インジウムを用いた太陽ニュートリノ 半導体検出器の開発VI

日本物理学会 第61回年次大会 2006年3月30日 宮城教育大学 福田善之、佐藤哲也

東大宇宙線研 森山茂栄、塩澤真人、小汐由介 東大素粒子センター 難波俊雄 浜松ホトニクス(株) 固体事業部

犬塚智也、井澤利之、朝倉雅之

平成17~19年度 科学研究費補助金 基盤研究B 平成17年度 稲盛財団研究助成

目的

θ₁₂の精密観測



¹¹⁵Inによる太陽ニュートリノ検出

R.S.Raghavan Phs.Rev.Lett37(1976)259



 $\nu_e + {}^{115}\text{In} \rightarrow {}^{115}\text{Sn}^* + e^ {}^{115}\text{Sn}^*(3.26\mu\text{s}) \rightarrow {}^{115}\text{Sn} +$ $\gamma_1(116\text{keV}) + \gamma_2(497\text{keV})$ real-time measurement v energy spectroscopy $(E_e = E_v - 125 \text{keV})$ **-3** fold coincidence to extract neutrino signal B-decay from ¹¹⁵In $(\tau_{1/2}=4.4 \times 10^{14} \text{yr})$ Correlated chance coincidence-Bremsstrahlung Correlated chance coincidence impurities

半絶縁性InP半導体を用いた検出原理



drift length : $Ld = \tau v = \mu \tau V_0/d \quad \tau$: carrier lifetime [s] e/h creatrion energy : ϵ_{eh} charge $Q_{total}[C] = (electron energy)/\epsilon_{eh} \times e$ $Ld \neq \infty \quad Q_{obs}[C] = \int_{0}^{R} (dE/dx)/\epsilon_{eh} e^{-r(x)/Ld} dx \times e$

□ ドリフト長を伸ばす(電荷収集効率を上げる)
 □ 移動度を上げる _____ 素子を冷やす(低温)

ペルチェ冷却によるInP半導体検出器



2006年3月30日

測定のセットアップ



ドライアイス冷却によるInP半導体検出器



測定した検出器の種類

- 🛯 ペルチェ冷却型検出器
 - ① $3mm \times 3mm \times 200 \mu m$ (電極1)
 - ② $6mm \times 6mm \times 200 \mu m$ (電極1)
 - $3 6 \text{mm} \times 6 \text{mm} \times 500 \, \mu \, \text{m}$ (電極1)
 - 4 $6mm \times 6mm \times 500 \mu m$ (電極2)
- □ ドライアイス冷却型検出器
 - 5 3mm×3mm×200 μ m(電極2)
 - **⑥** 6mm×6mm×200μm(電極2)
 - 7 3mm×3mm×500 μ m(電極2)
 - <mark>⑧</mark> 6mm×6mm×500μm(電極2)
 - 9 6mm×6mm×500µm(電極1)

ペルチェ冷却型検出器



2006年3月30日

ペルチェ冷却型検出器



2006年3月30日

ドライアイス冷却型検出器



ドライアイス冷却型検出器



ドライアイス冷却型検出器



2006年3月30日

スペクトラム解析(1)



スペクトラム解析(2)



検出電荷量の発生点依存性



電極から遠ざかると電 \square 荷収集効率が減少する 効果により、光電ピーク が形成されない。 ドリフト長が素子の厚み に対し十分ではないた め。 □ 安定した検出のために、 更なるドリフト長の拡張 が必要。すなわち低温 化か高バイアス化

μτ-product

□ 検出器に印可したバイアス電圧は400Vであるため、 L_d=µτV/d=200µmより、µτ=1×10⁻⁶ cm²/V



日本物理学会 第61回年次大会

2006年3月30日

結果

- □ 冷却による低ノイズ化に成功(冷媒冷却は安定)
- □ 電荷収集効率は<u>~66% @ t=200µm</u> および ~15%@t=500mm
- □ <u>生成エネルギー:4.2eV</u> ドリフト長(Ld):200µm
- 固有なエネルギー分解能は6%@60keVだが、実質 は23%@356keV
- バイアス電圧が400Vを超えるとショットノイズ(ポップ コーン?)が発生→浜松と対策中

<u>今後の計画</u>

- ✓ 高バイアス電圧化 (400V→1kVが可能ならエネル ギー分解能は11%@100keV)
- ✓ 液体窒素冷却、ショットキーの効果・・・
- ✓ pixel module detector(試作器制作済み)
- ✓ 神岡坑内で¹¹⁵In β 崩壊からの制動放射BGの測定

高バイアス化による改善





□ 厚さは200µmで良い か?(ppvだけなら何とか 良い)→要検討

ピクセル型検出器(試作器)



□ 3mm×3mm×200μm×9のピクセル型InP検出器
□ 高バイアス対策

□ 測定準備中

太陽ニュートリノ観測用プロトタイプ検出器案



スペクトラム解析(3)

