



**Veilur á SiO_2/SiC yfirborði n-íbættra 4H-SiC MOS
þetta skoðaðar með ljósmælingum**

Halldór Jakobsson



**Verkfræði- og náttúruvísindasvið
Háskóli Íslands
2022**

Útdráttur

Í þessari ritgerð voru tveir mismunandi n-íþættir 4H-SiC MOS þéttar skoðaðir, SiO₂ lag beggja var myndað með þurroxunarferli en annar þeirra var að auki bakaður í NO til að hlutleysa veilur við SiO₂/SiC yfirborðið. Ljósi með mismunandi bylgjulengdum var skínt á yfirborðið til að losa rafeindir þaðan úr veilum og koma þeim í leiðniborða SiC. Þrátt fyrir að ljósið hafi verið með bylgjulengd sem samsvarar orku minni en orkugeil SiC (3.26 eV) losaðist töluvert magn rafeinda en almennt losnaði um tvöfalt magn rafeinda í þurroxíð sýninu m.v. NO sýnið.

1 Inngangur

MOSFETar (*metal-oxide-semiconductor-field-effect-transistor*) eru orðnir undirstaða nútíma rafeindatækni vegna auðveldrar fjöldaframleiðslu og fjölbreytileika í hagnýtingum. Kísill (Si) hefur verið helsta efnið notað í framleiðslu en kísilkarbíd (SiC) hefur nú orðið lofandi frambjóðandi við framleiðslu á háhita-, háafls- og hátíðnihlutum. Þetta er vegna stórrar orkugeilar og góðra efnis eiginleika m.v. Si, en áður en SiC MOSFETar geta verið fjöldaframleiddir þarf að leysa vandamál sem koma til þegar maður skiptir Si út fyrir SiC.

Eitt helsta vandamálið við SiC er lággæða yfirborðið sem myndast á SiO₂/SiC skilunum. Gallarnir sem myndast má rekja til kolefnistengdra galla eins og kolefnisklasa, hangandi tengsla á yfirborðinu eða veilna í oxíðinu en það eru gæði þessa SiO₂/SiC tengsla sem ráða því hvort hagnýtingar íhlutsins séu mögulegar.

Algengasta aðferðin til að lágmarka áhrif veilna í oxíðinu nálægt leiðniborða SiC er að baka MOSFETinn í N₂O eða NO við há hitastig (1150 - 1350°C). Með CV mælingum við herbergishita má sýna að þéttleiki yfirborðsveilna minnkar um stærðargráðu en þrátt fyrir það helst hreyfanleiki hleðslubera í *inversion* rásinni lágur eða í kringum 25 - 35 cm²/(Vs) sem gefur til kynna að veilur séu enn til staðar eftir NO baksturinn.

Í þessari ritgerð verður SiO₂/SiC yfirborðið skoðað með CV mælingum á tveimur tegundum af MOS þéttum, einn bakaðan í O₂ og annan bakaðan aukalega í NO. Ljósgrafi var notaður til að örva rafeindir úr veilum oxíðsins og í leiðniborða SiC. Með því að reikna fjölda rafeinda sem losnuðu við ákveðna bylgjulengd ljóss og með því að skoða hvernig CV ferlarnir breyttust var hægt að sjá hvort NO baksturinn væri raunverulega að fækka veilum við SiO₂/SiC yfirborðið.

Farið verður yfir kristalbyggingu SiC og hvers vegna veilum á SiO₂/SiC skilunum fjölga m.v. SiO₂/Si skilin. Nefndir verða mismunandi flokkar veilna og hvernig þær eru frábrugðnar. Skoðað verður spennuhæðni MOS þétta og mismunandi vinnusvæði þeirra en að lokum lýsum við því hvernig CV mælingar með ljósi geta veitt upplýsingar um orkuástönd við SiO₂/SiC skilin eða innan oxíðsins. Með þessum upplýsingum verða þurroxíð og NO MOS þéttar bornir saman og athugað hvort NO bökunin fækki veilum á SiO₂/SiC yfirborðinu.

2 Tækjauppstilling og aðferð

Eins og nefnt hefur verið eru það gæði oxíð-hálfleiðara yfirborðsins sem ráða því hvort MOSFET sé nothæfur. Til að skoða þetta yfirborð er þægilegt að skoða MOS þétta, sem eru MOSFETar þar sem ekki hefur verið sett *source* og *drain*. MOS (*metal-oxide-semiconductor*) þéttar eru eins og venjulegir málm-einangrara-málm þéttar þar sem annarri málmplötunni hefur verið skipt út fyrir hálfleiðara, en einangrarinn er í lang flestum tilfellum kísildíoxíð (SiO_2). MOS þéttinn er þá hægt að líta á sem tvö efnaskil, málmur-einangrari og einangrari-hálfleiðari.

Alveg frá því MOSFETar urðu risastór markaður hefur Si haft algjöra yfirhönd við framleiðslu á gæða oxíð-hálfleiðara skilum sem gerir Si þar af leiðandi lang eftirsóttasta hálfleiðarann, þrátt fyrir að aðrir hálfleiðarar hafi betri efnis eiginleika. Einn hálfleiðari sem hefur vakið athygli undanfarin ár er SiC sem hefur stóra orkugeil, háa gegnumbrot-spennu, mikla varmaleiðni og háan mettunarhraða rafeinda sem eru eftirsóttir eiginleikar við framleiðslu á háafis-, háhita- og hátíðnihlutum.

Í SiC kristalbyggingunni er hvert Si atóm umkringgt fjórum C atómum, og hvert C atóm umkringgt fjórum Si atómum sem hvort um sig myndar þrístrendan píramíta. Þessir þrístrendu píramítar geta síðan raðast saman í meira en 170 mismunandi kristalbyggingar [1], byggingin sem verður skoðuð hér kallast 4H-SiC (*H: hexagonal*).

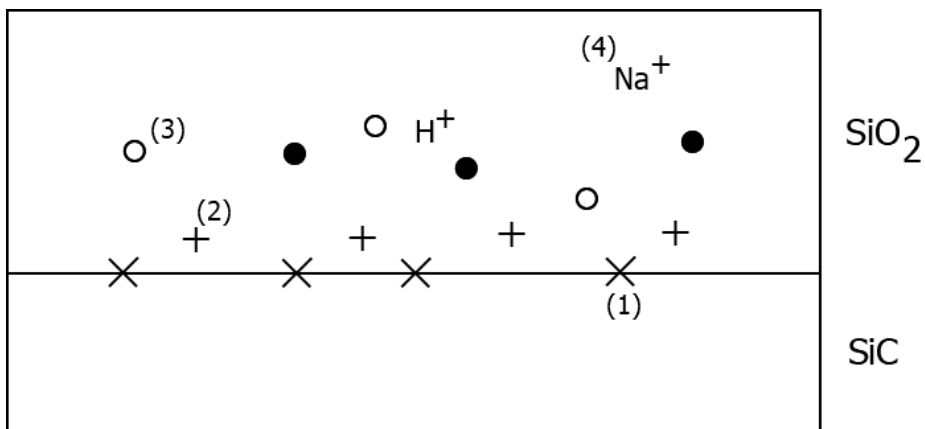
Til að mynda SiO_2 lag á SiC er hægt að baka SiC í O_2 gasi, þetta ferli kallast þurr oxun. SiC er hægt oxandi efni, sem gerir það að verkum að þurr oxunin þarf að fara fram við há hitastig ($> 1000^\circ\text{C}$) en oxuninni sjálfri er lýst með efnajöfnunum



Talið er að megn kolefnisins sé losað úr oxíðinu sem CO eða CO_2 gas en það kolefni sem losnar ekki úr oxíðinu getur hins vegar myndað kolefnisklasa sem fjölga göllum í oxíðinu og geta myndað ástönd á SiO_2/SiC yfirborðinu sem hremma rafeindir frá SiC og minnka þannig hreyfanleikann. Önnur aðferð til að mynda SiO_2 á SiC er að nota CVD (*chemical vapor deposition*) aðferðir, þá mun nær ekkert kolefni fara í oxíðið og kolefnisklasaástönd á yfirborðinu verða lágmarkuð. Þessi aðferð kemur hins vegar ekki í veg fyrir veilur á samskeytunum, veilur af völdum kolefnis eru einungis lágmarkaðar.

Í oxíðinu geta myndast hleðslur sem skipt er í fjóra flokka eftir því hvar þær eru staðsettar og hvernig þær haga sér. Þessir flokkar eru stöðug oxíðhleðsla (*fixed oxide charge*), hreyfanleg oxíðhleðsla (*mobile oxide charge*), föst oxíðhleðsla (*trapped oxide charge*) og föst yfirborðshleðsla (*interface trapped charge*). Staðsetningar hleðslanna sjást á mynd (2.1).

