

学号 2020302192129

密级

武汉大学本科毕业论文

金刚石氮-空位色心的 电荷态调控和性质表征

院（系）名 称：弘毅学堂

专 业 名 称：微电子科学与工程

学 生 姓 名：邹迪玮

指 导 教 师：周利 副教授；孙启超 研究员

二〇二四年五月

郑 重 声 明

本人呈交的学位论文，是在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果，所有数据、图片资料真实可靠。尽我所知，除文中已经注明引用的内容外，本学位论文的研究成果不包含他人享有著作权的内容。对本论文所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确的方式标明。本学位论文的知识产权归属于培养单位。

本人签名：_____

日期：_____

摘 要

论文的摘要是对论文研究内容和成果的高度概括。摘要应对论文所研究的问题及其研究目的进行描述，对研究方法和过程进行简单介绍，对研究成果和所得结论进行概括。摘要应具有独立性和自明性，其内容应包含与论文全文同等量的主要信息。使读者即使不阅读全文，通过摘要就能了解论文的总体内容和主要成果。

论文摘要的书写应力求精确、简明。切忌写成对论文书写内容进行提要的形式，尤其要避免“第 1 章……；第 2 章……；……”这种或类似的陈述方式。

关键词是为了文献标引工作、用以表示全文主要内容信息的单词或术语。关键词不超过 5 个，每个关键词中间用分号分隔。

关键词：关键词 1；关键词 2；关键词 3；关键词 4；一个非常非常，非常非常长——的关键词 5

ABSTRACT

An abstract of a dissertation is a summary and extraction of research work and contributions. Included in an abstract should be description of research topic and research objective, brief introduction to methodology and research process, and summary of conclusion and contributions of the research. An abstract should be characterized by independence and clarity and carry identical information with the dissertation. It should be such that the general idea and major contributions of the dissertation are conveyed without reading the dissertation.

An abstract should be concise and to the point. It is a misunderstanding to make an abstract an outline of the dissertation and words “the first chapter”, “the second chapter” and the like should be avoided in the abstract.

Keywords are terms used in a dissertation for indexing, reflecting core information of the dissertation. An abstract may contain a maximum of 5 keywords, with semi-colons used in between to separate one another.

Key words: key word 1; key word 2; key word 3; key word 4; and a very very, very very long key word—the key word 5

目 录

1 NV Center 电荷态动力学的理论原理	1
1.1 NV Center 的电荷态	1
1.1.1 NV Center 电荷态的荧光光谱	1
1.1.2 各节二级标题	1
1.2 字体样式	3
参考文献	5

图片索引

1.1 基于 Born-Oppenheimer 近似和 Franck-Condon 原理的 Huang-Rhys 模型示意图	2
--	---

表格索引

1 NV Center 电荷态动力学的理论原理

1.1 NV Center 的电荷态

因为 NV Center 电荷态的一些最基本的性质和特征已经在第一章中有所分析，所以本章主要聚焦于 NV Center 电荷态动力学的理论原理，也就是本文后续实验中所主要研究的对象和内容。本文主要研究的对象是 NV Center 的负电状态 NV^- 和中性状态 NV^0 ，而 NV Center 的正电状态 NV^+ 由于其电子结构的特殊性，其电荷态动力学的研究相对较少，所以本文不做过多的讨论^[1]。

1.1.1 NV Center 电荷态的荧光光谱

在第一章的图 1.7 中，我们可以看到 NV Center 的不同电荷态的荧光发射光谱的特征。在 NV Center 的荧光光谱中，我们可以看到 NV^- 和 NV^0 的荧光峰分别位于 637 nm 和 575 nm 处。在实验中，我们可以通过测量 NV Center 的荧光光谱来判断其电荷态，从而可以对 NV Center 的电荷态进行观测和表征。

在 NV^- 和 NV^0 的两个光谱曲线中，可以看到声子边带 (phonon sidebands, PSB) 的作用强度都比 ZPL 的强度更高，这个过程可以用利用基于 Born-Oppenheimer 近似和 Franck-Condon 原理的 Huang-Rhys 模型来进行简单地描述，即在分子或晶体中，当电子从其基态激发到一个激发态时，会导致与电子激发相关的振动模式被激发。这些振动模式的能级通常称为“振动激发”或“振动副态”，而 Huang-Rhys 模型用来描述这些振动激发的分布和对电子激发的影响，如图 1.1^[2]。在这个模型之中，Huang-Rhys 因子 S 决定了晶体结构在基态和激发态之间平衡态位置的差异，这个差异体现了吸收和发射光谱之间的斯托克斯能量位移 E_{Stokes} 。斯托克斯能量唯一和 Huang-Rhys 因子之间的关系取决于温度，因为基态和能动能级之间的能量差异导致的光谱线会随着温度的升高而展宽，一个比较粗略的计算式如下^[3]：

$$S = \left(\frac{E_{Stokes}}{2\hbar\omega} + \frac{1}{4} \right) \pm \frac{1}{4} \quad (1.1)$$

