



Title	Polarized ^3He Ion Source based on Polarized Electron Capture
Author(s)	Ohshima, Takashi
Citation	大阪大学, 1992, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3063572
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	大 島 隆
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 0 4 1 6 号
学位 授 与 年 月 日	平 成 4 年 9 月 28 日
学位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科 物理学専攻
学 位 論 文 名	Polarized ^3He Ion Source based on Polarized Electron Capture (偏極電子捕獲を用いた偏極 ^3He イオン源)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 鹿取 謙二 (副査) 教 授 櫛田 孝司 教 授 長島 順清 教 授 南園 忠則 教 授 近藤 道也

論 文 内 容 の 要 旨

私は大阪大学核物理研究センターにおいて、偏極 ^3He イオン源の開発を行ってきた。まずこのイオン源での偏極生成の方法について述べる。 $^3\text{He}^+$ イオンが ECR イオン源から引き出される。Na 原子の最外殻電子は円偏光のレーザー光を用いた光ポンピングによって偏極される。 $^3\text{He}^{2+}$ イオンは偏極した Na 原子の偏極電子を磁場中で捕獲する。こうして作られた $^3\text{He}^+$ の電子偏極の半分は磁場が弱くなるに従って超微細相互作用を通して核偏極へと移行する（弱磁場遷移）。

$^3\text{He}^+$ の核偏極度はビーム薄膜分光法を用いて測られた。今回の実験では He^+ イオンが炭素薄膜を通過することによって作られた He 原子の励起状態から発せられる 389nm の光が用いられた。この光は He 原子の 3^3P 準位から 2^3S 準位への遷移に対応する。この光の円偏光度は ^3He の核偏極度に比例し、比例係数は 0.207 と計算された。

上に述べた方法を用い、 ^3He の核偏極度を測定した結果、核偏極度 0.0415 ± 0.0061 、ビーム電流 40nA の $^3\text{He}^+$ ビームが得られた。このときの実験条件は He^{2+} のエネルギーが 20keV 、電流が $2\mu\text{A}$ 、Na の偏極度が 0.30 ± 0.05 、厚さが $3 \times 10^{13}\text{個}/\text{cm}^2$ であった。ビーム薄膜分光法で得た核偏極度と Na の偏極度の比を測定した結果、弱磁場遷移の効率からさらに 0.259 ± 0.083 の割合で偏極度の減少が見られた。

これは主に電子を捕獲して作られる He^+ の励起状態での LS 相互作用によるものであろうと考えられた。LS 相互作用による減偏極は Na 原子の電子が He^+ の $3d$ 準位に捕獲されると仮定すると $0.301 + 0.201\text{A}^{\text{co1}}$ とあらわされる。ここで A^{co1} は $3d$ 準位の整列をあらわす量である。

A^{co1} は入射エネルギーに依存する可能性を持つ。 A^{co1} が大きな値を取るエネルギーがあるかどうか調べるために $^3\text{He}^{2+}$ の入射エネルギーを変えて、核偏極度の測定を行った。入射エネルギーが 20 から 28keV の領域では、偏極移行効率に対して大きな変化は見られなかった。

この原理に基づいた偏極イオン源によって強力なレーザー、強力な ECR イオン源を用いることにより、偏極度およそ 0.15 、電流値 $60\mu\text{A}$ の偏極 $^3\text{He}^+$ ビームが得られると期待できる。急速磁場反転法を用い $^3\text{He}^{2+}$ にイオン化することにより偏極度は 0.3 に近い値となると思われる。また ^{13}C 、 ^{15}N などのイオンに対してもこの方法を用いて 20% 近

い核偏極度を得ることが期待できる。

論文審査の結果の要旨

全く独創的な偏極電子捕獲法によって偏極³He核ビームの生成が実現可能かを確かめるためテストベンチ装置を製作した。その結果核偏極度 0.0415 ± 0.0061 、電流 40nA の偏極³He核ビームを世界で始めて得ることに成功した。

この装置は電子サイクロトロン共鳴型イオン源による裸の³Heイオンの生成、レーザーを用いた光ポンピング法によるナトリウム原子の偏極、ナトリウム原子から³Heへの偏極電子移行、電子偏極から核偏極への変換、ビーム薄膜分光法による核偏極の測定から成っている。各々の現象を理論的に解明し各々に対して最大化及び安定化条件を見いだした。今後レーザーの増強等により核偏極度を 0.3 に、強力イオン源の使用により電流を $60\mu\text{A}$ に出来るので十分実用に供せられる。又この方法は普遍的であるため他の核に対して適用出来、¹³C、¹⁵Nでは核偏極 0.18 の核偏極ビームが得られることが分かる。

この偏極イオン源の出現は自然科学における偏極現象の解明に多大のインパクトを与える。よって本論文は博士(理学)の学位論文として十分価値あるものと認める。