Föst yfirborðshleðsla er annað hvort jákvæð eða neikvæð hleðsla sem myndast vegna byggingargalla sem myndast t.d. við oxunarferlið, hún getur hins vegar líka



Mynd 2.1. Hleðslur sem myndast í SiO_2 og við SiO_2/SiC skilin. Hér sýnir (1) fasta yfirborðshleðslu, (2) er stöðug oxíðhleðsla, (3) er föst oxíðhleðsla og (4) er hreyfanleg oxíðhleðsla.

myndast vegna málmóhreininda eða rofinna efnatengja vegna t.d. geislunar. Þessi fasta yfirborðshleðsla er á SiO_2/SiC skilunum sem gerir það að verkum að hún víxlverkar mikið við SiC og þar sem *inversion* rásin í MOSFET myndast við þessi skil getur yfirborðshleðslan haft afgerandi áhrif á hreyfanleikann í MOSFETnum og þar af leiðandi hvort hann sé nothæfur yfir höfuð.

Stöðug oxíðhleðsla er jákvæð hleðsla sem myndast inni í oxíðinu, nálægt SiO_2/SiC skilunum. Þessi hleðsla hefur uppruna í oxunarferlinu og þéttleiki hennar fer að miklu leiti eftir skilyrðum oxunarferlisins eins og hreinleika umhverfisins, hitastigi, kæliferli o.s.frv. Stöðugu oxíðhleðsluna er hægt að minnka með því að auka oxunarhitastigið en það sem skilar enn meiri árangri er að baka íhlutinn í NO eða N_2O , N sest þá í þessar veilur og kemur í veg fyrir að þær hremmi rafeindir. Þessi bökun getur hins vegar aukið jákvæða hleðslu við yfirborðið.

Föst oxíðhleðsla getur verið jákvæð eða neikvæð og kemur til vegna rafeinda eða hola úr SiC sem festast djúpt í oxíðinu vegna geislunar, innspýtingu eða smugs. Þessum hleðslum er vanalega spornað gegn með bakstri við lág hitastig ($< 500^\circ\text{C}$).

Að lokum eru hreyfanlegar oxíðhleðslur í lang flestum tilfellum vegna jónaðra óhreininda eins og Na^+ , Li^+ , K^+ og H^+ . Þessar jónir geta líka verið neikvætt hlaðnar, en það er mjög sjaldgæft.

Eins og hefur komið fram eru MOS þéttar eins og málmþéttar þar sem annarri málmplötunni er skipt út fyrir hálfleiðara. Þegar spenna er svo lögð á málminn, sem kallast málmhlið, breytist rýmd og hegðun þéttisins, en almennt er talað um að MOS þéttar hafi þrjú mismunandi vinnusvæði: *inversion*, *depletion* og *accumulation*. Af því MOS þéttar eru í einföldustu nálgun eins og tveir þéttar þá mun álögð spenna ekki fara yfir allan hálfleiðarann heldur deilist hún yfir oxíðið og hálfleiðarann, spennan sem leggst yfir hálfleiðarann kallast yfirborðsmætti (ϕ_s). Í þessari umfjöllun gerum við ráð fyrir að hálfleiðarinn okkar sé n-íbættur, þ.e. íbættur með rafgjöfum sem þýðir að MOSFETinn væri p-rásar.

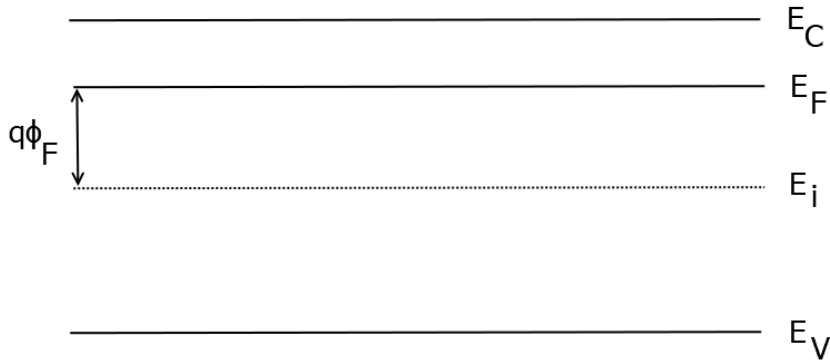
Byrjum með háa neikvæða spennu á málmhliðinu (V_G). Þá höfum við rafsvið sem vísar frá hálfleiðara að hliðinu þ.a. jákvæð hleðsla safnast saman á SiO₂/SiC yfirborðinu til að veða á móti neikvæðu hleðslunni. Ef hálfleiðarinn hefur litla orkugeil geta þessar holur (minnihlutahleðsluberar) sem myndast vegna varma verið svo margar að við yfirborðið myndast *inversion* lag sem hylur hálfleiðarann þ.a. yfirborðsmættið minnkar hægar og ef nægilegt magn hola er til staðar mun yfirborðsmættið metkast, þéttirinn er þá í *strong inversion* og rýmdin metkast sem rýmd oxíðsins [2], þetta gerist þegar

$$\varphi_s = 2\phi_F, \quad (3)$$

þar sem ϕ_F er Fermi mættið, sem skilgreint er sem

$$q\phi_F = E_i - E_F, \quad (4)$$

hér er E_i eiginleiðandi Fermi-orka hálfleiðarans og E_F er Fermi-orka íbætta hálfleiðarans. Dæmi um Fermi mætti n-íbætts hálfleiðara sést á mynd (2.2), þar sem E_C er leiðniborðinn og E_V er gildisborðinn. Ef hálfleiðarinn hefur stóra orkugeil, eins og

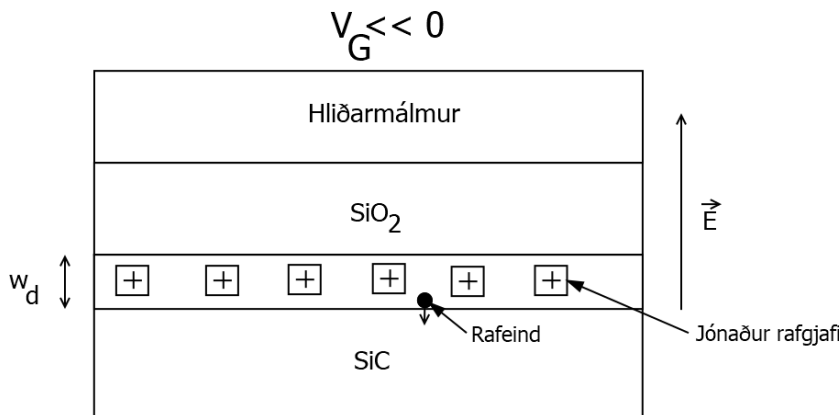


Mynd 2.2. Fermi mætti n-íbætts hálfleiðara, E_C er leiðniborðinn, E_F Fermi-orkan, E_i eiginleiðandi Fermi-orkan og E_V gildisborðinn. Fermi mættið er ϕ_F .

SiC, þá mun þetta *inversion* lag ekki myndast því holurnar sem myndast vegna varma eru of fáar, við g.r.f. að við séum að vinna í kringum herbergishita. Það er því ekkert lag sem hylur hálfleiðarann þ.a. rafsviðið fer yfir oxíðið og í hálfleiðarann og ýtir rafeindum frá SiO₂/SiC yfirborðinu sem myndar berasnautt bil með breidd w_d , eins og sést á mynd (2.3), þetta vinnusvæði þéttisins kallast *depletion*. Þetta berasnauða bil er jákvætt hlaðið, þ.e. það samanstendur af jónuðum rafgjöfum og þéttleiki þessara jónaðra rafgjafa breytist með spennu. Með því að leysa Poisson jöfnuna má sýna að

$$w_d = \sqrt{\frac{2\epsilon_{SiC}\varphi_s}{qN_D}} \quad (5)$$

þar sem ϵ_{SiC} er rafsvörunarstuðull SiC, φ_s er yfirborðsmættið, q er einingarhleðsla og N_D er íbótarþéttleikinn í SiC [2]. Til að mæla N_D nýtum við okkur spennuhæðni



Mynd 2.3. Berasnautt bil w_d sem myndast með neikvæðri spennu á V_G , \vec{E} er rafsviðið innan MOS þéttisins.

berasnaudaðabilsins, en sýna má að

$$N_D = \frac{2}{q\epsilon_{SiC}A^2d(1/C^2)/dV}, \quad (6)$$

þar sem A er flatarmál MOS þéttisins [3], CV mæling gefur okkur þar af leiðandi íbótarpéttleikann. Strangt til tekið gefur jafna (6) íbótina s.f.a. fjarlægð inn í hálfleiðarann

$$x = \epsilon_{SiC}A \left(\frac{1}{C} - \frac{1}{C_{ox}} \right) \quad (7)$$

en við g.r.f. að íbótin sé föst innan alls hálfleiðarans og segjum þá að $1/C^2$ s.f.a. V sé bein lína, sem er ágætlega fylgt á *depletion* vinnusvæðinu.

