

氏 名	馬 淵 真 人
	ま ぶち ま ひと
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 523 号
学位授与の日付	昭 和 52 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 原 子 核 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	MATTER SYSTEM IRRADIATED BY COHERENT LIGHT (レーザー光に照射された物質系)

(主査)
 論文調査委員 教 授 向 坂 正 勝 教 授 片 山 泰 久 教 授 西 原 宏

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、レーザー光に照射された物質系、すなわち光子・原子系における非線型双極子励起状態を研究し、光子及び原子の位相特性をも解明することを目的とし、5章から成っている。

第1章は序論で、研究の目的及び主題が示されている。

第2章では、高密度フレンケル型励起子を記述する新しいハミルトニアンを、2準位原子モデルの枠組の中で導いた。このハミルトニアンは、原子間に電子の波動関数の重なりがない単一成分原子系においては、厳密にパウリ演算子で表わせる。この理論では、原子分極及び励起の度合を表わす2つの量が基本量となる。このハミルトニアンは、低密度励起子の極限では、従来の低密度フレンケル励起子のハミルトニアンに一致するが、高密度の場合には、上記の励起の度合を表わす量の存在のため、励起子は非線型挙動を示す。この意味で、フレンケル型励起子は一般に非線型分極波と見なすことができる。

第3章では、フレンケル型励起子が多数集まって作る孤立波の存在が導かれている。フレンケル型励起子間相互作用は、励起子間距離の5乗に逆比例する。フレンケル型励起子の状態を水素原子の波動関数で近似すると、この相互作用は1.4meVの弱い反発と評価される。

励起子間相互作用のない低密度励起子は、従来から知られているように平面波的に振舞うが、上記の相互作用のもとでは、低密度の場合、横波が孤立波を作り易い。この章の結論は、一般に、ボーズ粒子系では近距離相互作用のもとに孤立波の存在が可能である、ということである。

第4章では、レーザー光すなわち強い可干渉光に物質が照射されたときに生じる、光と物質の結合系における2成分コヒーレント状態が取り扱われている。この2成分コヒーレント状態は、光と物質の相互作用を他の項にくり込むユニタリー変換から導かれる。このコヒーレント状態は、物質系の大きさ、光・原子間結合定数、光の振動数、及び原子双極子の配列に依存する。この状態では、光と物質の相互作用エネルギーは、物質系と光子系の位相が一致するとき、最小となる。これは位相の保存則であって、多体的効果による。一方では、光子の吸収率は、両系の位相差が大きい程、大きくなる。これは一種の

ジョセフソン効果と見なされる。また、入射光の位相と物質系の位相に注目することによって、散乱及び発光の過程をそれぞれ、入射光の位相と放出される光の位相が相関をもつ場合、及び両者が相関を持たない場合として理解し得る。

第5章は結言である。

論文審査の結果の要旨

最近におけるレーザー技術の進歩に伴って、強い可干渉光を物質にあて、密度の高い双極子励起状態をつくり出し得るようになり、種々の興味ある現象が発見されている。本論文は、可干渉性の強い光と物質との相互作用の基礎理論を、2準位原子結晶中のフレンケル励起子モデルの枠組の中で展開したもので、得られた主な成果はつぎの通りである。

(1) 結晶中に生じる高密度フレンケル型励起子に対するハミルトニアンを導いた。このハミルトニアンは、原子間に電子の波動関数の重なりのない2準位原子系では、パウリ演算子によって厳密に記述され、一般に従来のボーズ演算子表示より正確であり、また低密度励起子の極限で従来の表式に一致する。

(2) この新しいハミルトニアンに含まれるパウリ演算子をボーズ演算子に展開することにより、このハミルトニアンが従来のハミルトニアンに含まれる励起子間相互作用より多くの非線型相互作用を含み従って一層広い範囲に適用できることが示された。

(3) このようにボーズ演算子に展開したハミルトニアンを用いて、低密度励起子の集団運動において孤立波の生じうることを示し、さらに一般に、最近接相互作用をうけるボーズ粒子系において孤立波の存在し得ることを証明した。

(4) 上記(1)で導いたハミルトニアンにおいて電磁場を量子化し、さらに自由電場の項を加えて、光子・原子結合系のハミルトニアンを導き、励起子間相互作用を省略し光子・原子間相互作用をユニタリー変換で他の項にくり込むことによって、2成分系のコヒーレントな状態を定式化した。この状態は、強い可干渉光の入射によって物質中に光と同位相の励起子集団が生じたものであって、物質の大きさ、光・原子間結合定数、光の振動数及び原子双極子の配列に依存することなどが示された。

(5) 励起子集団の統計的振舞を調べ、分極能を秩序パラメーターとする第2種相転移が、従来から知られているボーズ凝縮とは違った意味で起りうることを示した。

以上述べたように、この論文は、2準位原子モデルを用いてフレンケル励起子の理論を展開し、励起子間の直接相互作用による孤立波、すなわちパルス状励起子集団の形成されることを示し、さらに、強い可干渉光に照射された物質中における光子・原子系のコヒーレントな状態と相転移の理論を導出したもので、学術上寄与するところがすくなくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。