Abhängigkeit der Spannung wie im Fall einer in Sperrrichtung

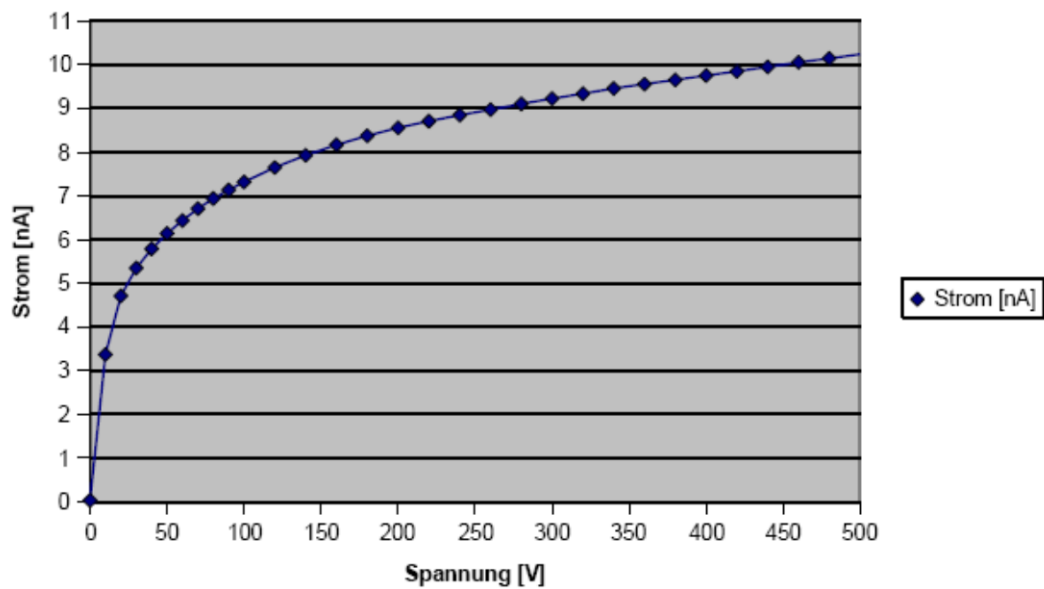


Abbildung 2: Strom-Spannungs-Messung

betriebenen Diode (siehe Abbildung 2). Bei dieser Messung wurde die Durchbruchspannung nicht erreicht.

3 Kapazitäts-Spannungs-Messung

3.1 Einstellungen an der SMU

Compliance: $100\mu A$

Integrationszeit: linecycle period

Trigger: continuous

3.2 Einstellungen am RLC

Anzeige: $C_p - R_p$

Level: 100mV

Frequenz: 75kHz

Bias: 0V

Range: auto

Integrationszeit: long

Korrekturen: Open, Short

Bei Open werden parallele Kapazitäten und Widerstände korrigiert (mit Nadel nicht kontaktieren). Bei Short werden serielle Kapazitäten und Widerstände korrigiert weshalb die Nadel (Low) mit dem Tisch (High) kurzgeschlossen werden muss. Da der Tisch zu niedrig war, wurde der Kontakt mit einer 5 Cent Münze hergestellt.

3.3 Aufbau

Diese Messung wird an der CV-Diode auf der Teststruktur durchgeführt. Beim verkabeln ist zu beachten, dass an den Eingängen des RLC keine Spannung angelegt werden darf, weshalb eine Entkoppelbox verwendet werden muss. Die Low-Leitungen der SMU und des RLC sowie die Kiste in der sich die Teststruktur befindet liegen auf Erdpotential. (siehe Abbildung 3)