Af því rafsviðið fer yfir oxíðið og í hálfleiðarann getum við í fyrsta lagi litið á MOS þéttinn sem tvo raðtengda þétti, annar þéttirinn er oxíðið með rýmd

$$C_{ox} = \frac{\epsilon_{ox}A}{t_{ox}}, \quad (8)$$

þar sem ϵ_{ox} er rafsvörunarstuðull SiO₂ og t_{ox} er þykkt oxíðlagsins, og hinn þéttirinn er berasnaudaðabilið með rýmd

$$C_d = \frac{\epsilon_{SiC}A}{w_d}. \quad (9)$$

Eins og hefur verið tekið fram er föst yfirborðshleðsla á SiO₂/SiC skilunum og þessi hleðsla hefur áhrif á rýmd MOS þéttisins þar sem

$$C = \frac{dQ}{dV} \quad (10)$$

og Q og V eru hleðslan og spennan á málmhliðinu en þá er

$$Q = -(Q_{SiC} + Q_u) \quad (11)$$

ef við g.r.f. að engin hleðsla sé til staðar í oxíðinu. Jafna (11) segir einfaldlega að hleðsla alls MOS þéttisins sé núll, Q_{SiC} er hleðslan í SiC og Q_{it} eru fastar yfirborðshleðslur. Spennan deilist þar að auki yfir oxíðið og yfirborðsmættið

$$V = V_{ox} + \varphi_s \quad (12)$$

þ.a. jöfnu (10) má skrifa sem

$$C = -\frac{dQ_{SiC} + dQ_{it}}{dV_{ox} + d\varphi_s} \quad (13)$$

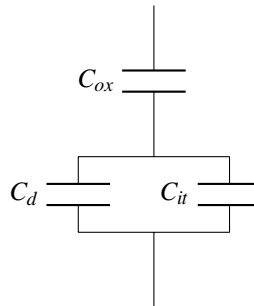
sem er enn fremur hægt að skrifa sem

$$C = -\frac{1}{\frac{dV_{ox}}{dQ_{SiC} + dQ_{it}} + \frac{d\varphi_s}{dQ_{SiC} + dQ_{it}}} \quad (14)$$

þ.e.

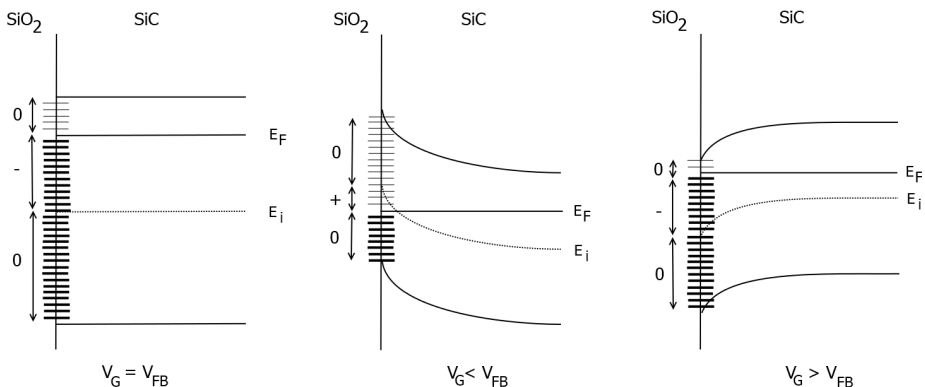
$$C = -\frac{1}{\frac{1}{C_{ox}} + \frac{1}{C_d + C_{it}}}, \quad (15)$$

spennan sem leggst yfir oxíðið gefur alltaf C_{ox} en eins og sést á jöfnu (15) er rýmd hálfleiðarans ekki einungis vegna berasnauðabilsins heldur má lýsa henni eins og tveimur hliðtengdum þéttum, berasnauðabilsins annars vegar og fastra yfirborðshleðsla hins vegar. Þessi rás er sýnd á mynd (2.6). Fasta yfirborðshleðslan er eins og rafgjafar



Mynd 2.4. Rásarlíkan af MOS þétti á depletion vinnusvæðinu.

fyrir neðan E_i og eins og rafþegar fyrir ofan E_i [3]. Fyrir n-íbættan hálfleiðara höfum við því aukalega neikvæða spennu við flat-borða spennuna af því fyrir neðan E_F eru öll ástönd setin, rafgjafarnir eru setnir rafeindum sem gera þá hlutlausu en á milli E_i og E_F eru rafþegar sem eru setnir rafeindum og eru því neikvætt hlaðnir, rafþegarnir fyrir ofan E_F eru ekki setnir og því hlutlausir. Fyrir neikvæða spennu bogna orkuborðarnir upp við skilin til að reka rafeindir burt og E_i getur þar með farið yfir E_F þ.a. veitur sem eru eins og rafgjafar verða ekki setnar rafeindum sem gerir þær jákvætt hlaðnar, við fáum þá aukalega jákvæða hleðslu. Fyrir jákvæða spennu fáum við einfaldlega meiri neikvæða spennu, á mynd (2.5) sést hvernig spenna málmhliðsins hefur áhrif á heildarhleðslu SiO_2/SiC yfirborðsins, hér er V_{FB} flat-borða spennan sem er spennan sem



Mynd 2.5. Föst yfirborðshleðsla á SiO_2/SiC skilunum við mismunandi spennu á málmhliðið. Þykkar línur eru ástönd setin rafeindum og þunnar línur eru ástönd ósetin rafeindum.

þarf að setja á V_G til að orkuborðarni verði flatir, hún er ekki núll vegna mismunandi vinnufalla málmhliðsins og hálfleiðarans [2].

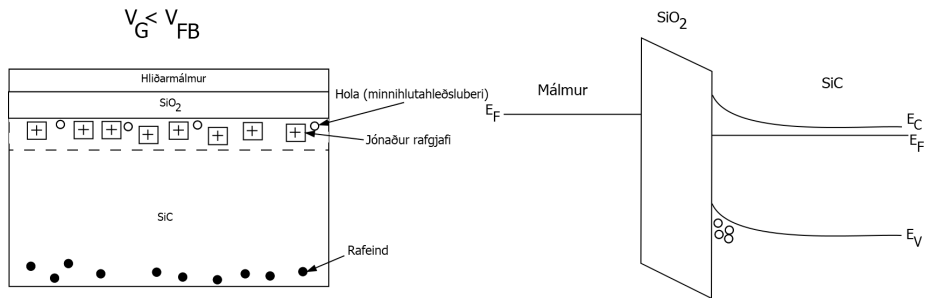
Vegna þessar hleðslubreytingar hliðrast CV ferillinn til vinstri fyrir neikvæða spennu og til hægri fyrir jákvæða spennu frá *sanna* CV ferlinum. Í þessari ritgerð var þessi tiltekna hliðrun ekki skoðuð þó hún sé oft notuð til að skoða þéttleika og dreifingu yfirborðsveilna, heldur frekar var skoðuð hliðrun vegna rafeinda sem losna úr ástöndum við SiO_2/SiC yfirborðið og í leiðniborða SiC. Við getum því sleppt C_{it} í líkaninu okkar (setjum það inn í C_d) og segjum að heildarrýmd MOS þéttisins sé

$$C = \frac{C_{ox}C_d}{C_{ox} + C_d} = \frac{C_{ox}}{1 + C_{ox}/C_d} = \frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox} + (\epsilon_{ox}/\epsilon_{SiC})w_d} A. \quad (16)$$

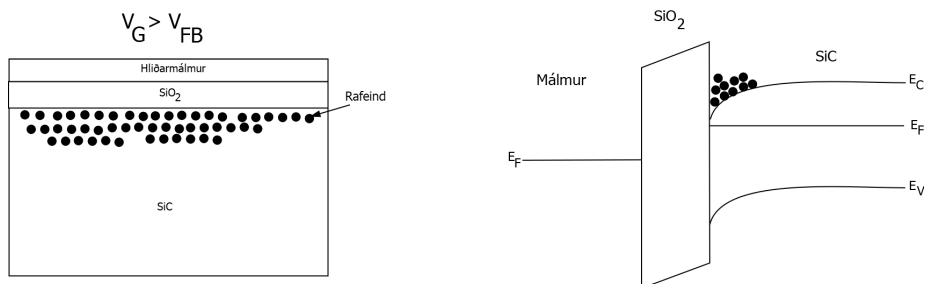
Rýmd MOS þéttisins er því spennuháð skv. jöfnum (16) og (5) fyrir spennu minni en V_{FB} , n-íbættur MOS þéttir í þessu *depletion* vinnusvæði sést á mynd (2.6). Ath. að við herbergishita eru þessar holur sem teiknaðar eru á mynd (2.6) algjöra hverfandi ef hálfleiðarinn okkar er SiC, dreifing rafeindanna er þar að auki ekki eins og hún er teiknuð, hún er jafndreifð þar sem rafeindunum er einungis ýtt frá berasnauðabilinu.

