

素粒子実験研究室 M2 岩渕 周平



OutLine

▪概要

-LHC ATLAS実験

·原理

-半導体検出器

•放射線損傷

·表面損傷、評価

・バルク部損傷、電荷収集効率評価

・EndCapセンサーサンプルの測定

・まとめ



A Toroidal LHC ApparatuS(ATLAS)

・LHC内にある大型汎用検出器の1つ ・広いアクセプタンス、高いPt分解能を持つ





μ (prison) + en + peatrons + β (anterotor) - + prison/anterotor conversion + neutrinos + electron

LIC Large Hadron Collider SPS Super Proton Synchrotron PS Proton Synchrotron Antiproton Decelerator CTT-3 Clic Text Facility CNOS Cerri Neutrino to Cere See, SCIL-DE Institute Departure Deliver DEvice



半導体検出器(n-in-p)

n-stripと背面のAlに逆バイアス電圧を印加し、p-bulk部を空乏化させる
・荷電粒子が通過する際にエネルギーを落とし、電子正孔対を生成する
・逆バイアス電圧により電子が収集され信号として検出される



放射線損傷

・LHCは中心系エネルギー14TeVへ向けて運転を再開

・2023年以降のPhase-Ⅱアップグレードではビーム輝度が上昇

→センサーの受ける放射線量が増大

→内部飛跡検出器は全て半導体検出器に置き換え



電離性/非電離性損傷

・半導体検出器への放射線損傷は電離性(Gy)と非電離性(neg/cm²)に区別される



放射線照射実験(電離)

・高崎量子応用研究所の⁶⁰Coを用いてγ線を照射

- ・照射量は1kGy~200kGy
- ストリップと背面は接地しながら照射





表面損傷評価

・I-V:暗電流のバイアス電圧依存性(表面状態の変化)

- C-V:バルク部静電容量のバイアス電圧依存性(全空乏化電圧見積もり)
 Rint:隣接DCパッド間の抵抗を測定。(RbiasとRintの並列)
- ・Rbias:DC-pad BiasRing間に電圧を印加、電流値から抵抗を評価
- ・Cint:中央とその両脇の隣接AC-pad間の静電容量を測定





I-V: y線照射により暗電流が増加した。

・Rint:照射によりストリップ間抵抗は悪化した。

・Cint:全空乏化後(200V~400V<最高運転電圧500V)のストリップ間静電容量は

あまり変化しなかった

→いずれも充分にATLASの要求を満たしている。

CIRFSE WORKSHOP

表面測定結果

・I-V:照射により暗電流が増加したが、1kGy以降は横ばい(400V,-20℃) ・Rint:インプラントされているポリシリコン抵抗と比べ充分大きく、要求を 満たす(>6.25MΩ/cm)



放射線照射実験(非電離)

- ・東北大学CYRICにて、サンプルに70MeV陽子線を照射
- ・可動ボックスをビームライン内に設置 液体窒素で冷却 気体窒素を流入
- ・ボックス内のスロットにサンプルをマウントし個別に照射
- ・ボックスの可動とスロットの操作は遠隔で行った

▼ボックス内スロット



▼スロットと梱包したサンプル









・擬似粒子として⁹⁰Srのβ線を用い、センサーの収集する電荷を測定



放射線耐性評価



電荷収集効率測定(Laser)

・β線では特定の狭い領域に狙って入射することが困難 →赤外レーザーを擬似粒子として用いるセットアップを開発



EndCap Sample

・Endcapの端のストリップなど、一部のストリップは隣接するストリップに 接続(Gang)され、隣接するストリップのchから信号を読み出す



EndCap CCE

فانتخذ			1	75 (ke 70 60	^{б4µm}
	— ₅₀			50	
	— ₄₀			— ₄₀	
			and the second s		
the second second	20			20	D)(D)
		Second Street Street		— ₁₀	
	0			0	ANALY AND

・Gangストリップ末端部にレーザーを入射した際の電荷の分布 バイアスリングに誘起された電荷は読み出されないため、電荷量が低下している



・ストリップと垂直方向にスキャンしレーザーを入射した際の電荷の分布 Gangストリップでは通常のストリップと比較して最大72%まで電荷量が低下した

まとめ

γ線照射後の表面損傷:各測定

→いずれも要求値を満たし、HL-LHCでの動作を保証

・陽子線照射後バルク損傷:β線を用いた電荷収集効率の測定

→最も放射線損傷の多いEndCapにおける照射量に安全係数2をかけた1.6×10¹⁵n_{eq}/cm⁻²でS/N比14以上を確保

→HL-LHC10年分相当の放射線量に対して充分な性能を保証

・赤外レーザーを用いた電荷収集効率の測定

→冷却可能、µmオーダーでの測定手法の確立

→Gangストリップ付近の収集電荷量の様相が判明

→通常のストリップと比較し、電荷量の落ちが見られた

Backup

No-Gang Strip







Al