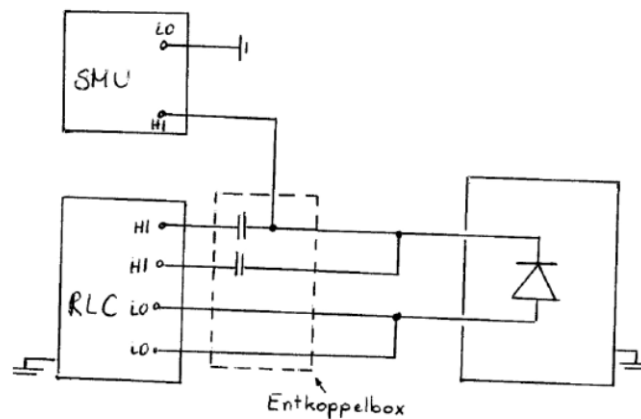


Abbildung 3: Schaltplan, Kapazitäts-Spannungs-Messung

3.4 Messung

Temperatur: 24.2 °C

Feuchtigkeit: 33.3%

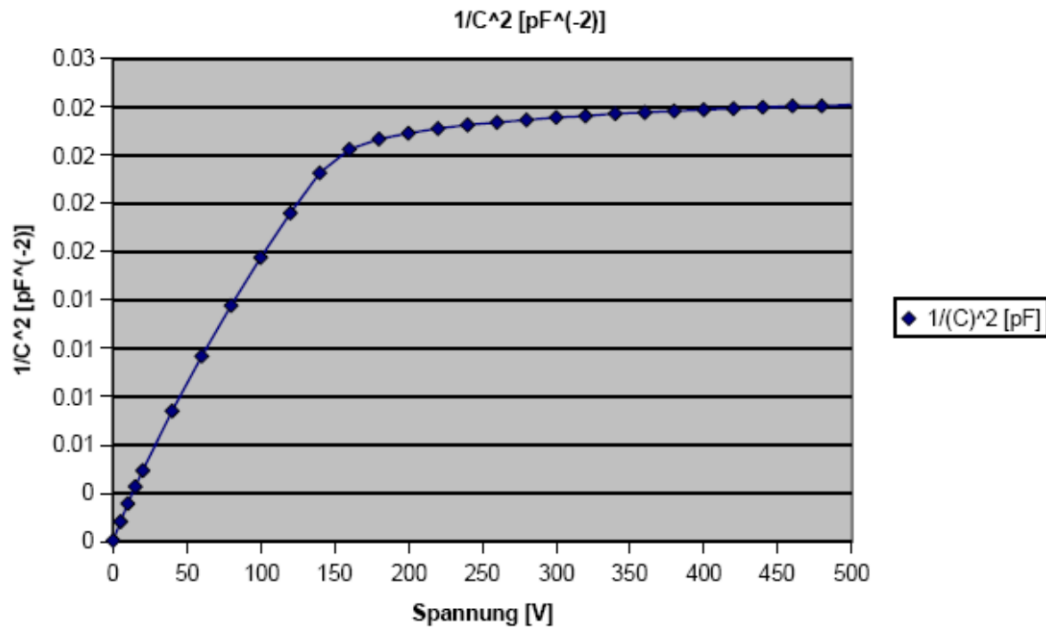


Abbildung 4: Kapazitäts-Spannungs-Messung

Trägt man $\frac{1}{C^2}$ über der angelegten Spannung auf (siehe Abbildung 4) kann man aus dem Knickpunkt der Kurve die Full-depletion-voltage V_{depl} bestimmen, in dem man den Schnittpunkt von zwei an die Kurve angepassten Tangenten betrachtet. Hier liegt V_{depl} etwa bei 140V.

4 Messung der Zwischenstreifenkapazität

4.1 Einstellungen an der SMU

Compliance: 1 μA

Integrationszeit: linecycle period

Trigger: continuous

4.2 Einstellungen am RLC

Anzeige: $C_p - R_p$

Level: 100mV

Frequenz: 1MHz

Bias: 0V

Range: auto

Integrationszeit: long

Korrekturen: open, short

4.3 Aufbau

An der Backplane des Siliziumdetektors wird eine Hochspannung angelegt und der Low Ausgang der SMU wird mit der Bias-Line verbunden. Dies entspricht dem normalen Betrieb des Detektors. Nun werden drei nebeneinander liegende Streifen mit abgeschirmten Kabeln bis vor zu den Kontaktiernadeln mit dem RLC verbunden. Dabei ist der mittlere Streifen mit dem High Ausgang des RLC verkabelt und die Streifen links und rechts davon mit dem Low-Ausgang verbunden. Der Schaltplan ist schematisch in Abbildung 5 dargestellt. Mit diesem Aufbau wird in erster Näherung die doppelte Zwischenstreifenkapazität gemessen. Da diese Zwischenstreifenkapazität klein sein sollte (im Bereich von wenigen pF) ist dies von Vorteil.