Nú vitum við hvað gerist þegar við setjum neikvæða spennu á málmhliðið. Við jákvæða spennu munu rafeindir úr SiC fara að SiO_2/SiC skilunum til að veða á móti hleðslunni á málmhliðinu. Hálfleiðarinn okkar er n-íbættur þ.a. þessar rafeindir eru meirihluta hleðsluberar þ.a. fyrir álagða spennu mun alltaf vera nægilegt magn rafeinda til að veða á móti spennunni. Rafsviðið fer því ekkert inn í hálfleiðarann og rýmdin verður alveg mettuð og spennuóháð í C_{ox} , þetta vinnusvæði kallast *accumulation* og sést á mynd (2.7).

Í *depletion* er rafeindunum í SiC ýtt frá oxíðinu og lengra inn í hálfleiðarann. Við SiO_2/SiC skilin bogna því leiðni- og gildisborðar SiC upp á við, til að reka rafeindir frá, og holum að skilunum. Ef V_G nálgast núll minnkar þessi bogun en við $V_G = 0$ þá eru orkuborðarnir ekki endilega flatir. Þetta er vegna mismunar í vinnufalli hliðarmálmmsins og hálfleiðarans [2], þ.e. þéttirinn hefur innbyggða spennu og þar af leiðandi innbyggt rafsvið sem beygir orkuborðana. Spennuna sem þarf að setja á þ.a. orkuborðarnir verði



Mynd 2.6. MOS þéttir íbættur með rafgjöfum á depletion vinnusvæði. Til vinstri er þverskurðarmynd þéttisins og til hægri er orkuborðamynd. V_{FB} er spennan sem þarf að setja á V_G til að allir orkuborðar verði flatir.



Mynd 2.7. MOS þéttir íbættur með rafgjöfum á accumulation vinnusvæði. Til vinstri er þverskurðarmynd þéttisins og til hægri er orkuborðamynd. V_{FB} er spennan sem þarf að setja á V_G til að allir orkuborðar verði flatir.

flatir kallast flat-borða spenna (V_{FB}). Við jákvæða spennu munu borðarnir svo bogna niður á við svo rafeindirnar reki að SiO_2/SiC skilunum.

Sýna má að við litlar spennur í kringum V_{FB} fellur rafmættið innan hálfleiðarans eins og [2]

$$\varphi(x) = \varphi_s e^{-x/L_D} \quad (17)$$

þar sem x er fjarlægð inn í hálfleiðarann frá SiO_2/SiC skilunum og L_D er Debye lengd, gefin með

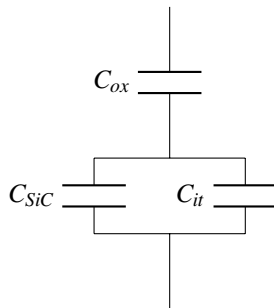
$$L_D = \sqrt{\frac{\epsilon_{\text{SiC}} k T}{q^2 N_D}} \quad (18)$$

fyrir n-íbættan hálfleiðara, þar sem k er Boltzmann-fasti og T er hitastig. Debye lengdin lýsir því hve djúpt rafsviðið kemst inn í hálfleiðarann. Tökum eftir því að $L_D \sim N_D^{-1/2}$ þ.a. fleiri frjálssar rafeindir minnka dýptina sem rafsviðið kemst, þetta er vegna þess að því fleiri sem rafeindirnar eru því auðveldara er að hylja restina af hálfleiðaranum. Það að rafsviðið kemst svona inn í hálfleiðarann gerir það að verkum að *accumulation* rýmdin er í raun minni en C_{ox} því rafsviðið fer alltaf örlítið inn í hálfleiðarann en minnkar þó veldislega, við getum einungis sagt að rýmdin stefni að C_{ox} með aukinni spennu.

Við V_{FB} getum við lýst MOS þéttinum sem tveimur raðtengdum þéttum, C_{ox} , og rýmdinni sem myndast vegna rafsviðsins sem kemst inn í hálfleiðarann

$$C_{\text{SiC}} = \frac{\epsilon_{\text{SiC}}}{L_D} A, \quad (19)$$

en eins og áður þarf að hliðtengja C_{it} við C_{SiC} til að taka tillit til hleðslanna á SiO_2/SiC skilunum. Á mynd (2.8) sést rásarlíkan MOS þéttis við V_{FB} .



Mynd 2.8. Rásarlíkan af MOS þétti við V_{FB} .

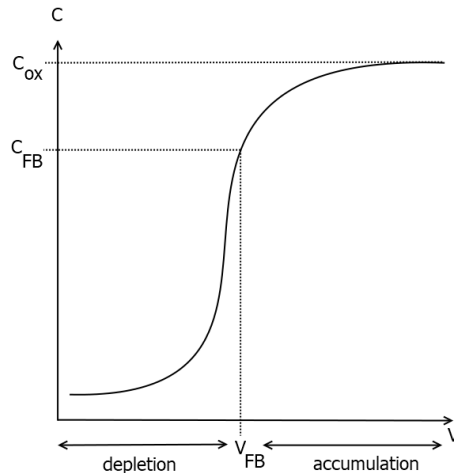
Nú setjum við aftur C_{it} inn í C_{SiC} þ.a. flat-borða rýmdin er því gefin með

$$\frac{1}{C_{FB}} = \frac{1}{C_{ox}} + \frac{1}{C_{\text{SiC}}} = \frac{t_{ox}}{\epsilon_{ox}} + \frac{L_D}{\epsilon_{\text{SiC}}} = \frac{t_{ox} + (\epsilon_{ox}/\epsilon_{\text{SiC}})L_D}{\epsilon_{ox}A} \quad (20)$$

þ.e.

$$C_{FB} = \frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox} + \left(\frac{\epsilon_{ox}}{\epsilon_{\text{SiC}}}\right) \sqrt{\frac{\epsilon_{\text{SiC}} k T}{q^2 N_D}}} A. \quad (21)$$

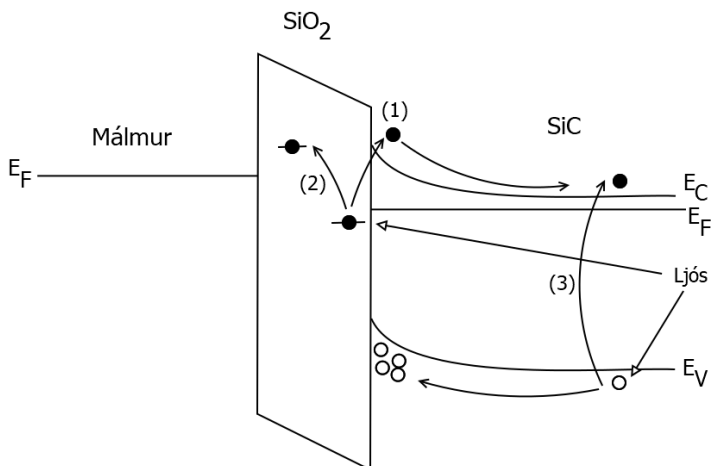
Við getum því fundið V_{FB} auðveldlega með því að framkvæma CV mælingu og finna spennuna sem samsvarar C_{FB} fengnu með jöfnu (21). Á mynd (2.9) sést hvernig venjulegur CV ferill n-íþætts SiC MOS þéttis lítur út og hvar stærðirnar C_{ox} , C_{FB} og V_{FB} er að finna.



Mynd 2.9. Dæmi um CV feril SiC MOS þéttis þar sem merkt hefur verið inn C_{ox} , C_{FB} og V_{FB} .