其中 $\hbar\omega$ 代表着缺陷周围晶体的平均声子能量。

1.1.2 各节二级标题

你是内容

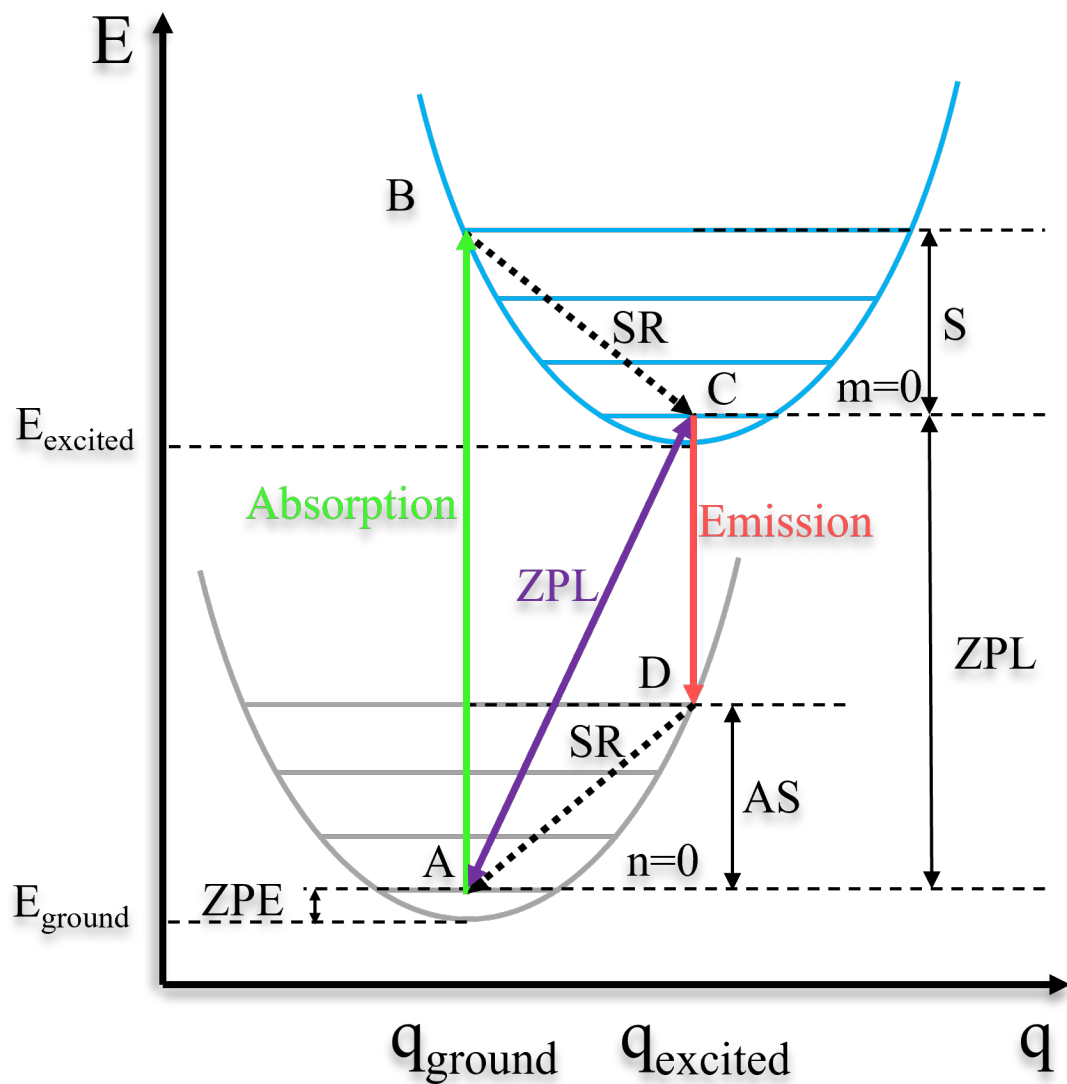


图 1.1 基于 Born-Oppenheimer 近似和 Franck-Condon 原理的 Huang-Rhys 模型示意图,展示了体系能量(E)和晶体结构坐标(q)的关系。纵轴上的 E_{ground} 和 E_{excited} 分别代表着基态和激发态准抛物线近似能量面的最低能量值,横轴上的 q_{ground} 和 q_{excited} 代表着基态和激发态晶体结构的平衡位置

1.1.2.1 各节三级标题

他是内容

(1) 四级标题

内容内容

① 五级标题

内容内容

1.2 字体样式

宋体 粗体 斜体 粗斜体。

黑体 粗体 斜体 粗斜体。

仿宋 粗体 斜体 粗斜体。

楷书 粗体 斜体 粗斜体。

Serif *Italic* **Bold** ***BoldItalic***

Sans *Italic* **Bold** ***BoldItalic***

Mono *Italic* **Bold** ***BoldItalic***

参考文献

- [1] SCHREYVOGEL C, POLYAKOV V, BURK S, et al. Active and fast charge-state switching of single nv centres in diamond by in-plane al-schottky junctions[J]. Beilstein Journal of nanotechnology, 2016, 7(1): 1727-1735.
- [2] ZOU D, SHEN S, LI L, et al. Influence of phosphorus donor on the nv center: A first-principles study[J]. Physica B: Condensed Matter, 2023: 415614.
- [3] DE JONG M, SEIJO L, MEIJERINK A, et al. Resolving the ambiguity in the relation between stokes shift and huang–rhys parameter[J]. Physical Chemistry Chemical Physics, 2015, 17(26): 16959-16969.