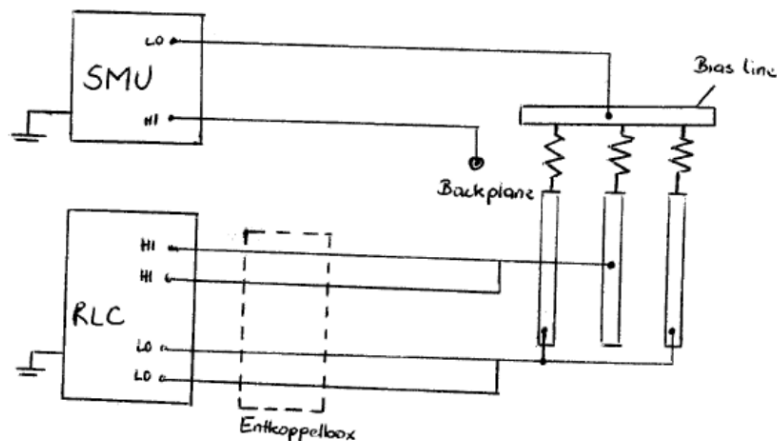


Abbildung 5: Schaltplan, Zwischenstreifenkapazitätsmessung

4.4 Messung

Der Detektor ist seit der Messung der Strom-Spannungskurve beschädigt worden und zieht einen deutlich höheren Strom. Zu Beginn der Messung wurde bei einer angelegten Spannung von 200V ein Strom von 500nA gemessen, wobei der Strom im Laufe der Messungen weiter angestiegen ist.

Temperatur: 25.7 °C
Luftfeuchtigkeit: 33.4 %

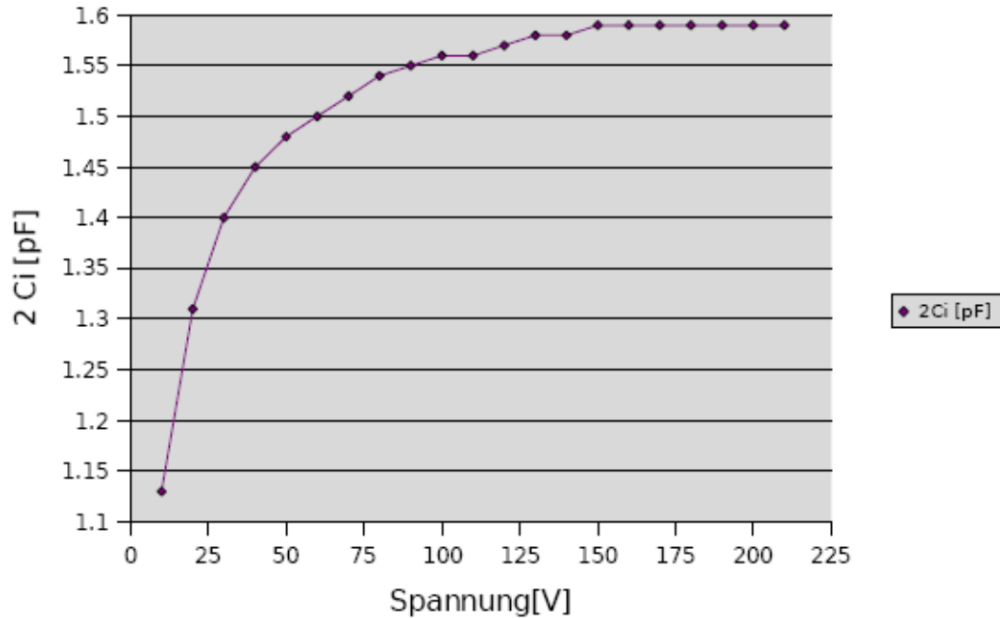


Abbildung 6: Messung der Zwischenstreifenkapazität

Die Zwischenstreifenkapazität (C_i) ist eine wichtige Größe um das Rauschen des Detektors zu bestimmen. Dieses Rauschen wird vom Beitrag der Detektorkapazität dominiert und beträgt in erster Näherung ungefähr $C_b + 2C_i$ (Ersatzschaltbild siehe Abbildung 7). Dabei können für eine grobe Abschätzung die Koppelkapazitäten (C_e) vernachlässigt werden, da diese wesentlich größer sind, als die Zwischenstreifenkapazitäten bzw. die Kapazität zur Backplane (C_b) und in Serie zu diesen geschaltet sind.