Ef við skínum ljósi á þéttinn þurfum við í fyrsta lagi að gera það þannig að ljósið komist í hálfleiðarann og að SiO_2/SiC skilunum, ef ljósinu er beint á hliðarmálminn mun það allt endurkastast og ekkert áhugavert gerist. Til að geta skinið ljósi á skilin var skafið af málmag sem sett er á botn hálfleiðarans, á móti hliðarmálmnum. Orkugeilin í 4H-SiC er $E_g = 3.26$ eV svo ef við skínum ljósi með orku meiri en E_g getum við losað rafeind úr gildisborðanum í leiðniborðann og myndað þannig rafeinda-holupar. Bylgjulengdin (λ) sem samsvarar 3.26 eV er $\lambda = 380$ nm þ.a. Ljós með bylgjulengd $\lambda \leq 380$ nm getur myndað rafeinda-holupar með því að örva rafeind yfir orkugeilina. Ef ljósið kemst að oxíðinu getum við líka verið að hlaða fastar yfirborðshleðslur, rafeindir sem sest hafa í ástönd við SiO_2/SiC skilin sem liggja á milli gildis- og leiðniborða geta örvast úr veilunni og í leiðniborðann. Ef við skínum þá ljósi með $\lambda > 380$ nm munum við komast hjá því að örva rafeindir yfir E_g og losum einungis ástönd sem liggja innan E_g . Á mynd (2.10) sjást mismunandi örvanir sem geta átt sér stað, (1) sýnir rafeind að örvast úr veiluástandi við SiO_2/SiC yfirborðið í leiðniborða SiC, (2) sýnir sömu rafeind örvast í annað ástand innan oxíðsins og (3) sýnir rafeind losna frá SiC upp í leiðniborðann og skilja eftir holu, þetta ferli getur einungis átt sér stað ef orka ljóssins er jöfn eða meiri en E_g .

Þessar rafeindir sem við losum hafa áhrif á CV ferilinn en til þess að svo sé þurfa rafeindirnar sem losna að fara inn í hálfleiðarann, þetta er gert með því að skína ljósinu með fastri neikvæðri spennu á hliðarmálminn sem beygir orkuborðana upp við SiO_2/SiC skilin og rekur rafeindirnar þar með inn í hálfleiðarann. Þegar við losum þessar rafeindir er meiri jákvæð hleðsla við SiO_2/SiC yfirborðið sem hjálpar berasnaudabilinu, það þýðir að það er auðveldara að hylja hálfleiðarann og við fáum meiri rýmd við neikvæð



Mynd 2.10. Mismunandi örvanir sem geta átt sér stað þegar ljósi er skinið á MOS þétti með neikvæða spennu á V_G . (1) sýnir rafeind örvast úr veiluástandi við SiO_2/SiC yfirborðið í leiðniborða SiC, (2) sýnir sömu rafeind örvast í annað ástand innan oxíðsins og (3) sýnir rafeind losna úr gildisborðanum í leiðniborðann og skilja eftir holu í gildisborðanum.

V_G . Reikna má fjölda rafeinda sem losnuðu með hliðruninni á V_{FB} skv.

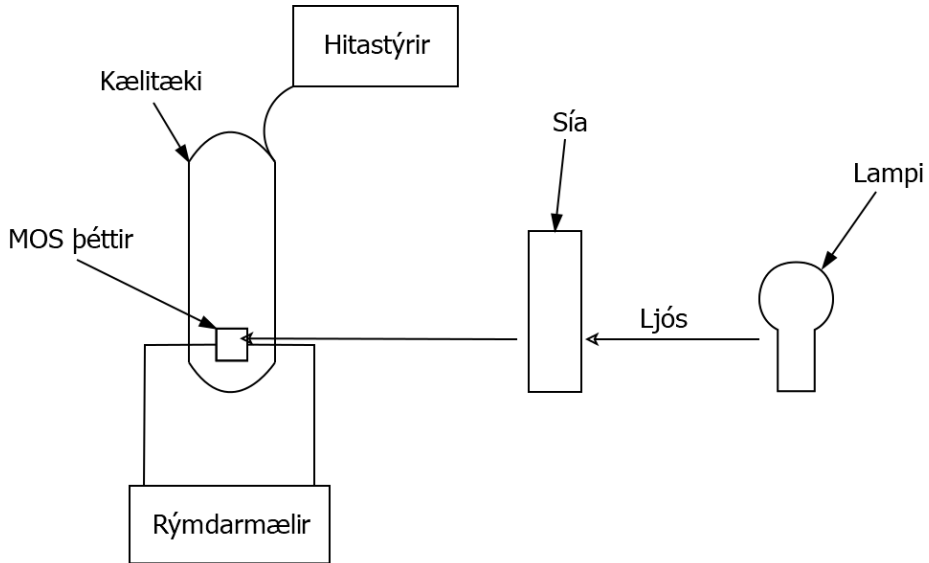
$$N_{it} = \frac{|V_{FB}^{ref} - V'_{FB}| C_{ox}}{qA} \quad (22)$$

þar sem N_{it} er fjöldi rafeinda sem losnuðu á flatarmál A [4], V_{FB}^{ref} er viðmiðunar flat-borða spennan og V'_{FB} er hliðraða flat-borða spennan eftir að ljósi hefur verið skinið til að losa fleiri rafeindir. Gerðar voru mælingar með mismunandi bylgjulengdum ljóss og skoðað hvernig N_{it} breyttist en til að mælingarnar hafi ekki áhrif á hvor aðra þarf að skila rafeindum sem var losað en það er gert með því að hita þéttinn í 50°C í fimm mínútur til að gefa rafeindunum nægilega hreyfiorku til að finna ástöndin við oxíðið, með engri álagðri spennu á hliðarmálminn.

Tveir mismunandi MOS þéttar voru mældir, báðir með n-íbætt SiC, en annar var einungis bakaður með O_2 til að mynda SiO_2 lagið á meðan hinn var að auki bakaður í NO í 60 mínútur til að hlutleysa veilar við SiO_2/SiC skilin. Þéttirinn sem var bara bakaður í O_2 er kallaður High T3 og var diskur með þvermál $D = 300 \mu\text{m}$, þéttirinn sem var að auki bakaður í NO kallast NO60min en var ferningur með hliðarlengdir $L = 500 \mu\text{m}$.

Allar mælingar voru framkvæmdar í Leybold helíum kælitæki. Hitastiginu var stjórnað með Lakeshore 331 hitastýri. CV mælingarnar voru framkvæmdar með Agilent E4980A LCR mæli þar sem mælt var frá -10 V til og með 10 V með 10 mV AC merki með 100 kHz tíðni, hver mæling var í raun framkvæmd þrisvar, fyrst frá -10 V til 10 V , svo frá 10 V til -10 V og að lokum frá -10 V til 10 V aftur. Með þessu móti má sjá hvort rafeindirnar sem losna haldist í SiC eða skili sér til baka í veilurnar. Ljósgrajfinn

var 250W Hamamatsu Photonics L8706 kvikasilfur-xenon lampi með bylgjulengdir á bilinu 185 - 2000 nm. Til að takmarka bylgjulengdirnar sem fara í MOS þéttinn voru notaðar þrjár lágþleypisúr sem loka á bylgjulengdir fyrir neðan ákveðið gildi, síurnar voru 530 nm, 715 nm og 1000 nm, teikning af uppstillingunni sést á mynd (2.11).

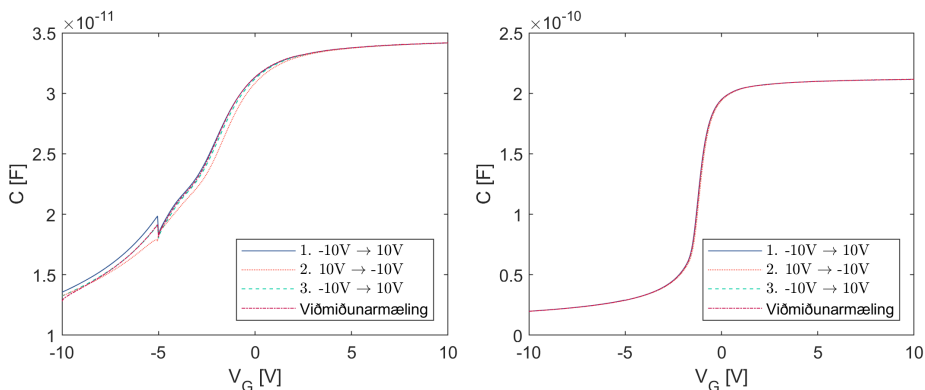


Mynd 2.11. Tækjauppstilling mælinga. Ljósi lýst í tíu mínútur með $V_G = -10$ V.

MOS þéttinum sem verið er að mæla er því komið fyrir í kælitæki við 300 K, viðmiðunarmæling gerð, sem er CV mæling frá -10 V til 10 V, ljósi skinið inn í hálfleiðarann í tíu mínútur við $V_G = -10$ V og hliðrun V_{FB} mæld til að reikna N_{it} . Þegar einni slíkri mælingu er lokið var þéttirinn hitaður í 50°C í fimm mínútur til að skila rafeindunum sem losnuðu, að því loknu var hægt að skipta um síu og framkvæma nýja mælingu. Áður en ljósmælingarnar voru gerðar var skoðað áhrif þess að halda fastri neikvæðri V_G spennu í tíu mínútur, rafeindir fastar í ástöndum nálægt leiðniborðanum gætu þá smugið í leiðniborðann og svo rekið inn í hálfleiðarann, þessi mæling þjónar sama tilgangi og bakgrunns mæling.

3 Niðurstöður og umræða

Mynd (3.12) sýnir CV mælingar á þurroxíð og NO MOS þéttinum, þar sem mynd (3.12a) sýnir mælingu á High T3 og mynd (3.12b) sýnir mælingu á NO60min. Viðmiðunarmælingin er fyrst framkvæmd og svo eru föst -10 V sett á V_G í tíu mínútur áður en hinar mælingarnar eru gerðar. Þær eru gerðar frá -10 V í 10 V, frá 10 V í -10 V og svo aftur frá -10 V í 10 V.



(a) CV mæling á High T3 MOS þéttinum. Strikaða punktalínan er viðmiðunarmæling, heila línan er mæling frá -10 V til 10 V, punktalínan er frá 10 V í -10 V og strikaða línan er seinni mæling frá -10 V í 10V.

(b) CV mæling á NO60min MOS þéttinum. Strikaða punktalínan er viðmiðunarmæling, heila línan er mæling frá -10 V til 10 V, punktalínan er frá 10 V í -10 V og strikaða línan er seinni mæling frá -10 V í 10V.

Mynd 3.12. CV mælingar beggja MOS þéttanna eftir -10 V á V_G í tíu mínútur.

Við tökum um leið eftir miklum mun á CV ferlum þurroxíð MOS þéttisins og NO bakaða þéttinum. Í fyrsta lagi er NO MOS þéttirinn með mun *mýkri* CV feril, þurroxíð þéttirinn fer ekki í jafn mikið *depletion* og NO. Þar að auki lyftist þurroxíð CV ferillinn mun meira eftir að -10 V hafa verið sett á í tíu mínútur sem gefur til kynna að fleiri rafeindir séu fastar í SiO_2/SiC skilunum við leiðniborðann á þurroxíð sýninu en NO sýninu. Í -5 V sjáum við rýmd þurroxíð sýnisins líka taka stökk, þetta er hins vegar ekki vegna einhverra veilna heldur er rýmdarmælirinn sem var notaður tveir mismunandi spennugjafar, einn sem fer frá -5 V í 5 V og annar sem tekur rest. Þegar við skiptum um spennugjafa slökknar á öllu í stuttan tíma og sumar hleðslur geta sloppið og ekki komið til baka.

Nú var ljósi skínt á þurroxíð sýnið með föstum -10 V á V_G í tíu mínútur, fyrst með engri síu þ.a. ljósið sem lenti á MOS þéttinum var með bylgjulengdir 185 - 2000 nm

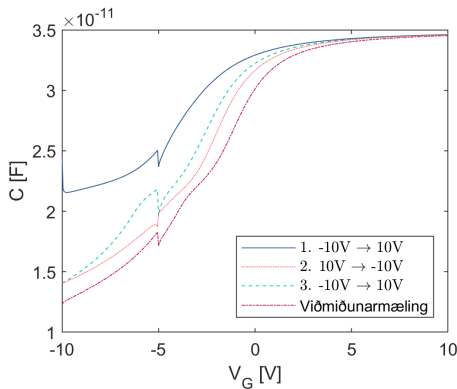
eða orku 0.62 - 6.7 eV sem er meira en næg orka til að örva rafeindir frá gildisborða í leiðniborða yfir orkugeil SiC sem er $E_g = 3.26$ eV. Næst er sett sía sem síar burt bylgjulengdir undir 530 nm þ.a. bylgjulengdirnar sem lenda á þéttinum eru 530 - 2000 nm eða orka 0.62 - 2.34 eV, síðan var sett 715 nm sía, þ.a. bylgjulengdirnar voru 715 - 2000 nm og með orku 0.62 - 1.73 eV og að lokum 1000nm sía þar sem bylgjulengdirnar eru þá 1000 - 2000 nm með orku 0.62 - 1.24 eV.

Mynd (3.13) sýnir CV ferla þurroxíð sýnisins eftir ljósskin með mismunandi síum, mynd (3.13a) var með engri síu, (3.13b) var með 530 nm síu, (3.13c) var með 715 nm síu og (3.13d) var með 1000 nm síu. Á þessum myndum sjáum við mikinn mun á hliðrunum ferlanna eftir síum. Hliðrunin, þ.e. fjöldi frjálsra rafeinda sem losna, var eins og búist var við mest þegar orka ljóssins var mest. Þegar við höfum enga síu er ljósið sem lendir á þéttinum með í mesta lagi orku 6.7 eV, sem er u.þ.b. tvöföld orkugeil SiC þ.a. í þessu tilfalli erum við aðallega að rjúfa tengi í gildisborðanum og örva rafeindir í leiðniborðann og mynda þannig rafeinda-holupör. Þar að auki erum við að sjálfsögðu að örva rafeindir og holur sem eru í örkuástöndum innan orkugeilar SiC, á SiO₂/SiC skilunum eins og sést á seinni mælingum. Bunguna við -3 V má útskýra með fastri yfirborðsveilu og orkuborðabogun. Við byrjum með borðana beygða mikið upp við skilin þ.a. Fermi-orkan við SiO₂/SiC er lágt niðri en þar sem V_G er fært nær núlli færast Fermi-orkan ofar sem þýðir að fleiri og fleiri veiluástönd þarf að fylla, þegar við setjum u.þ.b. -3 V fyllum við greinilega svo þetta veilu að fjöldi rafeinda sem tapast, þ.e. hleðslan sem afhleðst, hefur áberandi áhrif á rýmdina. Þegar við höfum skinið ljósinu erum við með svo mikið fleiri rafeindir að þessi veila hefur ekki lengur áhrif eins og sést á myndum (3.13a), (3.13b) og (3.13c) en á mynd (3.13d) er bungan enn til staðar.

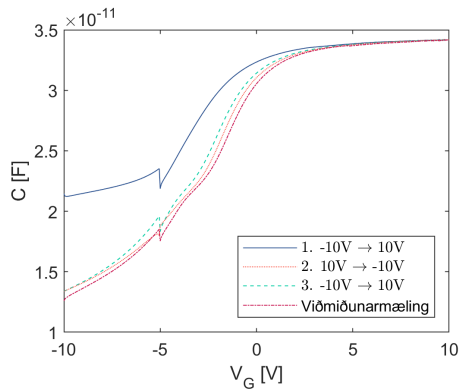
Á myndum (3.13a), (3.13b) og (3.13c) sjáum við að rýmdin hefur hækkað töluvert frá *depletion* rýmd viðmiðunarmælingarinnar fyrir $V_G < -5V$ sem gæti gefið til kynna að töluvert magn hola hafi myndast. Hér er mögulegt að rafeindir séu að losna úr gildisborðanum og fara í veilur á SiO₂/SiC skilunum, sem er hægt því Fermi-orkan er mjög lágt niðri við SiO₂/SiC skilin þegar -10 V eru á V_G . Ef við losum rafeind frá gildisborðanum erum við einnig að skilja eftir holu og ef nægilegt magn þeirra myndast getur *inversion* lag sést.

Þegar við gerum svo mælingu frá 10 V í -10 V sjáum við að rýmdin hefur færst nær viðmiðunarmælingunni sem þýðir að flestar rafeindirnar sem við losum með ljósinu lenda í samruna eða fara aftur í ástönd við SiO₂/SiC skilin sem er gert auðveldara með jákvæðu V_G spennunni því orkuborðarnir bogna þá niður við skilin, þ.a. rafeindir reka að skilunum og eru því nær veiluástöndunum. Með 1000 nm síunni fáum við lang minnsta hliðrun eins og sést á mynd (3.13d) en þrátt fyrir það hækkar rýmdin töluvert.