5 Berechnungen

5.1 Wichtige Größen

- $\mu_n(Si, 300K) \approx 1450 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$
- $\mu_p(Si, 300K) \approx 450 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$
- $\epsilon_0 = 8.8541878... \cdot 10^{-12} \text{ AsV}^{-1} \text{ m}^{-1}$
- $\epsilon_r = 11.9$

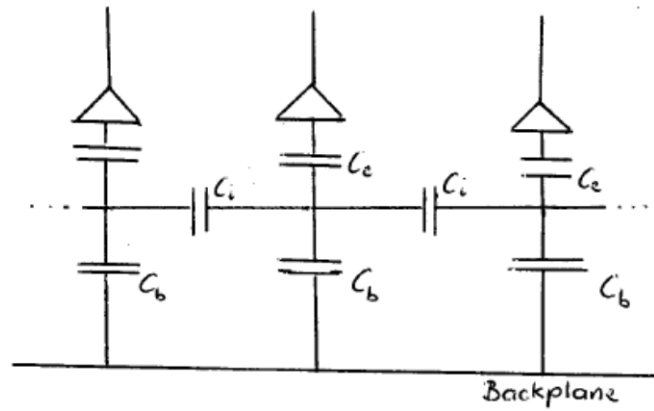


Abbildung 7: Ersatzschaltbild eines Steifendetektors

- $C = 7.24pF$
- $V_{depl} = 140V$
- $A_{CV} = 5 \times 5mm^2$

5.2 Dicke des Sensors d

$$d = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r \cdot A_{CV}}{C} = 363.8\mu m$$

5.3 Widerstand ρ

$$\rho = \frac{d^2}{2\epsilon_0 \epsilon_r \mu_n |V_{depl}|} = 30.9388\Omega m = 3.09388k\Omega cm$$

6 Messergebnisse

6.1 Strom-Spannungs-Messung

Spannung [V]	Strom [nA]
0	0.029
10	3.37
20	4.71
30	5.35
40	5.79
50	6.14
60	6.44
70	6.71
80	6.94
90	7.14
100	7.32
120	7.65
140	7.93
160	8.17
180	8.38
200	8.56
220	8.71
240	8.85
260	8.98
280	9.11
300	9.23
320	9.34
340	9.46
360	9.56
380	9.66
400	9.76
420	9.85
440	9.95
460	10.06
480	10.15
500	10.24

Tabelle 1: Strom-Spannungs-Messung

6.2 Kapazitäts-Spannungs-Messung

Spannung [V]	Kapazität [pF]
0	131.6
5	31.14
10	22.54
15	18.77
20	16.51
40	12.16
60	10.21
80	9.05
100	8.25
120	7.67
140	7.24
160	7.02
180	6.93
200	6.88
220	6.84
240	6.81
260	6.79
280	6.77
300	6.75
320	6.74
340	6.72
360	6.71
380	6.70
400	6.69
420	6.68
440	6.67
460	6.66
480	6.66
500	6.65

Tabelle 2: Kapazitäts-Spannungs-Messung

6.3 Messung der Zwischenstreifenkapazität

Spannung [V]	$2 \cdot C_i$ [pF]
10	1.13
20	1.31
30	1.40
40	1.45
50	1.48
60	1.50
70	1.52
80	1.54
90	1.55
100	1.56
110	1.56
120	1.57
130	1.58
140	1.58
150	1.59
160	1.59
170	1.59
180	1.59
190	1.59
200	1.59
210	1.59

Tabelle 3: Messung der Zwischenstreifenkapazität