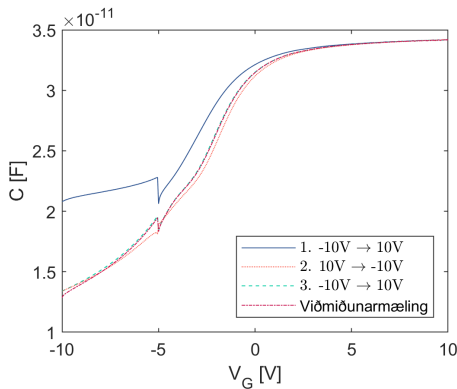
Í töflu (3.1) má sjá fjölda hleðslubera sem losnuðu í þurroxíðsýninu eftir hvert ljósskin, fyrsti dálkurinn sýnir minnstu bylgjulengd ljóssins sem skínir á þéttinn og síðasti dálkurinn sýnir fjölda hleðslubera sem losna skv. jöfnu (22) m.v. viðmiðunarmælinguna en V_{FB} viðmiðunarmælingarinnar sést í öðrum dálk. Í töflunni sést að flestir hleðsluberar losna þegar við skínun ljósinu á þéttinn með engri síu sem kemur ekki á óvart því í þessu tilfalli er bylgjulengdin nægilega lítil til að örva rafeind úr gildisborða í leiðniborða og búa þannig til rafeinda-holupar. Hins vegar sjáum við að þegar 530 nm síunni er komið fyrir u.þ.b. helmingast N_{it} sem gefur til kynna að töluvert magn hleðslubera sem losna við ljósskinið séu að koma frá ástöndum á milli gildis- og leiðniborða við SiO₂/SiC skilin. Með 715 nm síu er enn alveg stærðargráðu fleiri



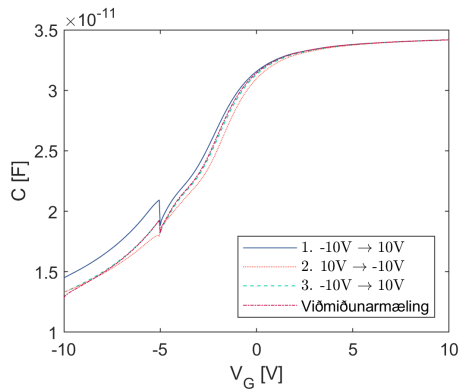
(a) CV mæling þurroxíð sýnis eftir ljósskin í tíu mínútur með -10 V á V_G með engri sú, bylgjulengdir 185 - 2000 nm og orka 0.62 - 6.7 eV.



(b) CV mæling þurroxíð sýnis eftir ljósskin í tíu mínútur með -10 V á V_G með 530 nm súa, bylgjulengdir 530 - 2000 nm og orka 0.62 - 2.34 eV.



(c) CV mæling þurroxíð sýnis eftir ljósskin í tíu mínútur með -10 V á V_G með 715 nm súa, bylgjulengdir 715 - 2000 nm og orka 0.62 - 1.73 eV.



(d) CV mæling þurroxíð sýnis eftir ljósskin í tíu mínútur með -10 V á V_G með 1000 nm súa, bylgjulengdir 1000 - 2000 nm og orka 0.62 - 1.24 eV.

Mynd 3.13. CV mælingar á þurroxíð sýni eftir ljósskin með mismunandi súm.

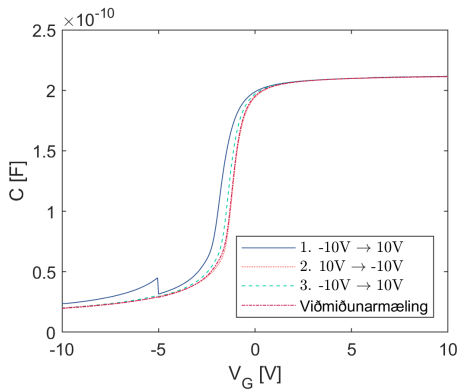
Tafla 3.1. Fjöldi hleðslubera sem losna eftir ljósskin á þurroxíð sýnið.

λ [nm]	V_{FB}^{ref} [V]	V [V]	V_{FB} [V]	N_{it} [10^{10}cm^{-2}]
Ekkert ljós	0.00	-10→10	0.00	0.0000
		10→-10	0.30	9.0568
		-10→10	0.10	3.0189
Engin sía, 185 nm	0.70	-10→10	-1.65	71.655
		10→-10	-0.10	24.393
		-10→10	-0.60	39.639
530 nm	0.45	-10→10	-1.05	45.256
		10→-10	0.15	9.051
		-10→10	-0.10	16.594
715 nm	-0.10	-10→10	-0.75	19.619
		10→-10	0.10	6.036
		-10→10	-0.15	1.509
1000 nm	-0.10	-10→10	-0.20	3.019
		10→-10	0.20	9.057
		-10→10	0.00	3.019

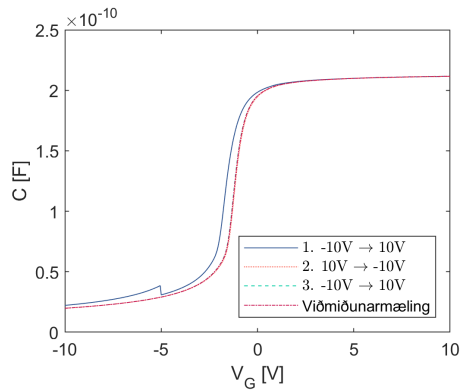
hleðslubera að losna en með engu ljósskini en þegar 1000 nm sían er sett fáum við u.þ.b. sama fjölda og með engu ljósi. Ath. að þegar engu ljósi var skinið lítur út eins og rafeindir hafi losnað þegar mæling frá 10 V í -10 V er framkvæmd en ef við skoðum mynd (3.12a) sjáum við að CV ferillinn er að hliðrast til hægri sem þýðir að rafeindum sé að fækka, þetta er af því við 10 V bogna orkuborðarnir mikið niður við SiO_2/SiC skilin þ.a. rafeindir reka að skilunum og geta þar með fundið veiluástand til að setjast í.

Á mynd (3.14) sjást sömu mælingar og voru framkvæmdar fyrir þurroxíð sýnið framkvæmdar fyrir NO sýnið, mynd (3.14a) sýnir ljósskin með engri síu, (3.14b) er mæling með 530 nm síu, (3.14c) er mæling með 715 nm síu og (3.14d) er mæling með 1000 nm síu. Hér sjáum við allt öðruvísi breytingu en á mynd (3.13), *depletion* rýmd NO sýnisins hækkar ekki eins og fyrir þurroxíð sýnið, eina breytingin sem á sér stað er hliðrun til vinstri. Í töflu (3.2) koma svo fram sömu reikningar og voru gerðir fyrir þurroxíð sýnið þar sem við tókum eftir almennt minni fjölda rafeinda sem losna, N_{it} , m.v. þurroxíð sýnið. Þær rafeindir sem losna eru líka fljótari að fara til baka í veilurnar, í flestum tilfellum eru þær farnar þegar við gerum mælingu tvö frá -10 V í 10 V og fyrir 530 nm síuna eru þær allar horfnar þegar við gerum mælinguna frá 10 V í -10 V. NO sýnið er því að losa töluvert færri rafeindir en þurroxíð sýnið sem gefur til kynna að með NO bakstrinum binst N mikið af veilum og hlutleysir þær. Tökum eftir því að með 1000 nm síu losum við fleiri rafeindir en með 715 nm síu en það gæti verið að með minni orku séum við einungis að hleypa rafeindum í leiðniborðann þar sem hærri orka leyfir rafeindunum mögulega að ferðast frekar í aðra veilu innan oxíðsins.

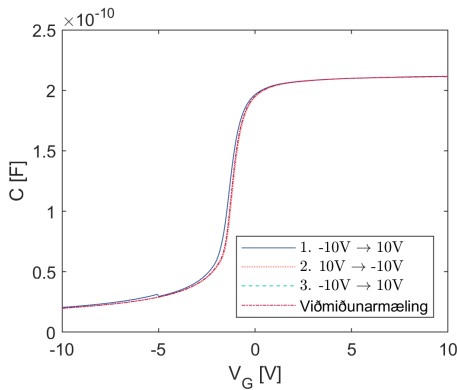
Í töflu (3.2) sjáum við enga hliðrun eftir föst -10 V á V_G í tíu mínútur en þegar við gerum mælinguna frá 10 V í -10 V og svo aftur frá -10 V í 10 V sjáum við að CV ferillinn hefur hliðrast örlítið sem sést á breyttu V_{FB} . Á mynd (3.15) sést sami ferill og á mynd (3.12b) þar sem þysjað hefur verið inn á svæðið í kringum V_{FB} . Mælingarnar frá 10 V í -10 V og önnur mæling -10 V í 10 V hafa hliðrast til vinstri m.v. miðviðunarmælinguna.



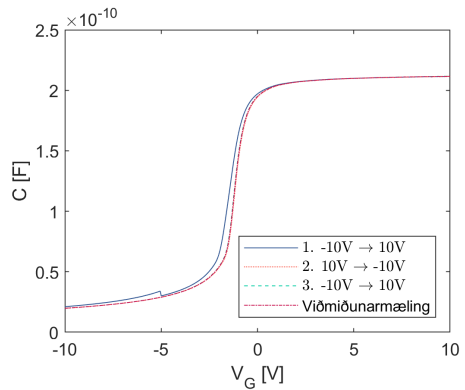
(a) CV mæling NO sýnis eftir ljósskin í tíu mínútur með -10 V á V_G með engri sú, bylgjulengdir 185 - 2000 nm og orka 0.62 - 6.7 eV.



(b) CV mæling NO sýnis eftir ljósskin í tíu mínútur með -10 V á V_G með 530 nm sú, bylgjulengdir 530 - 2000 nm og orka 0.62 - 2.34 eV.



(c) CV mæling NO sýnis eftir ljósskin í tíu mínútur með -10 V á V_G með 715 nm sú, bylgjulengdir 715 - 2000 nm og orka 0.62 - 1.73 eV.



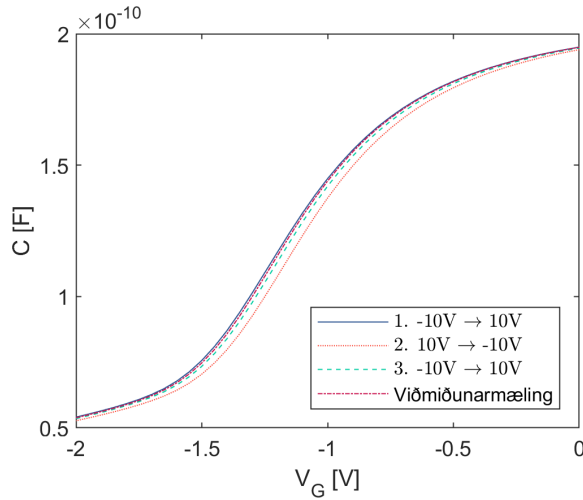
(d) CV mæling NO sýnis eftir ljósskin í tíu mínútur með -10 V á V_G með 1000 nm sú, bylgjulengdir 1000 - 2000 nm og orka 0.62 - 1.24 eV.

Mynd 3.14. CV mælingar á NO sýni eftir ljósskin með mismunandi súm.

Þetta gefur til kynna að frjálsum rafeindum SiC sé að fækka, þessi fækkun gæti komið til vegna orkuborðaboggnunar sem á sér stað við 10 V, þá bogna borðarnir niður við SiO₂/SiC skilin þ.a. rafeindir reka að þeim sem gæti gert þeim kleift að setjast í ástönd þar eða ferðast jafnvel inn í oxíðið. Vert er að taka fram að mælingarnar eru allar gerðar með 50 mV spennustökkum og hliðrunin á V_{FB} er einmitt 50 mV í þessum tilfellum svo þessi breyting í N_{it} gæti einfaldlega verið vegna greinigæða mælinganna en á móti því kemur að þegar við förum frá 10 V í -10 V þá hefur allur CV ferillinn hliðrast sem gæti gefið til kynna að þetta sé ekki mæliskekkja.

Tafla 3.2. Fjöldi hleðslubera sem losna eftir ljósskin á NO sýnið.

λ [nm]	V_{FB}^{ref} [V]	V [V]	V_{FB} [V]	N_{it} [10^{10}cm^{-2}]
Ekkert ljós	-0.95	-10→10	-0.95	0.0000
		10→-10	-0.90	2.6425
		-10→10	-0.90	2.6425
Engin sía, 185 nm	-0.95	-10→10	-1.45	26.378
		10→-10	-0.90	2.6378
		-10→10	-1.10	7.9134
530 nm	-0.95	-10→10	-1.35	21.138
		10→-10	-0.95	0.0000
		-10→10	-0.95	0.0000
715 nm	-0.95	-10→10	-1.05	5.2839
		10→-10	-0.90	2.6420
		-10→10	-0.95	0.0000
1000 nm	-0.95	-10→10	-1.15	10.569
		10→-10	-0.90	2.6420
		-10→10	-0.95	0.0000



Mynd 3.15. CV mæling NO sýnis eftir -10 V fasta spennu á V_G í tíu mínútur þar sem þysjað hefur verið inn á depletion svæðið.

Vegna tveggja mismunandi spennugjafa sem voru notaðir fáum við þar að auki vanmat rafeinda sem losnuðu vegna ljósskinsins, þetta sést vel á mynd (3.14b). Ef við fylgjum fyrstu mælingunni eftir -10 V og ímyndum okkur að ekki myndi þurfa að skipta um spennugjafa mætti halda að rýmdin ætti að vera töluvert ofar. Þar sem við þurfum hins vegar að skipta um spennugjafa setjum við $V_G = 0$ V í stutta stund, en þá fer NO þéttirinn í *accumulation* því flat-borða spennan hans er minni en 0 V. Rafeindirnar sem við vorum að losa með ljósinu fara því margar til baka í veilur og fjöldi frjálsra rafeinda minnkar. Þetta sést líka fyrir þurroxíð MOS þéttinn en hann fer ekki í jafn mikið *accumulation* því flat-borða spennan hans er nær núlli, eða jákvæð þ.a. rafeindirnar eiga ekki jafn auðvelt með að finna veiluástönd. NO þéttirinn hefur því vanmat hleðsla sem sést áberandi fyrir 530 nm síuna.

4 Samantekt

MOSFETar eru án efa mikilvægasti íhlutur nútíma rafeindatækni en Si hefur alla tíð verið ráðandi í allri framleiðslu. SiC er hálfleiðari með betri efnis eiginleika en Si sem gera hann að góðum kandídat fyrir hátíðni-, háhita- og háaflihluti en þessi framleiðsla hefur ekki tekið af stað vegna slæms SiO₂/SiC yfirborðs.

Í þessari ritgerð var SiO₂/SiC tveggja mismunandi n-íþætta 4H-SiC MOS þétta skoðað. SiO₂ lag beggja þéttanna var gert með þurr oxunarferli en annar MOS þéttirinn var að auki bakaður í NO. Ljósi var skinið á SiO₂/SiC yfirborðið með föstum -10 V á hliðarmálminn þ.a. rafeindir losnuðu úr yfirborðinu og í leiðniborðann, fjölda rafeinda sem losnuðu er hægt að reikna með hliðrun CV ferlanna. Í ljós kom að um tvöfalt magn rafeinda losnaði fyrir þurroxíð sýnið m.v. NO sýnið fyrir bylgjulengdir $\lambda = 185$ nm, $\lambda = 530$ nm og $\lambda = 715$ nm en fjöldi rafeinda sem losnaði þegar $\lambda = 1000$ nm var tvöfalt meiri en þegar $\lambda = 715$ nm fyrir NO sýnið sem bendir til að mikið af rafeindunum sem losna í NO sýninu séu nálægt leiðniborða SiC. Það að fleiri rafeindir losni úr þurroxíð sýninu heldur en NO sýninu bendir til þess að SiO₂/SiC yfirborð þurroxíð sýnisins hafi mun fleiri veilur en NO sýnið, þetta er líka hægt að sjá á því hvernig CV ferlar sýnanna hliðrast, rýmd þurroxíð sýnisins togast meira upp en CV ferlar NO sýnisins hliðrast einungis til vinstri. Veilum á SiO₂/SiC yfirborðinu er því með vissu fækkað með NO bakstri.

Heimildir

- [1] H. Ö. Ólafsson, „Detection and removal of traps at the SiO₂/SiC interface“, doktorsritg., Chalmers University of Technology, 2004.
- [2] S. Dimitrijević, *Principles of Semiconductor Devices*. 198 Madison Avenue, New York, NY 10016, USA: Oxford University Press, 2012.
- [3] D. K. Schroder, *Semiconductor Material and Device Characterization*. Hoboken, New Jersey: John Wiley og Sons, 2009.
- [4] R. Y. Khosa, „Electrical characterization of dielectrics for 4H-SiC MOSFETs“, doktorsritg., University of Iceland, 2017.